40 examens corrigés avec très bon prix

Physiques

40 EXAMENS BLANCS 2026 AVEC CORRECTION

Deuxième baccalauréat sciences PC/SM

Collection PC

Prof Zahrane **0654523687**

Sujet de l'Examen National du Baccalauréat	المغربية المملكة الوطنية التربية وزارة المهني والتكوين العلمي والبحث العالي والتعليم المغربية المملكة الوطنية التربية وزارة المهني والتكوين العلمي والبحث العالي والتعليم **Royaume du Maroc** **Ministère de l'Éducation Nationale, de la Formation Professionnelle, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**	
Matière	**Physique et Chimie**	**Durée : 3 h**
Filière ou Option	**Filière des Sciences Expérimentales : Option Sciences Physiques**	**Coefficient : 7**

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

Les expressions littérales doivent être données avant de passer aux applications numériques.

Toute application numérique non accompagnée de son unité adéquate ne sera pas acceptée.

Le sujet comporte quatre exercices :

Exercice 1 : Chimie (7 points)

Exercice 2 : Étude d'une onde sonore (2,25 points)

Exercice 3 : Électricité (5 points)

Exercice 4 : Mécanique (5,75 points)

Chimie (7 points)

Première partie : (4,75 points)

Le diiode I_2 est un liquide de couleur brune utilisé principalement comme antiseptique médical pour les blessures.
L'objectif de cette partie de l'exercice est d'étudier la cinétique de formation du diiode à partir de l'oxydation des ions iodure I^- par les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$.

1- À l'instant $t = 0$, on prépare un litre d'une solution aqueuse S en mélangeant un volume $V_1 = 0,5$ L d'une solution d'iodure de potassium $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ de concentration molaire $C_1 = 0,4$ mol.L^{-1} et un volume $V_2 = 0,5$ L d'une solution de peroxodisulfate de potassium de concentration molaire $C_2 = 0,3$ mol.L^{-1}.
À l'aide d'un agitateur magnétique, la solution S est soumise à une agitation permanente en maintenant la température constante.
Les deux couples qui interviennent dans la réaction sont : $I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$ et $S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}/SO_4^{2-}{}_{(aq)}$.

1.1- Écrire la demi-équation d'oxydo-réduction pour chaque couple, puis en déduire l'équation bilan de la réaction. **(0,75 pt)**

1.2- Cette transformation est lente et totale. Que signifie cela ? **(0,25 pt)**

1.3- Comment change la couleur du mélange réactionnel au cours de cette réaction ? Justifier. **(0,25 pt)**

2- Pour suivre l'évolution de cette réaction, on prélève à des instants réguliers des échantillons du mélange que l'on verse dans de l'eau glacée, puis on détermine par dosage la concentration molaire du diiode formé au cours du temps. Les mesures expérimentales ont permis de tracer la courbe représentant la fonction $[I_2] = f(t)$ (Figure 1 ci-dessous).

2.1- Quel est le but de l'utilisation de l'eau glacée ? **(0,25 pt)**

2.2- Calculer la quantité de matière initiale pour chacun des réactifs $I^-_{(aq)}$ et $S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$. En déduire les concentrations molaires initiales des ions $I^-_{(aq)}$ et $S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$ dans la solution S. **(0,75 pt)**

2.3- Dresser le tableau descriptif d'avancement de la réaction, puis déterminer l'avancement maximal x_{max}. **(0,75 pt)**

2.4- Déterminer la composition du mélange réactionnel à la fin de la réaction. **(0,5 pt)**

2.5- Quelle est la signification physique de $t_{1/2}$? En se basant sur la figure 1, déterminer la valeur de $t_{1/2}$. **(0,5 pt)**

2.6- Déterminer graphiquement la vitesse volumique de formation du diiode aux instants $t_1 = 5$ min et $t_2 = 20$ min. Interpréter les résultats obtenus. T_1 et T_2 représentent, respectivement, les tangentes à la courbe aux instants t_1 et t_2. **(0,75 pt)**

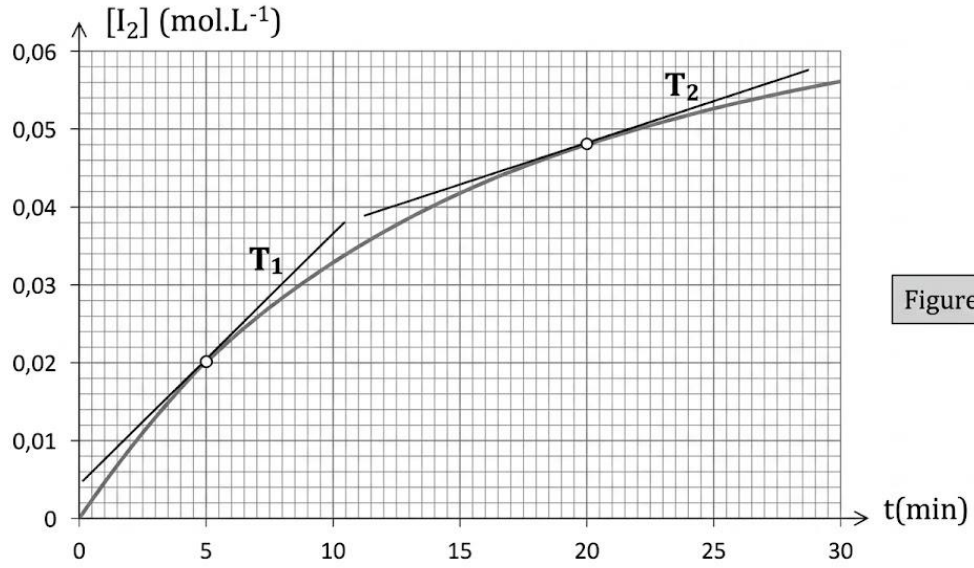


Figure 1

Deuxième partie : (2,25 points) Étude de la pile Cuivre - Aluminium

Les piles sont considérées comme l'une des sources de courant électrique continu les plus utilisées dans notre vie quotidienne, en particulier pour les appareils électriques portables de petite taille.
L'objectif de cette partie est l'étude quantitative de la pile cuivre - aluminium.

Données :

- Constante de Faraday : $F = 96500$ C.mol^{-1}
- Masse molaire atomique du cuivre : $M(Cu) = 63,5$ g.mol^{-1}
- Masse molaire atomique de l'aluminium : $M(Al) = 27$ g.mol^{-1}

On relie par l'intermédiaire d'un pont salin de nitrate d'ammonium ($NH_4^+ + NO_3^-$) une demi-pile constituée d'une plaque d'aluminium de masse $m_{Al} = 1$ g plongée dans un volume $V = 50$ mL d'une solution de sulfate d'aluminium telle que $[Al^{3+}] = 0,5$ mol.L^{-1}, et une demi-pile constituée d'une plaque de cuivre de masse $m_{Cu} = 8,9$ g plongée dans un volume $V' = 50$ mL d'une solution de sulfate de cuivre telle que $[Cu^{2+}] = 0,5$ mol.L^{-1}.

L'équation de la réaction supposée se produire lors du fonctionnement de cette pile est :

$$3Cu^{2+}_{(aq)} + 2Al_{(s)} \rightleftharpoons 3Cu_{(s)} + 2Al^{3+}_{(aq)}$$

La constante d'équilibre associée à cette équation à 20°C est : $K = 10^{200}$.

1- Déterminer le sens d'évolution du système lors du fonctionnement de la pile. **(0,25 pt)**

2- En déduire les deux équations des réactions se produisant aux électrodes de la pile. **(0,25 pt)**

3- Dessiner le schéma conventionnel de cette pile en indiquant sa polarité, le sens du courant et le sens des électrons. **(0,75 pt)**

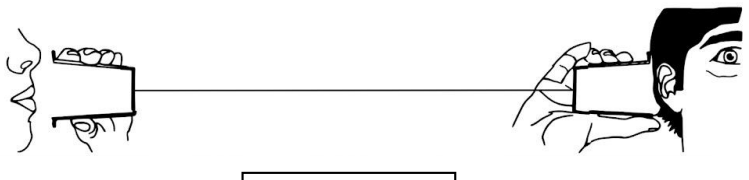
4- La pile débite un courant électrique d'intensité $I = 15$ mA pendant une durée $\Delta t = 8$ h de son fonctionnement. Calculer la quantité de matière d'électrons transférée pendant cette durée de fonctionnement. **(0,25 pt)**

5- Dresser le tableau descriptif d'évolution du système chimique à la cathode, puis en déduire la masse du métal déposé. **(0,75 pt)**

Physique
(13 points)

Exercice 1 : (2,25 points) Étude d'une onde sonore.

À l'ère des téléphones portables, il est encore possible de communiquer par des moyens anciens... L'onde sonore produite par le locuteur (l'émetteur E) fait vibrer le fond d'un pot d'avant en arrière (cette vibration ne peut pas être vue à l'œil nu), ce qui entraîne la création d'une perturbation qui se propage le long du fil. Cela entraîne à son tour la vibration du fond du deuxième pot (le récepteur R) et par conséquent la vibration des couches d'air environnantes. Ainsi, l'auditeur peut entendre le son. (Document 1).
L'objectif de cet exercice est de déterminer la vitesse de propagation du son le long du fil.

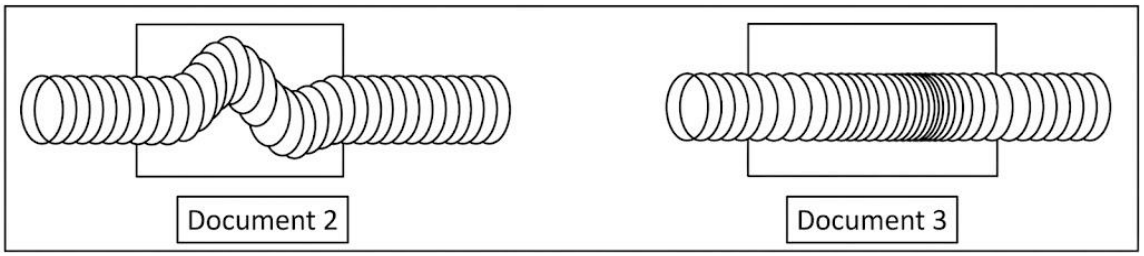


Document 1

1- Étude de l'onde sonore :

1.1- Le fil utilisé est peu élastique, de sorte qu'il peut être modélisé par un ressort à spires non jointives. Les documents 2 et 3 représentent les résultats de deux types de déformations possibles pour un ressort. Déterminer, en justifiant votre réponse, lequel de ces deux documents représente l'onde transversale. **(0,25 pt)**

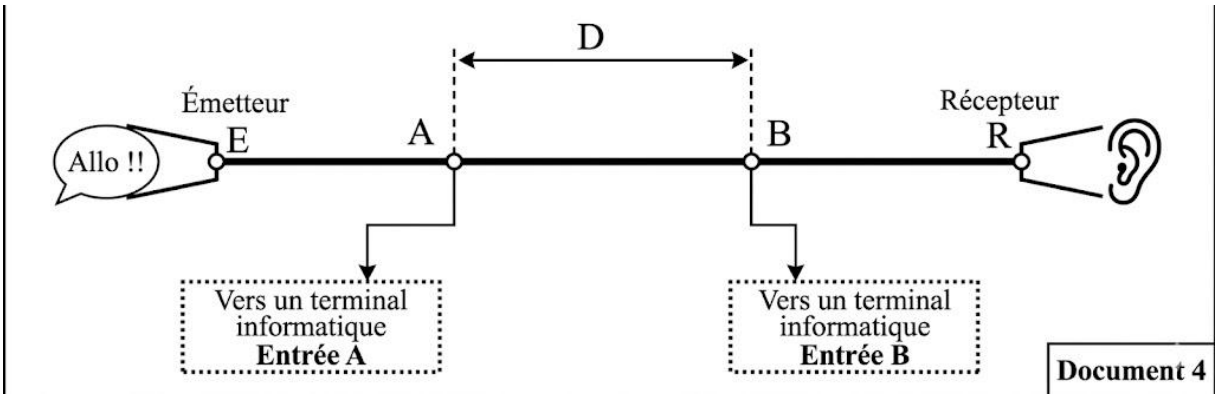
1.2- Déduire la nature de l'onde sonore sachant qu'elle correspond au phénomène observé dans le document 3. **(0,25 pt)**



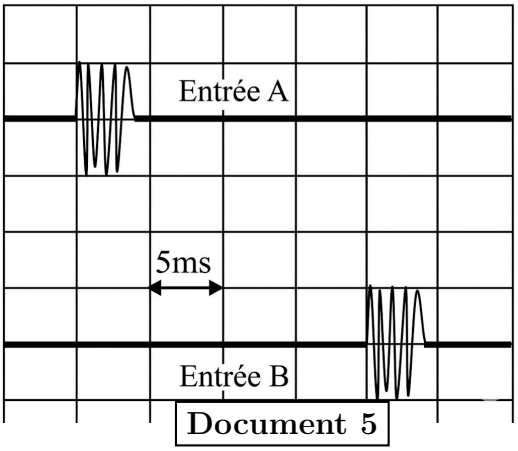
Document 2 Document 3

2- Détermination de la vitesse de l'onde sonore :

Pour déterminer la vitesse de propagation de l'onde sonore le long du fil, on relie deux capteurs aux points A et B séparés par une distance $D = 20$ m. Les deux capteurs enregistrent l'amplitude de cette déformation au cours du temps et on obtient l'enregistrement représenté sur le document 5.



Document 4



Document 5

2.1- L'onde arrive au point B avec un retard temporel τ par rapport au point A. À l'aide de l'enregistrement du document 5, déterminer la valeur de τ. **(0,25 pt)**

2.2- Exprimer la vitesse v, vitesse de propagation de l'onde le long du fil, en fonction de D et τ, puis calculer sa valeur. **(0,5 pt)**

2.3- À 25°C, la vitesse de propagation du son dans l'air est égale à $v_{air} = 340$ m.s^{-1}. Comparer cette valeur avec la valeur obtenue. Que déduisez-vous ? **(0,25 pt)**

3-

On modélise le fil ER par un ressort à spires non jointives, de longueur L et de constante de raideur $k = 20$ Kg.s^{-2} et de masse linéique $\mu = 10^{-3}$ Kg.m^{-1}.
Le produit $k.L$ est une constante qui caractérise le milieu de propagation.
Dans ce cas, on exprime la vitesse de propagation de l'onde le long du fil par l'une des relations suivantes :

(1) $v = \sqrt{\frac{\mu}{kL}}$ **(2)** $v = \sqrt{\frac{kL}{\mu}}$ **(3)** $v = \frac{kL}{\mu}$

3.1- En vous basant sur l'analyse dimensionnelle, trouver la relation correcte parmi les trois relations ci-dessus. **(0,5 pt)**

3.2- Calculer la vitesse de propagation v' dans ce cas sachant que la longueur du fil est $L = 50$ m. **(0,25 pt)**

Exercice 2 : (5 points) Détermination du coefficient d'inductance d'une bobine en vue de son utilisation dans la réception d'une onde électromagnétique.

Les bobines jouent un rôle important dans la réception des ondes électromagnétiques, en plus de nombreuses autres applications dans divers domaines (génération de courant électrique, création d'étincelles dans les moteurs de voitures...).
Le but de cet exercice est de déterminer les deux caractéristiques d'une bobine pour l'utiliser dans la sélection d'une onde radio.

Pour déterminer les caractéristiques d'une bobine, d'inductance L et de résistance interne r, on la monte en série dans un circuit électrique avec un générateur idéal de tension continue de force électromotrice $E = 6$ V :

– Un conducteur ohmique de résistance $R = 10\ \Omega$.

– La bobine d'inductance L et de résistance interne r.

– Un interrupteur K.

La figure 1 représente le schéma du montage expérimental utilisé à cet effet.

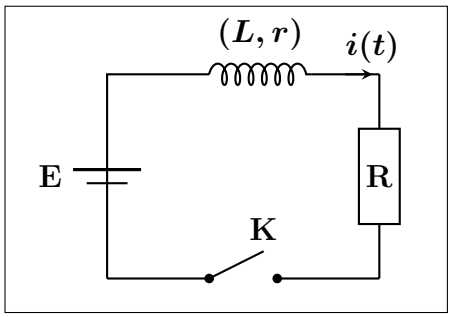


Figure 1

1- À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K. Écrire l'expression de :

– u_R : la tension électrique aux bornes du conducteur ohmique.

– u_b : la tension électrique aux bornes de la bobine.

(0,5 pt)

2- En appliquant la loi d'additivité des tensions, trouver l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant $i(t)$ traversant le circuit. **(0,5 pt)**

3- Montrer que l'équation différentielle précédente admet une solution de la forme : $i(t) = A\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$, en déduisant l'expression de A et de τ en fonction des paramètres du circuit. **(0,75 pt)**

4- L'étude expérimentale, par suivi temporel, a permis d'obtenir la courbe d'évolution de l'intensité du courant électrique traversant le circuit (Figure 2).

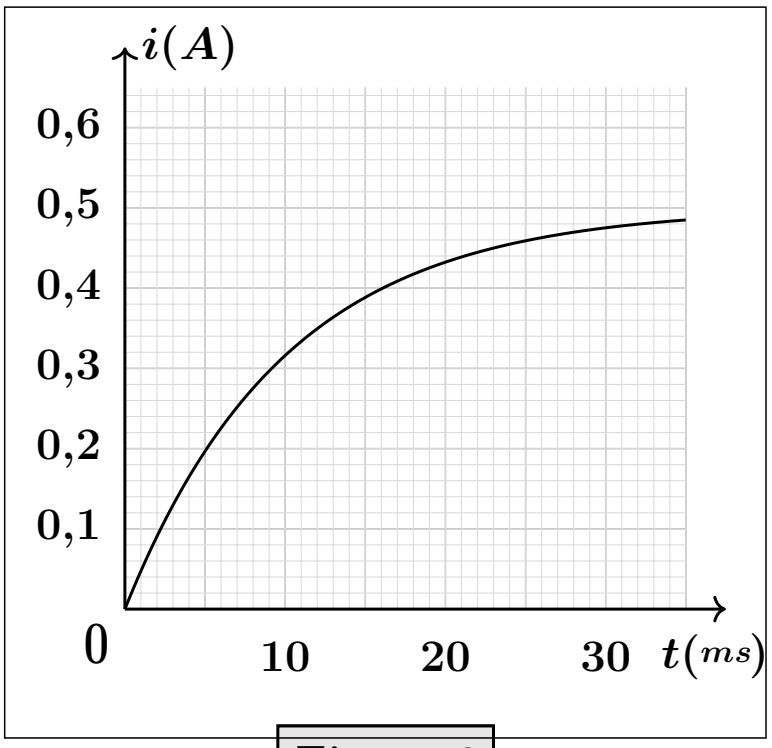


Figure 2

4.1- Comment un oscilloscope permet-il de suivre les variations de l'intensité du courant $i(t)$ traversant le circuit en fonction du temps ? **(0,25 pt)**

4.2- En exploitant le graphe, déterminer :

a- La résistance de la bobine r. **(0,5 pt)**

b- La valeur de la constante de temps τ, puis déduire la valeur du coefficient d'inductance de la bobine L. **(0,5 pt)**

4.3- Calculer la valeur de l'énergie emmagasinée dans la bobine en régime permanent. **(0,5 pt)**

4.4- Déterminer l'instant t auquel la bobine a emmagasiné une énergie représentant 80% de son énergie emmagasinée en régime permanent. **(0,5 pt)**

5- Pour recevoir une onde radio modulée en amplitude, de fréquence $f = 10^4$ Hz, on monte la bobine précédente en parallèle avec un condensateur de capacité C, puis on relie le circuit à une antenne (Figure 3).

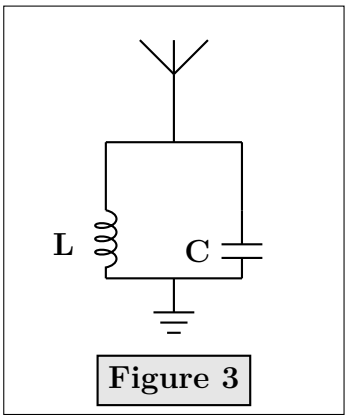


Figure 3

5.1- On néglige la résistance r de la bobine. En vous basant sur l'analyse dimensionnelle, trouver la relation homogène parmi les relations suivantes. On rappelle que $[f] = T^{-1}$.

$$\textbf{(1)} : f = 2\pi\frac{L}{C} \quad ; \quad \textbf{(2)} : f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad ; \quad \textbf{(3)} : f = 2\pi\sqrt{LC}$$

(0,5 pt)

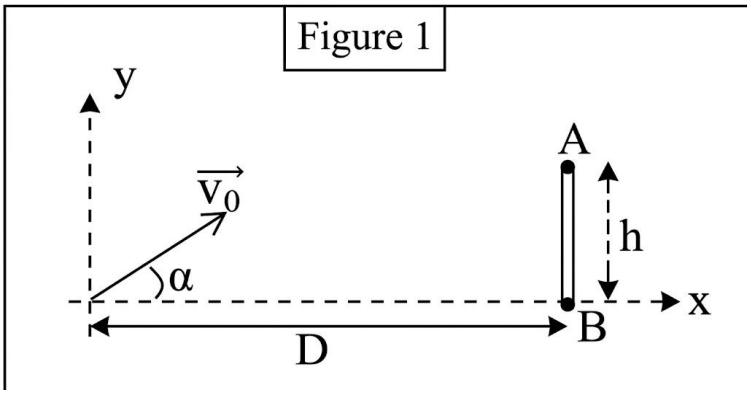
5.2- Déduire la capacité C du condensateur permettant la réception de cette onde. **(0,5 pt)**

Exercice 3 : (5,75 points) Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Première partie : (3,25 points) Étude du mouvement du centre d'inertie d'un ballon de football

Le football est l'un des sports les plus anciens et les plus célèbres au monde, suscitant un très grand intérêt auprès de toutes les tranches d'âge... En cas de coup franc près du but, le ballon est placé à l'endroit de la faute puis un des joueurs tire pour le mettre dans les filets. Pour y parvenir, le joueur doit prendre en considération la distance au but et la force avec laquelle il doit frapper le ballon.

Pour tirer un coup franc lors d'un match de football, un joueur place le ballon (de masse $m = 450$ g) au point O (lieu de la faute) à une distance $D = 25$ m de la ligne de but, où la hauteur de la barre transversale est $h = AB = 2,44$ m. À l'instant $t = 0$, le joueur frappe le ballon avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ formant un angle $\alpha = 30°$ avec la ligne horizontale (Figure 1).
On étudie le mouvement du centre d'inertie G du ballon dans un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$. (Voir figure 1 ci-dessous).
On néglige la résistance de l'air et la poussée d'Archimède, et on prend $g = 9,81$ m.s^{-2}.



1- En appliquant la deuxième loi de Newton, trouver l'expression littérale des équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du centre d'inertie G du ballon. **(0,75 pt)**

2- En déduire l'expression littérale de l'équation de la trajectoire $y = f(x)$. **(0,5 pt)**

3- Pour que le joueur marque le but, il doit placer le ballon dans la lucarne (à l'extrémité droite ou gauche du gardien, c'est-à-dire au point A), de sorte que le gardien ne puisse pas l'arrêter.

3.1. Quelle est la valeur de la vitesse initiale v_0 pour que le joueur marque un but tangent à la barre horizontale (Point A) ?

3.2. Quelle est la durée temporelle que mettra le ballon pour atteindre le but (Point A) ?

3.3. Soit v_A la valeur de la vitesse à l'arrivée du ballon au point A. Calculer v_A.

4- Le joueur a remarqué une erreur de positionnement du gardien, il a donc voulu marquer un but tangent à la ligne de but (Point B).
Quelle doit être la valeur de la vitesse initiale $\vec{v}_0'$ pour que le joueur parvienne à marquer le but ?

Deuxième partie : (2,5 points) Détermination de la distance entre la surface de la Lune et la Terre

L'astronomie est considérée comme l'une des sciences les plus anciennes connues de l'humanité, où les astronomes (dont Copernic et Galilée) s'intéressent à l'étude du mouvement des planètes et des étoiles...
Le but de cette partie de l'exercice est de déterminer la distance entre la surface de la Lune et la surface de la Terre.

Données :

- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI
- Rayon de la Terre : $R_T = 6380$ Km
- Rayon de la Lune : $R_L = 1738$ Km
- Masse de la Terre : $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ Kg

Pour connaître la distance entre la surface de la Terre et la surface de la Lune, on considère que la Terre est sphérique de centre O et de rayon R_T, et que la Lune est assimilable à un point matériel de masse M_L tournant autour de la Terre sous l'effet de son attraction. (Figure 2). Dans le référentiel géocentrique, la Lune décrit une trajectoire circulaire de centre le centre de la Terre O, et la distance entre le centre de la Terre et le centre de la Lune est d.

1- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que le mouvement de la Lune dans le référentiel géocentrique est circulaire uniforme. **(0,75 pt)**

2- Trouver l'expression de la vitesse de la Lune V_L en fonction de G, M_T et d. **(0,25 pt)**

3- En déduire l'expression de la période T_L de la Lune en fonction de G, M_T et d. **(0,25 pt)**

4- Montrer que la troisième loi de Kepler $\frac{T_L^2}{d^3} = K$ est vérifiée dans ce cas. Puis écrire l'expression de la constante K en fonction de G et M_T. Calculer sa valeur. **(0,5 pt)**

5- Sachant que la période de la Lune est $T_L =$ 27 j 7 h 30 min, calculer la distance d entre les centres de la Terre et de la Lune. **(0,5 pt)**

6- En déduire h, la distance de la surface de la Lune par rapport à la surface de la Terre. **(0,25 pt)**

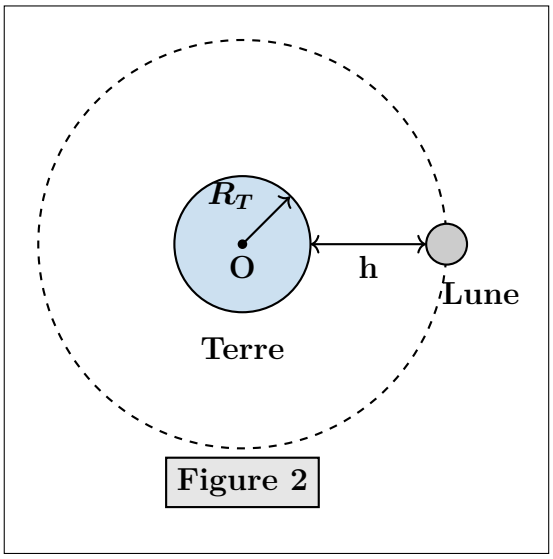


Figure 2

Exercice 1 : Chimie (7 points)

Première partie : (4,75 points)

1.1. Demi-équations d'oxydo-réduction pour les couples $I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$ et ${S_2O_8^{2-}}_{(aq)}/{SO_4^{2-}}_{(aq)}$:

$$2I^- \rightleftharpoons I_2 + 2e^-$$

$$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$$

L'équation bilan de la réaction s'écrit :

$$\boxed{{S_2O_8^{2-}}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \longrightarrow I_{2(aq)} + 2{SO_4^{2-}}_{(aq)}}$$

1.2. Signification de cette transformation :
- **Lente :** L'évolution de la réaction dure de quelques secondes à plusieurs heures, et on peut la suivre à l'il nu ou par des moyens de mesure.
- **Totale :** Le réactif limitant est totalement consommé à la fin de la réaction.

1.3. Changement de couleur :
Le mélange réactionnel est initialement incolore. Il prend progressivement une couleur jaune puis brune en raison de la formation et l'augmentation de la concentration du diiode I_2 au cours de la réaction.

2.1. But de l'utilisation de l'eau glacée :
Réaliser une trempe chimique pour bloquer (arrêter brutalement) la réaction à un instant t précis afin d'éviter que la quantité de diiode n'évolue pendant son dosage.

2.2. Calcul des quantités de matière et concentrations initiales :
Pour un volume total $V = V_1 + V_2 = 1$ L :

$$n_0(S_2O_8^{2-}) = C_2 \cdot V_2 = 0,3 \times 0,5 = 0,15 \text{ mol}$$

$$n_0(I^-) = C_1 \cdot V_1 = 0,4 \times 0,5 = 0,2 \text{ mol}$$

En déduisant les concentrations initiales dans le mélange :

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{n_0(S_2O_8^{2-})}{V_1 + V_2} = \frac{0,15}{1} \Longrightarrow \boxed{[S_2O_8^{2-}]_0 = 0,15 \text{ mol/L}}$$

$$[I^-]_0 = \frac{n_0(I^-)}{V_1 + V_2} = \frac{0,2}{1} \Longrightarrow \boxed{[I^-]_0 = 0,2 \text{ mol/L}}$$

2.3. **Tableau descriptif d'avancement :**

Équation		$\mathbf{S_2O_8^{2-} + 2I^- \longrightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}}$			
État	**Avanc.**	**Quantité de matière (mol)**			
Initial	**0**	$0,15$	$0,2$	0	0
En cours	**x**	$0,15 - x$	$0,2 - 2x$	x	$2x$
Final	$\mathbf{x_{max}}$	$0,15 - x_{max}$	$0,2 - 2x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$

Détermination de l'avancement maximal x_{max} : - Si I^- est le réactif limitant : $0,2 - 2x_{max} = 0 \implies x_{max} = 0,1$ mol. - Si $S_2O_8^{2-}$ est le réactif limitant : $0,15 - x_{max} = 0 \implies x_{max} = 0,15$ mol. La plus petite valeur correspond au réactif limitant (I^-), donc :

$$x_{max} = 0,1 \text{ mol}$$

2.4. Composition du mélange à la fin de la réaction :

$$n_f(I^-) = 0,2 - 2(0,1) = 0 \text{ mol}$$

$$n_f(S_2O_8^{2-}) = 0,15 - 0,1 = 0,05 \text{ mol}$$

$$n_f(I_2) = x_{max} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_f(SO_4^{2-}) = 2x_{max} = 2(0,1) = 0,2 \text{ mol}$$

2.5. Signification physique de $t_{1/2}$ et sa valeur :
Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale (ou maximale pour une réaction totale) : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$.
À $t = t_{1/2}$, la concentration de I_2 est :

$$[I_2]_{1/2} = \frac{n(I_2)}{V_{tot}} = \frac{x_{max}/2}{V_1 + V_2} = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ mol/L}$$

En se basant sur la figure 1 (ordonnée 0,05 mol/L), l'abscisse correspondante est :

$$\implies t_{1/2} = 12 \text{ min}$$

2.6. Vitesse volumique de formation : La vitesse s'exprime par $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$. Or $[I_2] = \frac{x}{V}$, d'où $v = \frac{d[I_2]}{dt}$. - À $t_1 = 5$ min :

$$v_1 = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t} = \frac{0,03 - 0,008}{8 - 1} \approx 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

- À $t_2 = 20$ min :

$$v_2 = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t} = \frac{0,056 - 0,042}{27 - 14} \approx 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

Interprétation : On remarque que $v_2 < v_1$. La vitesse de la réaction diminue au cours du temps car la concentration des réactifs diminue (facteur cinétique).

Deuxième partie : (2,25 points) Étude de la pile Cuivre - Aluminium

1. Sens d'évolution :
Le quotient de réaction initial s'écrit à partir de l'équation donnée :

$$Q_{r,i} = \frac{[Al^{3+}]^2}{[Cu^{2+}]^3} = \frac{0,5^2}{0,5^3} = 2$$

Puisque $Q_{r,i} < K$ $(2 < 10^{200}, lesystmevoluedanslesens\ \textbf{direct}(degauchedroite)$.

2. Équations aux électrodes :
D'après le sens d'évolution, les ions Cu^{2+} se réduisent et le métal Al s'oxyde : - À la cathode (réduction) : $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$ - À l'anode (oxydation) : $Al_{(s)} \rightleftharpoons Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

3. Schéma conventionnel :
La plaque d'aluminium s'oxyde, c'est donc la borne négative (anode). La plaque de cuivre subit la réduction, c'est la borne positive (cathode).

$$\ominus\ \text{Al}_{(s)}\ |\ \text{Al}^{3+}_{(aq)}\ \|\ \text{Cu}^{2+}_{(aq)}\ |\ \text{Cu}_{(s)} \oplus$$

Le courant I circule de la borne positive (Cu) vers la borne négative (Al). Les électrons circulent dans le sens inverse (de Al vers Cu).

4. Quantité de matière d'électrons :
On sait que la charge électrique est $Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$.

$$n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \times 8 \times 3600}{96500} \implies n(e^-) = 4,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

5. Masse du métal déposé (Cuivre) :
D'après la demi-équation à la cathode : $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. On déduit que $n(Cu)_{formé} = \frac{n(e^-)}{2}$.

$$m(Cu) = n(Cu) \cdot M(Cu) = \frac{n(e^-)}{2} \cdot M(Cu)$$

$$m(Cu) = \frac{4,48 \cdot 10^{-3}}{2} \times 63,5 = 2,24 \cdot 10^{-3} \times 63,5 \implies m(Cu) \approx 0,142 \text{ g}$$

Physique (13 points)

Exercice 1 : Étude d'une onde sonore (2,25 points)

1.1. Le **document 2** représente une onde transversale.
Justification : La direction de la déformation (perpendiculaire à l'axe du ressort) est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.

1.2. Nature de l'onde sonore :
Puisqu'elle correspond au phénomène observé dans le document 3 (déformation parallèle à la propagation), l'onde sonore est une **onde longitudinale**.

2.1. Valeur du retard temporel τ :
D'après l'enregistrement du document 5, le décalage entre les deux signaux correspond à 4 divisions.

$$\tau = 4 \text{ div} \times 5 \text{ ms/div} = 20 \text{ ms} \implies \tau = 0,02 \text{ s}$$

2.2. Vitesse de propagation v :
La relation est $v = \frac{D}{\tau}$.

$$v = \frac{20}{0,02} \implies v = 1000 \text{ m.s}^{-1}$$

2.3. Comparaison :
On remarque que $v > v_{air}$ ($1000 \text{ m.s}^{-1} > 340 \text{ m.s}^{-1}$).
Déduction : Le son se propage beaucoup plus rapidement dans un milieu solide dense (le fil) que dans un milieu gazeux (l'air).

3.1. Analyse dimensionnelle :
On a les dimensions suivantes : $[k] = M \cdot T^{-2}$, $[L] = L$ et $[\mu] = M \cdot L^{-1}$.
Vérifions la dimension de l'expression (2) :

$$\left[\sqrt{\frac{k \cdot L}{\mu}}\right] = \sqrt{\frac{[k] \cdot [L]}{[\mu]}} = \sqrt{\frac{M \cdot T^{-2} \cdot L}{M \cdot L^{-1}}} = \sqrt{L^2 \cdot T^{-2}} = L \cdot T^{-1}$$

La grandeur obtenue a la dimension d'une vitesse $[v] = L \cdot T^{-1}$. La relation correcte est donc la **relation (2)** : $v = \sqrt{\frac{k \cdot L}{\mu}}$.

3.2. Calcul de v' :

$$v' = \sqrt{\frac{20 \times 50}{10^{-3}}} = \sqrt{10^6} \implies v' = 1000 \text{ m.s}^{-1}$$

On retrouve bien la même valeur qu'à la question 2.2.

Exercice 2 : Électricité (5 points)

1. Expressions des tensions :
D'après la loi d'Ohm : $u_R = R \cdot i$
Tension aux bornes de la bobine : $u_b = r \cdot i + L\frac{di}{dt}$

2. Équation différentielle :
D'après la loi d'additivité des tensions : $u_b + u_R = E$

$$L\frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = E \implies L\frac{di}{dt} + (R+r)i = E$$

En divisant par L, on obtient :

$$\frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L}i = \frac{E}{L}$$

3. Expressions de A et τ :
La solution est $i(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = A - Ae^{-\frac{t}{\tau}}$.
Sa dérivée est $\frac{di}{dt} = \frac{A}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$.
On remplace dans l'équation différentielle :

$$\frac{A}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{R+r}{L}\left(A - Ae^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \frac{E}{L}$$

$$Ae^{-\frac{t}{\tau}}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{R+r}{L}\right) + A\frac{R+r}{L} - \frac{E}{L} = 0$$

Pour que cette équation soit vérifiée quel que soit t, il faut que :

$$\frac{1}{\tau} - \frac{R+r}{L} = 0 \implies \tau = \frac{L}{R+r}$$

$$A\frac{R+r}{L} - \frac{E}{L} = 0 \implies A = \frac{E}{R+r}$$

4.1. Suivi par oscilloscope :
On relie l'oscilloscope aux bornes du conducteur ohmique pour visualiser $u_R(t)$. Puisque $u_R(t) = R \cdot i(t)$, l'intensité $i(t)$ est proportionnelle à $u_R(t)$. La courbe observée a donc la même allure temporelle que celle du courant.

4.2. Exploitation du graphe :
a- En régime permanent, l'intensité est maximale constante $I_0 = 0,5$ A.
D'après l'expression de A, on a $I_0 = \frac{E}{R+r} \implies R + r = \frac{E}{I_0} \implies r = \frac{E}{I_0} - R$.

$$r = \frac{6}{0,5} - 10 = 12 - 10 \implies r = 2\ \Omega$$

b- Graphiquement, l'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote $i = I_0$ donne :

$$\tau = 10 \text{ ms} = 0,01 \text{ s}$$

On sait que $\tau = \frac{L}{R+r} \implies L = \tau(R+r)$.

$$L = 0,01 \times (10+2) \implies L = 0,12 \text{ H}$$

4.3. Énergie emmagasinée en régime permanent :

$$E_{m,\max} = \frac{1}{2}LI_0^2 = \frac{1}{2} \times 0,12 \times (0,5)^2 = 0,06 \times 0,25 \implies E_{m,\max} = 0,015 \text{ J}$$

4.4. Détermination de l'instant t :
On cherche t tel que $E_m(t) = 0,8 \times E_{m,\max}$.

$$\frac{1}{2}L \cdot i^2 = 0,8 \times 0,015 = 0,012 \text{ J}$$

$$i = \sqrt{\frac{2 \times 0,012}{L}} = \sqrt{\frac{0,024}{0,12}} = \sqrt{0,2} \approx 0,447 \text{ A}$$

Graphiquement, l'abscisse correspondant à $i \approx 0,45$ A est :

$$t \approx 24 \text{ ms}$$

5.1. Analyse dimensionnelle :
On sait que $u_L = L\frac{di}{dt} \implies [L] = \frac{U \cdot T}{I}$ et $i = C\frac{du_C}{dt} \implies [C] = \frac{I \cdot T}{U}$.
Vérifions la relation (2) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$:

$$\left[\frac{1}{\sqrt{LC}}\right] = \frac{1}{\sqrt{[L] \cdot [C]}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{U \cdot T}{I} \cdot \frac{I \cdot T}{U}}} = \frac{1}{\sqrt{T^2}} = T^{-1}$$

Puisque $[f] = T^{-1}$, la formule **(2)** est dimensionnellement homogène.

5.2. Capacité C :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \implies f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \implies C = \frac{1}{4\pi^2 L f^2}$$

Application numérique :

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \times 0,12 \times (10^4)^2} \approx 2,11 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 2,11 \text{ nF}$$

Exercice 3 : Mécanique (5,75 points)

Première partie : Étude du mouvement du centre d'inertie d'un ballon (3,25 points)

1. Équations horaires du mouvement :
Système étudié : {Le ballon}
Bilan des forces : Le poids $\vec{P}$ (on néglige les frottements et la poussée d'Archimède).
En appliquant la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$$

Projection sur le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$: - Sur l'axe (Ox) : $a_x = 0 \implies v_x = \text{cte} = v_{0x} = v_0 \cos\alpha$ Puisque $x_0 = 0$, on intègre pour trouver $x(t)$:

$$x(t) = (v_0 \cos\alpha) \cdot t$$

- Sur l'axe (Oy) : $a_y = -g \implies v_y = -g \cdot t + v_{0y} = -g \cdot t + v_0 \sin\alpha$ Puisque $y_0 = 0$, on intègre pour trouver $y(t)$:

$$y(t) = -\tfrac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin\alpha) \cdot t$$

2. Équation de la trajectoire :
À partir de l'équation de $x(t)$, on tire l'expression du temps : $t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$.
On remplace t dans l'équation de $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2 + v_0 \sin\alpha \left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)$$

$$y(x) = \frac{-g}{2v_0^2\cos^2\alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan\alpha$$

3.1. Valeur de la vitesse initiale v_0 pour atteindre le point A (lucarne) :
Pour marquer dans la lucarne, le ballon doit passer par le point $A(x_A = D, y_A = h)$. On remplace dans l'équation de la trajectoire :

$$h = \frac{-g \cdot D^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + D \cdot \tan\alpha \implies \frac{g \cdot D^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} = D \cdot \tan\alpha - h$$

$$v_0^2 = \frac{g \cdot D^2}{2\cos^2\alpha(D\tan\alpha - h)} \implies v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot D^2}{2\cos^2\alpha(D\tan\alpha - h)}}$$

Application numérique :

$$v_0 = \sqrt{\frac{9,81 \times 25^2}{2\cos^2(30°) \times (25 \cdot \tan(30°) - 2,44)}} \implies \boxed{v_0 \approx 18,46 \text{ m.s}^{-1}}$$

3.2. Durée t_A pour atteindre le but :
On utilise l'équation horaire $x(t) = (v_0 \cos\alpha) \cdot t \implies t_A = \frac{D}{v_0 \cos\alpha}$.

$$t_A = \frac{25}{18,46 \times \cos(30°)} \implies \boxed{t_A \approx 1,56 \text{ s}}$$

3.3. Vitesse v_A au point A :
La vitesse est donnée par $v_A = \sqrt{v_{Ax}^2 + v_{Ay}^2}$.

$$v_{Ax} = v_0 \cos\alpha$$

$$v_{Ay} = -g \cdot t_A + v_0 \sin\alpha$$

$$v_A = \sqrt{(v_0 \cos\alpha)^2 + (-g \cdot t_A + v_0 \sin\alpha)^2}$$

$$v_A = \sqrt{(18,46 \times \cos 30°)^2 + (-9,81 \times 1,56 + 18,46 \times \sin 30°)^2} \implies \boxed{v_A \approx 17,91 \text{ m.s}^{-1}}$$

4. But tangent à la ligne de but (Point B) :
Au point B, les coordonnées sont $x_B = D$ et $y_B = 0$.

$$0 = \frac{-g \cdot D^2}{2v_0'^2 \cos^2\alpha} + D \cdot \tan\alpha \implies \frac{g \cdot D^2}{2v_0'^2 \cos^2\alpha} = D \cdot \tan\alpha$$

$$v_0' = \sqrt{\frac{g \cdot D}{2\cos^2\alpha \cdot \tan\alpha}} = \sqrt{\frac{9,81 \times 25}{2 \times \cos^2(30°) \times \tan(30°)}} \implies \boxed{v_0' \approx 16,82 \text{ m.s}^{-1}}$$

Deuxième partie : Distance Terre - Lune (2,5 points)

1. Nature du mouvement de la Lune :
Système étudié : {Lune}
Force appliquée : Force d'attraction gravitationnelle de la Terre $\vec{F}_{T/L} = G\frac{M_T M_L}{d^2}\vec{n}$ (où $\vec{n}$ est le vecteur unitaire centripète normal à la trajectoire).
D'après la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = M_L\vec{a} \implies G\frac{M_T M_L}{d^2}\vec{n} = M_L\vec{a} \implies \vec{a} = G\frac{M_T}{d^2}\vec{n}$$

Le vecteur accélération $\vec{a}$ est purement normal (centripète), l'accélération tangentielle $a_t = \frac{dV_L}{dt} = 0$. Donc la vitesse V_L est constante. La trajectoire étant circulaire et la vitesse constante, le mouvement est **circulaire uniforme**.

2. Expression de la vitesse V_L :
Dans le repère de Frénet, $a_n = \frac{V_L^2}{d}$.

$$\frac{V_L^2}{d} = G\frac{M_T}{d^2} \implies V_L^2 = G\frac{M_T}{d} \implies V_L = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{d}}$$

3. Expression de la période T_L :
La période correspond au temps mis pour parcourir la circonférence de l'orbite $2\pi d$ à la vitesse V_L.

$$T_L = \frac{2\pi d}{V_L} = \frac{2\pi d}{\sqrt{\frac{G \cdot M_T}{d}}} \implies T_L = 2\pi\sqrt{\frac{d^3}{G \cdot M_T}}$$

4. Troisième loi de Kepler :
En élevant l'expression de T_L au carré :

$$T_L^2 = 4\pi^2 \frac{d^3}{G \cdot M_T} \implies \frac{T_L^2}{d^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T} = K$$

Calcul de K :

$$K = \frac{4\pi^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6 \cdot 10^{24}} \implies K \approx 9,86 \cdot 10^{-14} \text{ s}^2.\text{m}^{-3} \quad \text{(ou } 10^{-13} \text{ SI selon les notat}$$

5. Calcul de la distance d :
Conversion de $T_L = 27$ j 7 h 30 min en secondes :

$$T_L = (27 \times 24 \times 3600) + (7 \times 3600) + (30 \times 60) = 2\,359\,800 \text{ s}$$

D'après la loi de Kepler : $d^3 = \frac{T_L^2}{K} \implies d = \sqrt[3]{\frac{T_L^2}{K}}$. En utilisant la valeur calculée approchée (ou 10^{-13}

$$d = \sqrt[3]{\frac{(2\,359\,800)^2}{10^{-13}}} \implies d \approx 3,82 \cdot 10^8 \text{ m}$$

6. Distance à la surface h :
La distance d sépare les centres des deux astres, on a donc $d = R_T + h + R_L \implies h = d - (R_T + R_L)$.

$$h = 3,82 \cdot 10^8 - (6380 \cdot 10^3 + 1738 \cdot 10^3) = 3,82 \cdot 10^8 - 8,118 \cdot 10^6$$

$$h \approx 3,74 \cdot 10^8 \text{ m}$$

امتحان تجريبي موحد للبكالوريا
رقم 01

Zahrane

الدورة العادية 2026

Chimie (7 points) : Les deux parties sont indépendantes

Partie 1: Étude d'une solution d'un acide.

1/ Une solution aqueuse d'un acide noté AH de concentration molaire $C = 7,9 \cdot 10^{-3}$ mol $\cdot$ L^{-1} a un $pH = 2,1$.

1.1. Écrire l'équation modélisant la réaction de l'acide AH avec l'eau.

1.2. On prépare une solution en dissolvant une masse m de l'acide AH de masse molaire M dans un volume V d'eau pure.

1.2.1. Exprimer le pH de la solution en fonction de m, V et M.

1.2.2. On mesure le pH de plusieurs solutions obtenues chacune par dissolution d'une masse m de cet acide dans un volume $V = 1$ L d'eau, et on obtient le graphe $pH = f(\log m)$ représenté dans la figure 1.

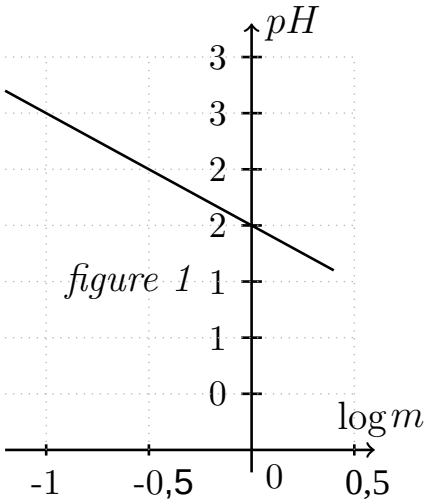


figure 1

a/ Montrer, à partir du graphe, que le pH peut se mettre sous la forme $pH = a \log m + b$ où a et b sont des constantes dont on déterminera les valeurs.

b/ Déduire, des résultats précédents, la masse molaire M de l'acide AH et l'identifier parmi les acides de formules : HCl ; HNO_3 ; H_2SO_2 ; $HClO_4$.

Données : Masses molaires en g $\cdot$ mol^{-1} : $M(H) = 1$; $M(O) = 16$; $M(S) = 32$; $M(N) = 14$; $M(Cl) = 35,5$.

2/ On prélève un volume $V_a = 20$ mL d'une des solutions de l'acide de $pH = 2,1$ et on y ajoute un volume $V_b = 30$ mL d'une solution d'hydroxyde de sodium $(Na^+ + HO^-)$ de concentration $C_b = 5 \cdot 10^{-2}$ mol $\cdot$ L^{-1}.

2.1. Le mélange obtenu est-il acide, basique, ou neutre ? Justifier la réponse.

2.2. Écrire l'équation de cette réaction.

2.3. Calculer le pH de ce mélange.

2.4. Quel volume de la solution d'hydroxyde de sodium devrait-on ajouter pour atteindre l'équivalence acido-basique.

Partie 2: Étamage d'une casserole

Pour éviter le contact toxique du vert de gris, on doit toutefois recouvrir les ustensiles, comme les casseroles, en cuivre d'étain pur, aujourd'hui par électrolyse.
C'est par oxydation que le cuivre se recouvre de « vert de gris ». La couche obtenue donne un aspect particulier aux statues, mais elle est constituée d'un sel soluble qui est toxique. L'électrolyse du cuivre consiste dans ce cas à déposer une fine couche d'étain sur toute la surface du récipient. Ce procédé est appelé étamage. L'électrolyse est constituée de surface d'étain, $Sn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ et de différents additifs. Le récipient à étamer constitue une électrode, l'autre étant de l'étain $Sn_{(s)}$ pur.

Données :

- Masse molaire de l'étain $M(Sn) = 119\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Constante de Faraday $F = 9,65 \cdot 10^4\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'étain appartient au couple $Sn^{2+}_{(aq)}/Sn_{(s)}$.

1/ On considère le schéma représenté dans la figure 2.

1.1. Indiquer sur ce schéma le sens du courant électrique dans le circuit ainsi que le sens de circulation des porteurs de charge dans les conducteurs métalliques et dans la solution.

1.2. L'électrolyse est-elle une transformation spontanée ? Justifier la réponse.

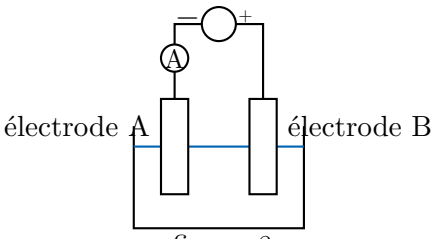


figure 2

2/ On étudie les réactions aux électrodes en considérant que le solvant n'intervient pas.

2.1. La réaction se produisant à l'électrode A reliée à la borne négative du générateur est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier. En déduire le nom de chaque électrode.

2.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'électrode A.
Le récipient à recouvrir doit-il constituer cette électrode ? Justifier.

2.3. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'autre électrode B, et en déduire l'équation de la réaction globale de cette électrolyse. Comment évolue la concentration en ions étain $Sn^{2+}_{(aq)}$ dans la solution au cours de la réaction ?

3/ L'intensité du courant électrique est maintenue constante pendant toute la durée Δt de l'électrolyse et vaut $I = 0,25$ A.

3.1. Donner l'expression de la quantité d'électricité Q qui a traversé le circuit au cours de l'électrolyse.

3.2. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir l'expression de la durée de l'électrolyse Δt en fonction de la masse m_{Sn} déposée, F, I et M_{Sn}.

4/ On veut étamer une casserole cylindrique, de diamètre $D = 15$ cm, de hauteur $H = 7,0$ cm, et d'épaisseur négligeable. Le dépôt d'étain doit être réalisé sur les faces interne et externe et sur une épaisseur $e = 20\mu m$

4/ Calculer le volume d'étain nécessaire pour le dépôt en cm^3.
On donne : Surface d'un disque de diamètre D est : $\frac{\pi D^2}{4}$
Surface latérale d'un cylindre de diamètre D et de hauteur H est : πDH.

5/ La masse volumique de l'étain est $\rho = 7,30\ g \cdot cm^{-3}$. Calculer la masse d'étain nécessaire.

6/ À l'aide de l'expression donnée en 3.2, calculer la durée minimale de l'électrolyse pour réaliser ce dépôt.

Physique

physique 1 : O n d e s

On place une source sonore E dans un gaz. Sur la même ligne droite, On place deux microphones : M_1 fixe et M_2 mobile (Figure-1-).
On branche les deux microphones aux entrées d'un oscilloscope.

1/ On déplace M_2 à une position où $M_1M_2 = 22,5$ cm. On obtient l'oscillogramme de la figure -2. La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est : 20

1.1. Calculer la fréquence des ondes sonores.

1.2 Identifier parmi les courbes (a) et (b) celle représentant le signal reçu par M_2.

1.3 Quelles sont les valeurs possibles de λ, sachant que $\lambda > 3$ cm.

2/ On déplace maintenant le microphone M_2 à une position où $M_1M_2 = 15,75$ cm, on obtient l'oscillogramme de la figure -3. Quelles sont les valeurs possibles de λ dans ce cas ?

2.1 À partir des questions précédentes, déterminer la valeur de λ.

2.2 En déduire la vitesse de propagation des ondes sonores dans le gaz.

3/ On garde la même fréquence et on déplace maintenant M_2 vers une position où $M_1M_2 = d'$ tel que $\lambda < d' < 2\lambda$, on obtient alors l'oscillogramme -4.

3.1 Trouver la valeur de la distance d'.

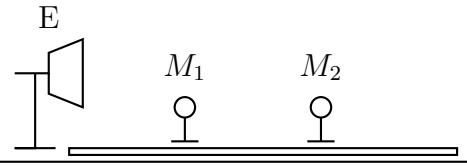


Figure -1-

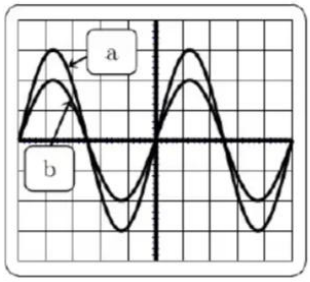


Figure -2-

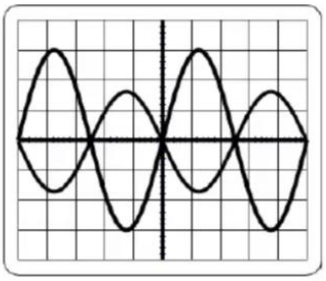


Figure -3-

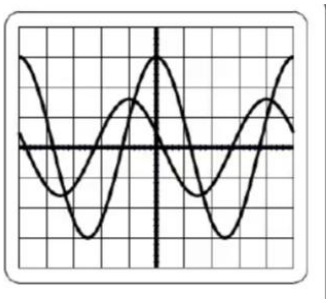


Figure -4-

Physique 2

On donne : $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s ; $m(^{1}_{0}n) = 1,00867$ u ; $m(e^{-}) = 5,5 \cdot 10^{-4}$ u ; $m(^{235}_{92}U) = 235,12$ u
$m(^{139}_{57}La) = 138,906$ u ; $m(^{95}_{42}Mo) = 94,495$ u ; 1 u = $931,5$ MeV · c^{-2} ; 1 MeV = $1,6 \cdot 10^{-13}$ J.

I/

1/ 1.1. Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

1.2. L'énergie de liaison du noyau $^{23}_{11}Na$ vaut 181,04 MeV et l'énergie de liaison du noyau $^{24}_{11}Na$ vaut 188,44 MeV. Déterminer, en u, le défaut de masse du noyau $^{24}_{11}Na$. Parmi ces deux isotopes de sodium, lequel est le plus stable ? Justifier.

2/ Le noyau $^{24}_{11}Na$ se désintègre en un noyau $^{24}_{12}Mg$ en libérant une énergie $W = 5,51$ MeV.

2.1. La désintégration est accompagnée de l'émission d'une particule X.

a/ Ecrire l'équation nucléaire de cette désintégration. Identifier la particule X émise.

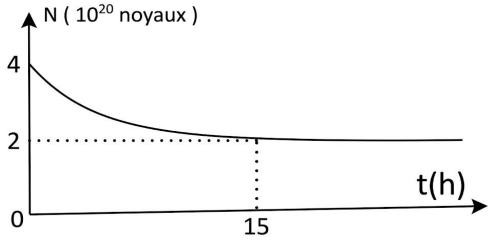
b/ Déterminer, en u, la masse du noyau fils $^{24}_{12}Mg$ formé. On donne : $m(^{24}_{11}Na) = 23,8725$ u.

2.2. Sachant que l'énergie libérée au cours de cette désintégration est transmise à la particule X sous forme d'énergie cinétique $E_{cX} = 1,39$ MeV et au rayonnement γ.

a/ Explique l'origine de ce rayonnement.

b/ Déterminer la fréquence ν de la radiation émise.

3/ Soit N_0 le nombre de noyaux d'un échantillon de $^{24}_{11}Na$ présent à l'instant $t = 0$.
Soit N le nombre de noyaux d'un échantillon de $^{24}_{11}Na$ présent à l'instant t.
L'évolution de N en fonction du temps est représentée dans la figure 3.



3.1. Etablir la loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$.

3.2. Définir la période radioactive T d'un radioélément et déduire de la courbe celle de $^{24}_{11}Na$.

3.3. Calculer la valeur de la constante radioactive.

4/ 4.1. Définir l'activité d'un échantillon radioactif. Calculer, en Bq l'activité de $^{24}_{11}Na$ à l'instant $t_1 = 10$ h.

4.2. Déterminer le nombre de noyaux de magnésium formés à l'instant $t_1 = 10$ h.

II/ L'uranium $^{235}_{92}U$ est un noyau fissile. Dans un réacteur nucléaire l'une des réactions qui s'effectue a pour équation nucléaire :

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{139}_{57}La + {}^{95}_{42}Mo + 2\,{}^{1}_{0}n + y\,{}^{0}_{-1}e$$

1/ En précisant la loi de conservation utilisée, déterminer y.

2/ Calculer, en joule, l'énergie libérée au cours de la fission d'un noyau de $^{235}_{92}U$.

Physique 3 : Les deux parties sont indépendantes

Partie 1 (2,25 points)

On réalise le circuit électrique représenté à la figure 4 comportant, en série, un générateur de f.e.m E et de résistance interne négligeable, une bobine d'inductance L réglable et de résistance $r = 8\ \Omega$, un interrupteur K et un résistor de résistance R_0. À la date $t = 0$, on ferme l'interrupteur K et à l'aide d'un oscilloscope on visualise la tension u_L aux bornes de la bobine.

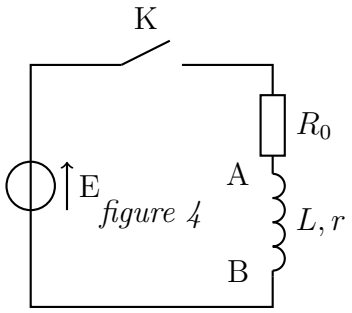
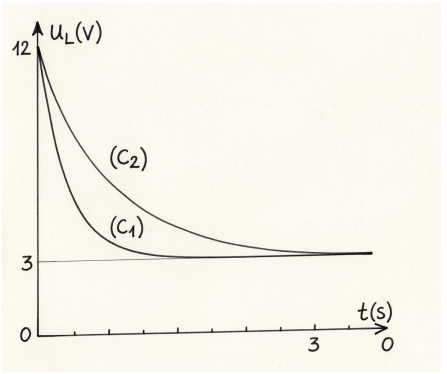


figure 4

On obtient les courbes (C_1) et (C_2) (figure 5) correspondant respectivement à deux valeurs différentes L_1 et L_2 de l'inductance L de la bobine.



1/ Recopier le schéma de la figure 4 sur ta copie et compléter le en indiquant les branchements de l'oscilloscope pour visualiser la tension aux bornes de la bobine.

2/ Montrer que la tension aux bornes de la bobine $u_L(0)$ à l'instant $t = 0$ est égale à E. Déterminer graphiquement la valeur de E.

3/ 3.1. À partir du graphe de la figure 5, trouver le rapport entre les constantes de temps τ_1 et τ_2 correspondant respectivement à L_1 et L_2 de l'inductance.

3.2. Comparer alors les valeurs de L_1 et L_2.

3.3. Sachant que $L_1 = 0,1$ H, déduire à partir des courbes, la valeur L_2 de l'inductance L.

4/ 4.1. Etablir, en fonction de r, R_0 et E, l'expression de la tension aux bornes de la bobine lorsque le régime permanent est établi.

4.2. En exploitant le graphe de la figure 5, détermine la valeur R_0 de la résistance du résistor.

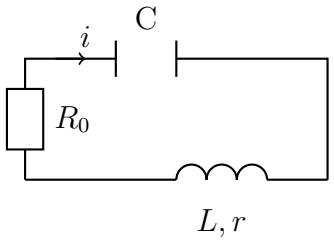
5/ 5.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine d'inductance L_1.

5.2. La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $u_L(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau_1}} + B$. Déterminer les valeurs des constantes A et B.

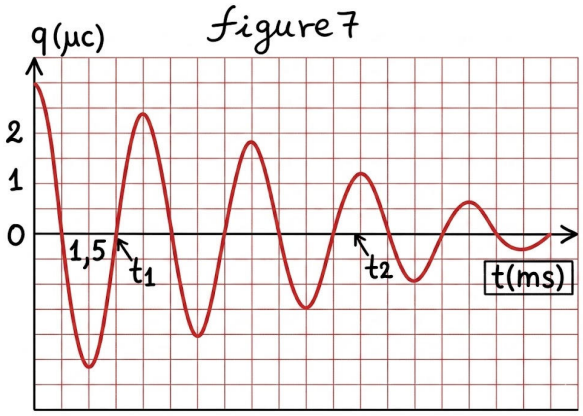
Partie 2 (2,25 points)

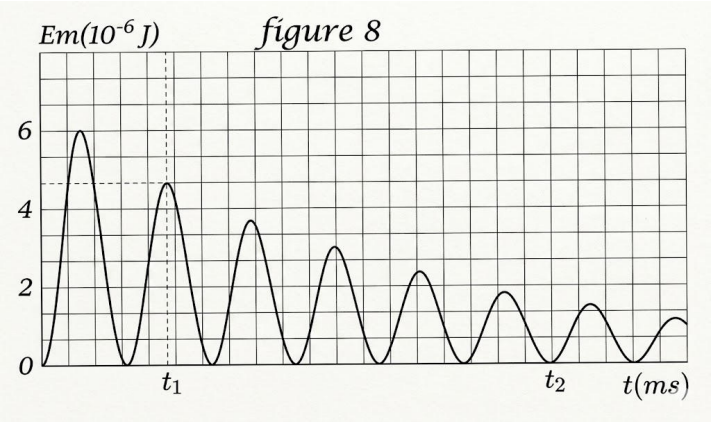
I/ Oscillations électriques libres et amorties

Le montage électrique schématisé sur la figure 6 comporte un condensateur de capacité $C = 0,5\ \mu F$ chargé par un générateur de f.e.m E et de résistance négligeable, une bobine d'inductance $L = 0,5$ H et de résistance interne r, et un conducteur ohmique de résistance $R_0 = 100\ \Omega$.



À l'aide d'un système d'acquisition, on réalise les enregistrements représentés sur les figures 7 et 8 qui correspondent respectivement aux variations de la charge q du condensateur et de l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine en fonction du temps.





1/ Détermine graphiquement la valeur de la pseudo-période T des oscillations et la valeur de la f.e.m E du générateur.

2/ Montrer que les oscillations sont libres et amorties.

3/ En utilisant les courbes de la figure 7 et de la figure 8, compléter le tableau suivant tout en expliquant et en calculant les énergies électrique E_e, magnétique E_m et totale E_t.

temps \ Energie	$\boldsymbol{t_1 = 2,25}$ ms	$\boldsymbol{t_2 = 9}$ ms
$\boldsymbol{E_e}$	$E_{e1} =$	$E_{e2} =$
$\boldsymbol{E_m}$	$E_{m1} =$	$E_{m2} =$
$\boldsymbol{E_t}$	$E_{t1} =$	$E_{t2} =$

4/ A partir du tableau précédent, justifier la conservation ou la non conservation de l'énergie totale du circuit. Quel phénomène physique explique ces résultats.

5/ On admettra la relation : $\frac{E_{t2}}{E_{t1}} = e^{-\frac{R_0+r}{L}(t_2-t_1)}$.
Déterminer la valeur de la résistance interne r de la bobine.

II/ On élimine le conducteur ohmique de résistance R_0 et on remplace la bobine par une autre d'inductance L_1 et de résistance interne négligeable.

1/ Soit q la charge de l'armature A du condensateur à un instant $t > 0$. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$.

2/ 2.1. Trouver l'expression de la période propre T_0 en fonction de L et C pour que la solution de l'équation différentielle soit : $q(t) = Q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$.

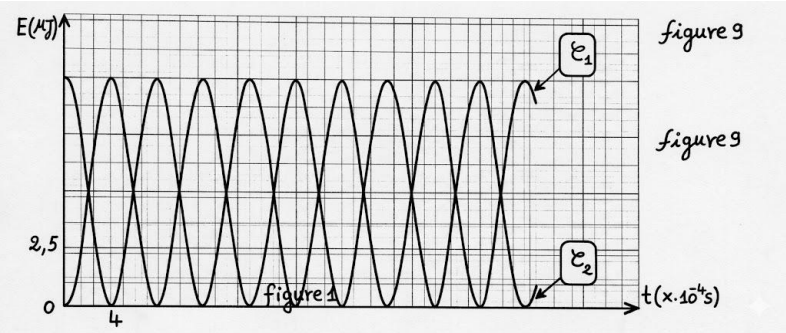
2.2. Déterminer la valeur qu'il faut donner à l'inductance L de la bobine pour que la période propre de l'oscillateur soit $T_0 = 4$ ms.

2.3. Que représente Q_m et φ ?

3/ Etablir l'expression de I_m l'intensité maximale du courant en fonction de T_0 et Q_m.

4/ 4.1. Etablir, en fonction du temps, les expressions des énergies E_e et E_m respectivement aux bornes du condensateur et aux bornes de la bobine.

4.2. A l'aide du système d'acquisition, on enregistre les énergies E_e et E_m on obtient les courbes (C_1) et (C_2) représentées dans la figure 9.



a/ Attribuer chacune des deux courbes (C_1) et (C_2) à l'énergie correspondante.

b/ Exprimer la période des oscillations des énergies en fonction de la période propre de l'oscillation. Calculer sa valeur, puis déterminer x.

c/ Déterminer la valeur de la f.e.m E' du générateur, de la charge Q_m et de I_m l'intensité maximale du courant.

d/ Ecrire les expressions numériques de $q(t)$ et de $i(t)$.

e/ Montrer que : $q^2 + \frac{T_0^2}{4\pi^2} i^2 = Q_m^2$. Donner l'allure de la courbe $q^2 = f(i^2)$.

Physique 4 : Mécanique

Partie I

Le ski sur la surface de l'eau, comme sport, est considéré parmi les meilleures activités de loisir pendant l'été ; c'est un sport d'aventure, de consistance physique, et de souplesse.
On se propose d'étudier dans cette partie, le mouvement du centre d'inertie d'un skieur avec ses accessoires sur une piste de ski.
Un skieur glisse sur une piste de ski, constituée par deux parties :

- Une partie **AB** rectiligne et horizontale.
- Une partie **BC** rectiligne et inclinée d'un angle $\boldsymbol{\alpha}$ par rapport à l'horizontale (voir figure).

Données :

☐ Le Skieur (S) est assimilé à un point **G** son centre d'inertie ;

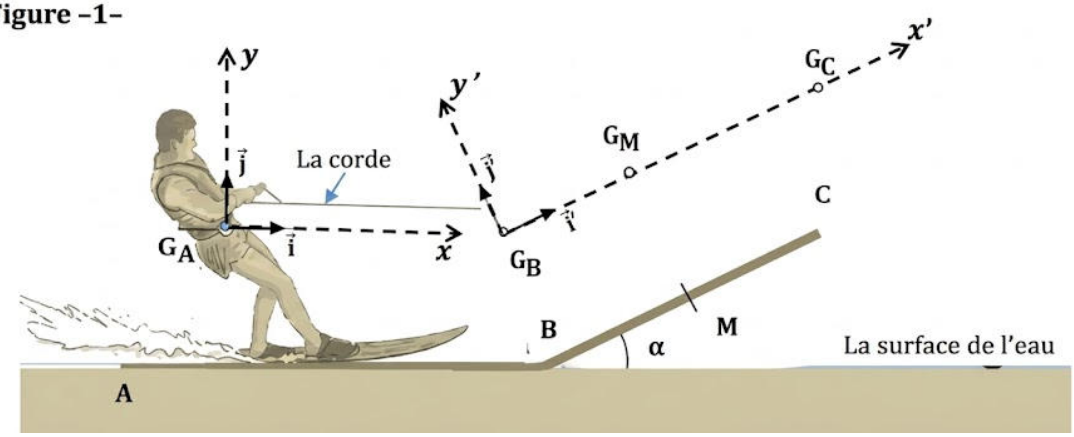
☐ La masse de (S) est : $\boldsymbol{m = 80}$ kg ;

☐ L'intensité de champ de pesanteur : $\boldsymbol{g = 10}$ m $\cdot$ s$^{\boldsymbol{-2}}$;

☐ L'angle α : $\boldsymbol{\alpha = 30°}$;

☐ On néglige la résistance de l'air.

Figure –1–



A– Mouvement du skieur entre A et B :

Le skieur (S), est tiré par un bateau à l'aide d'une corde parallèle à la surface de l'eau. Il démarre d'un point **A** à l'instant $t_0 = 0$ (l'origine des dates) sans vitesse initiale.

Sur le trajet **AB**, la force de traction $\vec{F}$ exercée par la corde sur le skieur a une intensité constante F et l'ensemble des forces de frottement est équivalent à une force unique $\vec{f}$ opposée au déplacement, d'intensité $f = 100$ N ; .

À l'instant $t = 60$ s, le skieur arrive au point **B** avec une vitesse $v_B = 6$ m · s^{-1} et lâche la corde.

On étudie le mouvement du centre d'inertie **G** du skieur (S) dans le repère $(G_A, \vec{i}, \vec{j})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen (Figure –1–).

1. Faire l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur (S) le long du trajet **AB** et les représenter sur un schéma sans tenir compte d'une échelle.
2. En appliquant au skieur, entre les points **A** et **B**, la deuxième loi de Newton, Montrer que l'accélération a_x du mouvement du skieur s'écrit sous forme : $a_x = \dfrac{F - f}{m}$
3. Déterminer l'expression de la vitesse **V** du skieur en fonction de **F**, **f**, **m** et du temps **t**.
4. Déduire l'intensité de la force de traction **F**.
5. Ecrire l'expression numérique de l'équation horaire $x = f(t)$ du mouvement de **G**, puis déduire la valeur de la distance parcourue **AB**.

B– Mouvement du skieur sur le tremplin BD :

Le skieur aborde ensuite un tremplin **BC** incliné d'un angle de $\alpha = 30°$ par rapport à la surface horizontale de l'eau. On suppose que la vitesse en **B** ne change pas en module lorsque le skieur passe de **AB** à **BC**.

Les frottements sont négligeables le long du trajet **BC** ;

On étudie le mouvement du centre d'inertie **G** du skieur (S) dans le repère $(G_B, \vec{i'}, \vec{j'})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen (Figure –1–).

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse x du mouvement de **G** s'écrit sous forme : $\dfrac{d^2x}{dt^2} = -g \cdot \sin(\alpha)$
2. Sachant que le skieur arrive au point **C** à l'instant $t_C = 0,8$ s. Déduire que sa vitesse est : $V_D = 2$ m · s^{-1}.

Partie II : Mouvement plan « jeu de plongeon »

Des élèves se fixent comme objectif d'appliquer leurs connaissances en mécanique au « jeu de plongeon ». Ce jeu, réalisé à la piscine, consiste à passer au dessus d'une corde puis atteindre la surface de l'eau en un point le plus éloigné possible du point de départ avant de commencer la nage.

Le bassin d'eau a pour longueur $\boldsymbol{D = 20}$ m et est suffisamment profond. Le plongeur doit quitter un tremplin ; à ce moment son centre d'inertie **G** est à une hauteur $\boldsymbol{h_1 = 1,5}$ m au dessus de la surface de l'eau.

La corde, tendue horizontalement, est attachée à une distance $\boldsymbol{\ell = 1,6}$ m du tremplin. Elle est à une hauteur $\boldsymbol{h_2 = 2}$ m du niveau de l'eau.

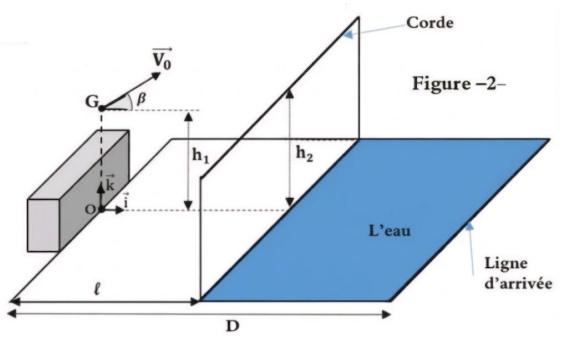


Figure –2–

Au cours d'une simulation, les élèves font plusieurs essais en lançant, avec un dispositif approprié, un solide ponctuel à partir du point **G**. Les essais diffèrent par la valeur du vecteur-vitesse initial du solide ou par l'angle du dit vecteur avec l'horizontale.

Le mouvement du solide est étudié dans le repère $(\boldsymbol{O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}})$. Le point **O** est le point d'intersection entre la verticale passant par la position initiale de **G** et la surface de l'eau. La direction de l'axe $(\boldsymbol{O, \vec{i}})$ est perpendiculaire au plan vertical contenant la corde, comme indiqué sur la figure ci-dessus.

On néglige les frottements et on prendra $\boldsymbol{g = 10}$ m · s^{-2}.

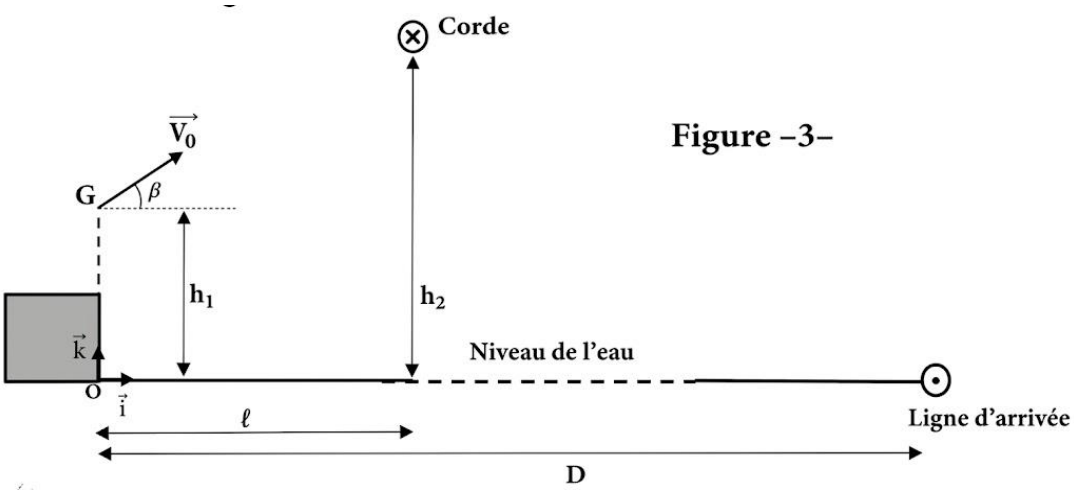


Figure –3–

1. Lors d'un premier essai, le solide est lancé du point **G**, à la date $\boldsymbol{t = 0}$, avec une vitesse $\boldsymbol{V_0}$ faisant un angle $\boldsymbol{\beta = 45°}$ avec l'horizontale, de valeur $\boldsymbol{V_0 = 8}$ m · s^{-1} et appartenant au plan vertical défini par $(\boldsymbol{\vec{i}, \vec{k}})$.

   1.1. Etablir les équations horaires $\boldsymbol{x(t)}$ et $\boldsymbol{z(t)}$ du mouvement du solide. En déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire $\boldsymbol{z(x)}$.

   1.2. Le solide passe-t-il au dessus de la corde ? Justifier la réponse.

   1.3. Au cas où le solide passe au-dessus de la corde, quelle distance le sépare-t-il de la ligne d'arrivée lorsqu'il touche l'eau ?

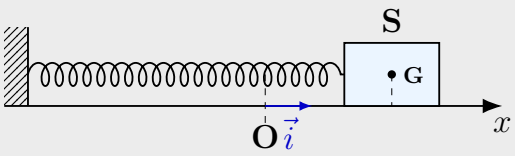
   1.4. Calculer la norme du vecteur vitesse $\boldsymbol{\vec{V}}$ et l'angle $\boldsymbol{\theta}$ que ce vecteur forme avec la verticale descendante lorsque le solide touche l'eau.

2. Dans un second essai, les élèves voudraient que le solide touche l'eau en un point distant de **8** m de la ligne d'arrivée. Quelle doit être alors la valeur de la vitesse initiale pour $\boldsymbol{\beta = 45°}$?

Physique 3

La figure 1 représente un système mécanique formé d'un solide de masse $m = 1$ kg et un ressort horizontal, à spires non jointives de masse négligeable et de raideur k. A l'équilibre la position du centre de gravité G du solide (S) coïncide avec l'origine des abscisses O du repère $(O;\vec{i})$ lié à la terre et considéré comme galiléen.

On écarte (S) de sa position d'équilibre dans le sens positif d'une distance $X_m = 4$ cm et on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.
Les frottements sont négligés.



1- Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide (S).

2- On mesure la durée de 10 oscillations libres et l'on trouve la valeur $\Delta t = 8,9$ s.

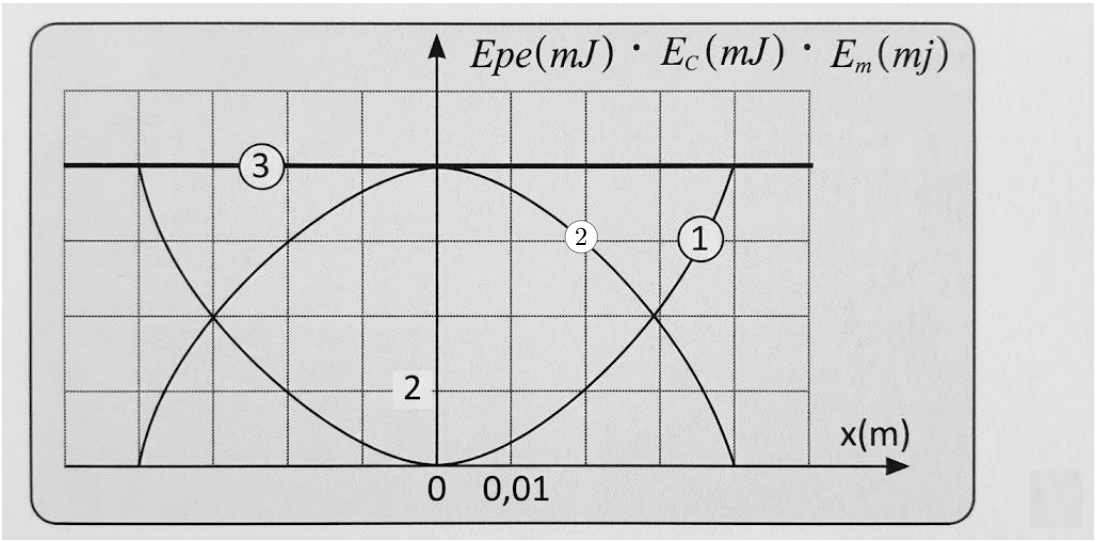
2.1- Déterminer la valeur de la période propre T_0 des oscillations.

2.2- L'équation horaire du mouvement s'écrit : $x(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$ nommer les grandeurs X_m, φ et determiner leurs valeurs.

2.3- Calculer la valeur de k.

2.4- Préciser le sens de la force de rappel $\vec{F}$ appliquée par le ressort sur (S) à l'instant $t = \frac{T_0}{2}$.

3- La figure 2 donne les diagrammes d'énergies cinétique E_c et potentielle élastique E_{pe} et mécanique E_m de l'oscillateur étudié.



3.1- Faire correspondre à chaque courbe, en justifiant, l'energie qui lui convient.

3.2- Déterminer graphiquement les abscisses x_1 et x_2 de G lorsque $E_c = 3E_{pe}$ $(x_1 > x_2)$.

3.3- Déterminer la valeur du travail $W(\vec{F})$ de la force de rappel du ressort exercée sur (S) au cours du déplacement de G de x_1 à x_2.

Chimie (7 points) : Partie 1 : Étude d'une solution d'un acide

1.1. Équation modélisant la réaction de l'acide AH avec l'eau

$$\mathrm{AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}}$$

1.2.1. Expression du pH en fonction de m, V et M Pour un acide fort, on sait que $\mathrm{pH} = -\log(C)$. La concentration molaire s'exprime par $C = \frac{n}{V}$ avec $n = \frac{m}{M}$, donc $C = \frac{m}{M \cdot V}$. En substituant C :

$$\boxed{\mathrm{pH} = -\log\left(\frac{m}{M \cdot V}\right)}$$

Soit également : $\mathrm{pH} = -\log(m) + \log(M) + \log(V)$

1.2.2 **a/** Équation de la droite à partir du graphe[cite : 23] : La figure 1 est une fonction affine ne passant pas par l'origine, son équation est de la forme $\mathrm{pH} = a\log(m) + b$. On choisit deux points clairs sur le graphe :
$A(0;2)$ et $B(-1;3)$ Calcul du coefficient directeur a :

$$a = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{3-2}{-1-0} = -1$$

L'ordonnée à l'origine b correspond à la valeur du pH lorsque $\log(m) = 0$, soit $b = 2$

$$\Longrightarrow \quad \boxed{\mathrm{pH} = -\log(m) + 2}$$

b/ Déduction de la masse molaire M et identification[cite : 24] : Le volume utilisé est $V = 1$ L[cite : 11]. En injectant $V = 1$ dans la formule établie en 1.2.1, on obtient : $\mathrm{pH} = -\log(m) + \log(M \cdot 1) = -\log(m) + \log(M)$. Par analogie avec l'équation issue du graphe ($\mathrm{pH} = -\log(m) + 2$), on identifie :

$$\log(M) = 2 \implies M = 10^2 = 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Calculons les masses molaires des acides proposés grâce aux données[cite : 25, 26] :

- $M(\mathrm{HCl}) = 1 + 35,5 = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\mathrm{HNO_3}) = 1 + 14 + (3 \times 16) = 63 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\mathrm{H_2SO_2}) = 2 + 32 + (2 \times 16) = 66 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\mathrm{HClO_4}) = 1 + 35,5 + (4 \times 16) = 100,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

La valeur la plus proche de $100\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ correspond à l'acide perchlorique $HClO_4$.

$$\Longrightarrow \text{L'acide AH est identifié comme étant } HClO_4$$

2.1. Le mélange obtenu est-il acide, basique, ou neutre ?[cite : 28] : On détermine d'abord les quantités de matière initiales des deux espèces : Pour l'acide : $n_A = C \cdot V_a = 7,9 \cdot 10^{-3} \times 20 \cdot 10^{-3} = 1,58 \cdot 10^{-4}$ mol[cite : 6, 27]. Pour la base forte apportée par l'hydroxyde de sodium : $n_B = C_b \cdot V_b = 5 \cdot 10^{-2} \times 30 \cdot 10^{-3} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ mol. Puisque $n_B > n_A$, les ions HO^- sont introduits en excès

$$\Longrightarrow \text{Le mélange est basique.}$$

2.2. Équation de la réaction : La réaction met en jeu l'ion oxonium de la solution d'acide et l'ion hydroxyde de la solution basique :

$$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

2.3. Calcul du pH de ce mélange : La réaction acide fort - base forte est totale. La quantité d'ions HO^- en excès à l'état final est :

$$n(HO^-)_{final} = n_B - n_A = 1,5 \cdot 10^{-3} - 1,58 \cdot 10^{-4} = 1,342 \cdot 10^{-3}\ \text{mol}$$

Le volume total du mélange est $V_{tot} = V_a + V_b = 20 + 30 = 50\ \text{mL} = 50 \cdot 10^{-3}$ L[cite : 27]. La concentration des ions HO^- restants est :

$$[HO^-] = \frac{1,342 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^{-3}} \approx 0,0268\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

En exploitant le produit ionique de l'eau ($K_e = 10^{-14}$) : $\text{pH} = 14 + \log([HO^-])$.

$$\text{pH} = 14 + \log(0,0268) \approx 14 - 1,57 = 12,43$$

$$\Longrightarrow \text{pH} \approx 12,43$$

2.4. Volume de solution pour atteindre l'équivalence : À l'équivalence acido-basique, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stchiométriques :

$$n_A = n_{B,eq} \iff C \cdot V_a = C_b \cdot V_{b,eq}$$

$$V_{b,eq} = \frac{C \cdot V_a}{C_b} = \frac{7,9 \cdot 10^{-3} \times 20 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-2}} = \frac{1,58 \cdot 10^{-4}}{0,05} = 3,16 \cdot 10^{-3}\ \text{L}$$

$$\Longrightarrow V_{b,eq} = 3,16\ \text{mL}$$

Chimie (7 points) : Partie 2 : Étamage d'une casserole

1.1. Indication sur le schéma :
Le courant électrique I sort par la borne positive du générateur et entre par la borne négative. Dans les conducteurs métalliques (fils), les porteurs de charge sont les électrons (e^-) qui circulent en sens inverse du courant (de la borne $-$ vers la borne $+$). Dans la solution (l'électrolyte), les porteurs de charge sont les ions : les cations Sn^{2+} se dirigent vers l'électrode A (reliée à la borne $-$) et les anions SO_4^{2-} se dirigent vers l'électrode B (reliée à la borne $+$).

1.2. Spontanéité de la transformation :
Non, l'électrolyse n'est pas une transformation spontanée, c'est une **transformation forcée**.
Justification : Elle nécessite un apport d'énergie provenant de l'extérieur (fournie par le générateur de tension) pour se produire, inversant ainsi le sens d'évolution spontanée du système.

2.1. Réaction à l'électrode A :
L'électrode A est reliée à la borne négative du générateur, elle agit comme un donneur d'électrons. Les cations Sn^{2+} de la solution viennent y capter des électrons pour former de l'étain métallique. Il s'agit donc d'une **réduction** (gain d'électrons). L'électrode où se produit la réduction est appelée la **cathode** (électrode A). Par déduction, l'électrode B est l'**anode** (siège de l'oxydation).

2.2. Équation à l'électrode A :

$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn_{(s)}$$

Oui, le récipient à recouvrir doit constituer cette électrode (la cathode), car c'est à sa surface que se forme l'étain solide (le dépôt) qui permet de réaliser l'étamage.

2.3. Équation à l'électrode B et réaction globale :
À l'électrode B (anode en étain pur), l'oxydation de l'étain a lieu :

$$Sn_{(s)} \rightleftharpoons Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

Équation de la réaction globale de cette électrolyse (anode soluble) :

$$Sn^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s,\ anode)} \longrightarrow Sn_{(s,\ cathode)} + Sn^{2+}_{(aq)}$$

Évolution de la concentration : La concentration en ions étain Sn^{2+} dans la solution **reste constante** au cours de la réaction, car pour chaque ion Sn^{2+} réduit à la cathode, un ion Sn^{2+} est libéré par l'oxydation de l'anode.

3.1. **Expression de la quantité d'électricité Q :**

$$Q = I \cdot \Delta t$$

3.2. **Expression de la durée Δt :**
La quantité d'électrons échangée s'écrit : $n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$. D'après la demi-équation de réduction ($Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$), la formation d'une mole de Sn nécessite deux moles d'électrons : $n(Sn) = \frac{n(e^-)}{2}$. Or, la masse déposée est $m_{Sn} = n(Sn) \cdot M(Sn)$, ce qui donne :

$$m_{Sn} = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(Sn)}{2 \cdot F}$$

On en déduit l'expression de Δt :

$$\Delta t = \frac{2 \cdot m_{Sn} \cdot F}{I \cdot M(Sn)}$$

---

4. **Calcul du volume d'étain nécessaire :**

Calculons d'abord la surface totale à étamer. La casserole est un cylindre ouvert, le dépôt se fait sur les faces interne et externe. Surface d'une face (base + paroi latérale) $= \frac{\pi \cdot D^2}{4} + \pi \cdot D \cdot H$. La surface totale S est le double (intérieur + extérieur) :

$$S = 2 \times \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} + \pi \cdot D \cdot H \right) = \frac{\pi \cdot D^2}{2} + 2\pi \cdot D \cdot H$$

Application numérique avec $D = 15$ cm et $H = 7,0$ cm :

$$S = \frac{\pi \cdot 15^2}{2} + 2\pi \cdot 15 \cdot 7 = 112,5\pi + 210\pi = 322,5\pi \text{ cm}^2 \approx 1013,16 \text{ cm}^2$$

Le volume du dépôt est $V = S \cdot e$:

$$V = 1013,16 \times 20 \cdot 10^{-4} \approx 2,026 \text{ cm}^3$$

$$\Longrightarrow \quad V \approx 2,03 \text{ cm}^3$$

5. **Calcul de la masse d'étain :**
En utilisant la masse volumique $\rho = 7,30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$:

$$m_{Sn} = \rho \cdot V = 7,30 \times 2,0263 \approx 14,79 \text{ g}$$

$$\Longrightarrow \quad m_{Sn} \approx 14,8 \text{ g}$$

6. Calcul de la durée minimale de l'électrolyse :
En utilisant la formule établie en 3.2 :

$$\Delta t = \frac{2 \cdot m_{Sn} \cdot F}{I \cdot M(Sn)} = \frac{2 \times 14,79 \times 9,65 \cdot 10^4}{0,25 \times 119}$$

$$\Delta t \approx \frac{2854470}{29,75} \approx 95948,6 \text{ s}$$

En heures, cela correspond à $\frac{95948,6}{3600} \approx 26,65$ heures.

$$\Longrightarrow \quad \Delta t \approx 26,6 \text{ h}$$

Physique 1 : Ondes sonores

1.1. Calcul de la fréquence des ondes sonores :
D'après l'énoncé, la période T s'étale sur 5 divisions horizontales. La sensibilité horizontale est de $S_h = 20$ μs/div. On calcule d'abord la période temporelle T :

$$T = 5 \text{ div} \times 20 \cdot 10^{-6} \text{ s/div} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 10^{-4} \text{ s}$$

La fréquence f est l'inverse de la période :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-4}} = 10^4 \text{ Hz}$$

$$\Longrightarrow \quad f = 10 \text{ kHz}$$

1.2. Identification des courbes :
Lors de sa propagation, l'onde sonore subit un amortissement (atténuation de son amplitude) et une dilution de son énergie. Le microphone M_2 étant situé plus loin de la source E que le microphone M_1, le signal qu'il reçoit aura une amplitude plus faible. Sur la figure 2, la courbe (b) présente une amplitude inférieure à la courbe (a).

$$\Longrightarrow \quad \text{La courbe (b) représente le signal reçu par } M_2$$

1.3. Valeurs possibles de λ :
Sur la figure 2, les deux signaux sont **en phase**. La distance séparant les deux microphones vérifie donc la relation :

$$d_1 = M_1M_2 = k \cdot \lambda \quad \text{avec } k \in \mathbb{N}^*$$

On en déduit l'expression de λ : $\lambda = \frac{d_1}{k} = \frac{22,5}{k}$ (en cm). Sachant que $\lambda > 3$ cm, on pose l'inégalité :

$$\frac{22,5}{k} > 3 \implies k < \frac{22,5}{3} \implies k < 7,5$$

Les valeurs entières possibles pour k sont $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$. En remplaçant k par ces valeurs, les valeurs possibles de λ (en cm) sont :

$$\lambda \in \{22,5; 11,25; 7,5; 5,625; 4,5; 3,75; 3,21\}$$

---

2. **Valeurs possibles de λ dans le nouveau cas :**
Sur la figure 3 ($d_2 = 15,75$ cm), les signaux sont en **opposition de phase**. La condition s'écrit :

$$d_2 = (2k' + 1)\frac{\lambda}{2} = (k' + 0,5)\lambda \quad \text{avec } k' \in \mathbb{N}$$

$$\Longrightarrow \lambda = \frac{d_2}{k' + 0,5} = \frac{15,75}{k' + 0,5}$$

Pour trouver les valeurs de λ qui satisfont cette condition, on vérifie parmi les valeurs trouvées à la question 1.3 laquelle donne pour le rapport $\frac{15,75}{\lambda}$ un résultat de la forme $k' + 0,5$ (un nombre finissant par ,5).

2.1. **Détermination de la valeur exacte de λ :**
Testons les valeurs de la question 1.3 :

- Si $\lambda = 5,625$ cm $\Longrightarrow \frac{15,75}{5,625} = 2,8$ (Ne convient pas)
- Si $\lambda = 4,5$ cm $\Longrightarrow \frac{15,75}{4,5} = 3,5$ (Convient, car $3,5 = 3 + 0,5$ avec $k' = 3$)
- Si $\lambda = 3,75$ cm $\Longrightarrow \frac{15,75}{3,75} = 4,2$ (Ne convient pas)

La seule valeur compatible avec les deux figures est donc :

$$\Longrightarrow \boxed{\lambda = 4,5 \text{ cm}}$$

2.2. **Vitesse de propagation des ondes sonores :**
On utilise la relation liant la célérité, la longueur d'onde et la fréquence :

$$v = \lambda \cdot f$$

$$v = (4,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}) \times (10^4 \text{ Hz}) = 450 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\Longrightarrow \boxed{v = 450 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

3.1. **Trouver la valeur de la distance d' :**
Pour la figure 4, l'énoncé indique $\lambda < d' < 2\lambda$. L'oscillogramme type pour cette position (lorsque les courbes s'entrecroisent au passage par zéro et à l'extremum) correspond à un déphasage en **quadrature de phase** (retard temporel de $\frac{T}{4}$ ou décalage spatial de $\frac{\lambda}{4}$). La relation générale pour la quadrature de phase est :

$$d' = k''\lambda + \frac{\lambda}{4} \quad \text{ou} \quad d' = k''\lambda + \frac{3\lambda}{4}$$

Puisque l'on sait que $\lambda < d' < 2\lambda$, l'entier k'' doit être égal à 1. On a donc deux possibilités standards pour la quadrature dans cet intervalle :

$$d' = \lambda + \frac{\lambda}{4} = 1,25\lambda \quad \text{ou} \quad d' = \lambda + \frac{3\lambda}{4} = 1,75\lambda$$

En supposant le premier cas de quadrature (retard de $T/4$) qui est le plus fréquent dans cette configuration :

$$d' = 1,25 \times 4,5 \text{ cm} = 5,625 \text{ cm}$$

$$\Longrightarrow \quad \boxed{d' = 5,625 \text{ cm}}$$

Physique 2 : Nucléaire

I/

1.1. Définition de l'énergie de liaison :
L'énergie de liaison E_l d'un noyau est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau au repos pour le dissocier en ses nucléons isolés et immobiles.

1.2. Défaut de masse et stabilité :
On sait que l'énergie de liaison est donnée par la relation $E_l = \Delta m \cdot c^2$, ce qui donne $\Delta m = \frac{E_l}{c^2}$. Pour le noyau $^{24}_{11}\text{Na}$ avec $E_l = 188,44$ MeV et 1 u $= 931,5$ MeV $\cdot$ c^{-2} :

$$\Delta m = \frac{188,44}{931,5} \approx \boxed{0,2023 \text{ u}}$$

Stabilité : Pour comparer la stabilité, on calcule l'énergie de liaison par nucléon $\xi = \frac{E_l}{A}$:

- $\xi(^{23}_{11}\text{Na}) = \frac{181,04}{23} \approx 7,87$ MeV/nucléon
- $\xi(^{24}_{11}\text{Na}) = \frac{188,44}{24} \approx 7,85$ MeV/nucléon

Puisque $\xi(^{23}_{11}\text{Na}) > \xi(^{24}_{11}\text{Na})$, le noyau $^{23}_{11}\text{Na}$ est le plus stable.

2.1 a/ Équation de désintégration :
D'après les lois de conservation de Soddy (nombre de masse et nombre de charge) :

$$^{24}_{11}\text{Na} \longrightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^{A}_{Z}\text{X}$$

Conservation de A : $24 = 24 + A \implies A = 0$
Conservation de Z : $11 = 12 + Z \implies Z = -1$
La particule X est donc un électron e^-. L'équation s'écrit :

$$\boxed{^{24}_{11}\text{Na} \longrightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^{0}_{-1}\text{e}}$$

b/ Masse du noyau fils $^{24}_{12}$Mg :

L'énergie libérée W (équivalente à $|\Delta E|$) est : $W = [m(^{24}_{11}\text{Na}) - (m(^{24}_{12}\text{Mg}) + m(e^-))] \cdot c^2$. On a $W = 5,51$ MeV. En convertissant en unité de masse atomique (u) :

$$\Delta m_{\text{libérée}} = \frac{5,51}{931,5} \approx 0,005915 \text{ u}$$

On en déduit la masse du noyau de magnésium :

$$m(^{24}_{12}\text{Mg}) = m(^{24}_{11}\text{Na}) - m(e^-) - \Delta m_{\text{libérée}}$$

$$m(^{24}_{12}\text{Mg}) = 23,8725 - 5,5 \cdot 10^{-4} - 0,005915 = 23,8725 - 0,00055 - 0,005915$$

$$\Longrightarrow \quad m(^{24}_{12}\text{Mg}) \approx 23,866 \text{ u}$$

2.2 **a/ Origine du rayonnement :**
Le noyau de magnésium issu de la désintégration est dans un état excité (noté $^{24}_{12}\text{Mg}^*$). Il libère son excédent d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique (un photon γ) pour revenir à son état fondamental.

b/ Fréquence ν de la radiation émise :
L'énergie de la radiation γ correspond à l'énergie totale libérée W diminuée de l'énergie cinétique de l'électron E_{cX} :

$$E_\gamma = W - E_{cX} = 5,51 - 1,39 = 4,12 \text{ MeV}$$

Conversion en Joules : $E_\gamma = 4,12 \times 1,6 \cdot 10^{-13} = 6,592 \cdot 10^{-13}$ J. Puisque $E_\gamma = h \cdot \nu$, on a :

$$\nu = \frac{E_\gamma}{h} = \frac{6,592 \cdot 10^{-13}}{6,62 \cdot 10^{-34}} \approx 9,96 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$$

$$\Longrightarrow \quad \nu \approx 9,96 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$$

3.1. **Loi de décroissance radioactive :**
La vitesse de désintégration est proportionnelle au nombre de noyaux présents : $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$. L'intégration de cette équation différentielle avec la condition initiale $N(0) = N_0$ donne :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

3.2. **Définition et valeur de la période T :**
La période radioactive T (ou demi-vie $t_{1/2}$) est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon se désintègrent. $N(T) = \frac{N_0}{2}$. D'après la figure 3, on a $N_0 = 4 \cdot 10^{20}$. Pour $N = 2 \cdot 10^{20}$, l'abscisse correspondante est $t = 15$.

$$\Longrightarrow \quad T = 15 \text{ heures}$$

3.3. **Valeur de la constante radioactive λ :**

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T} = \frac{\ln(2)}{15 \times 3600} \approx \frac{0,693}{54000} \approx 1,28 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

$$\Longrightarrow \quad \lambda \approx 1,28 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

4.1. **Activité à $t_1 = 10$ h :**
L'activité A est le nombre de désintégrations par unité de temps ($A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$). À l'instant t_1, le nombre de noyaux restants est :

$$N(t_1) = N_0 \cdot e^{-\lambda t_1} = 4 \cdot 10^{20} \cdot e^{-\left(\frac{\ln(2)}{15} \times 10\right)} = 4 \cdot 10^{20} \cdot e^{-\frac{2}{3}\ln(2)} \approx 2,52 \cdot 10^{20} \text{ noyaux}$$

L'activité en Becquerels (nécessite λ en s^{-1}) est :

$$A(t_1) = \lambda \cdot N(t_1) = 1,28 \cdot 10^{-5} \times 2,52 \cdot 10^{20} \approx 3,23 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$$

$$\Longrightarrow \quad A(t_1) \approx 3,23 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$$

4.2. **Nombre de noyaux de magnésium formés :**
Le nombre de noyaux de magnésium formés correspond au nombre de noyaux de sodium désintégrés :

$$N_{\text{formés}} = N_0 - N(t_1) = 4 \cdot 10^{20} - 2,52 \cdot 10^{20} = 1,48 \cdot 10^{20} \text{ noyaux}$$

$$\Longrightarrow \quad N_{\text{Mg}} \approx 1,48 \cdot 10^{20}$$

II/

1. **Détermination de y :**
L'équation de fission est : ${}^{1}_{0}\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{139}_{57}\text{La} + {}^{95}_{42}\text{Mo} + 2{}^{1}_{0}\text{n} + y{}^{0}_{-1}\text{e}$
En appliquant la loi de conservation de la charge (Loi de Soddy) :

$$0 + 92 = 57 + 42 + 2(0) + y(-1)$$

$$92 = 99 - y \implies y = 99 - 92 = 7$$

$$\Longrightarrow \quad y = 7$$

2. **Énergie libérée par la fission (en joules) :**
On calcule d'abord la variation de masse Δm :

$$\Delta m = [m(^{139}\text{La}) + m(^{95}\text{Mo}) + 2m(\text{n}) + 7m(e^-)] - [m(^{235}\text{U}) + m(\text{n})]$$

$$\Delta m = [138,906 + 94,495 + 1,00867 + 7(5,5 \cdot 10^{-4})] - 235,12 = 234,41352 - 235,12 = -0,70648 \text{ u}$$

L'énergie libérée (en valeur absolue) s'exprime en MeV par :

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta m| \times 931,5 = 0,70648 \times 931,5 \approx 658,1 \text{ MeV}$$

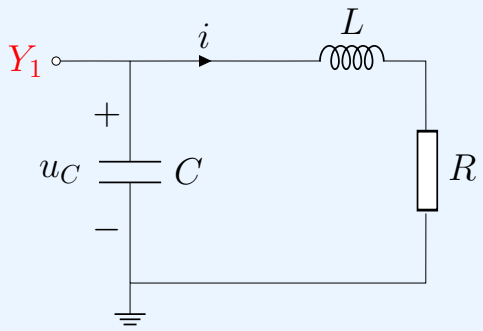
Pour l'avoir en Joules, on convertit :

$$E_{\text{libérée}} = 658,1 \times 1,6 \cdot 10^{-13} \approx 1,05 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

$$\Longrightarrow \quad E_{\text{libérée}} \approx 1,05 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

Physique 3 : Partie 1 (Étude d'un dipôle RL)

1. Branchement de l'oscilloscope :



2. Tension à $t = 0$ et valeur de E :

D'après la loi d'additivité des tensions, on a : $E = u_{R_0}(t) + u_L(t)$. Or, la tension aux bornes du conducteur ohmique est $u_{R_0}(t) = R_0 \cdot i(t)$. La bobine s'oppose aux variations brusques de l'intensité du courant. Avant la fermeture de l'interrupteur ($t = 0^-$), $i = 0$. Donc, à $t = 0^+$, l'intensité est toujours nulle : $i(0) = 0$. Par conséquent, $u_{R_0}(0) = 0$. En remplaçant dans la loi des mailles :

$$E = 0 + u_L(0) \implies u_L(0) = E$$

Graphiquement : Sur la figure 5, à l'instant $t = 0$, les deux courbes partent de la même valeur sur l'axe des ordonnées : 12 V.

$$\implies \boxed{E = 12 \text{ V}}$$

3.1. Rapport des constantes de temps :

Les deux courbes obéissent à une loi de la forme $u_L(t) = Ae^{-t/\tau} + B$. Pour une même valeur de tension $u_L(t)$ (par exemple en choisissant un point d'ordonnée quelconque entre 12 V et 3 V), les temps t_1 (pour C_1) et t_2 (pour C_2) vérifient $\frac{t_1}{\tau_1} = \frac{t_2}{\tau_2}$. En observant le graphe (repères sur l'axe des abscisses), on remarque que pour atteindre une même valeur de tension, la courbe (C_2) met deux fois plus de temps que la courbe (C_1) (soit $t_2 = 2 \cdot t_1$).

$$\implies \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{1}{2} \implies \boxed{\frac{\tau_1}{\tau_2} = 0,5}$$

3.2. Comparaison de L_1 et L_2 :

L'expression de la constante de temps est $\tau = \frac{L}{R_t} = \frac{L}{R_0 + r}$. Puisque la résistance totale $(R_0 + r)$ est identique dans les deux cas, la constante de temps est proportionnelle à l'inductance L. Comme $\tau_1 < \tau_2$ (précisément $\tau_1 = \frac{\tau_2}{2}$), on en déduit que :

$$\boxed{L_1 < L_2}$$

3.3. Valeur de L_2 :

D'après le rapport établi précédemment, on a $\tau_2 = 2\tau_1$, ce qui implique $L_2 = 2L_1$.

$$L_2 = 2 \times 0,11 \text{ H} \implies \boxed{L_2 = 0,22 \text{ H}}$$

4.1. Expression de u_L en régime permanent :
En régime permanent, l'intensité du courant est constante ($i(t) = I_p$). La dérivée de l'intensité par rapport au temps est donc nulle : $\frac{di}{dt} = 0$. La tension aux bornes de la bobine devient : $u_L = L\frac{di}{dt} + rI_p = rI_p$. D'après la loi des mailles en régime permanent : $E = (R_0 + r)I_p \implies I_p = \frac{E}{R_0+r}$. En remplaçant I_p dans l'expression de u_L, on obtient :

$$u_{L,p} = \frac{r \cdot E}{R_0 + r}$$

4.2. Détermination de R_0 :
Graphiquement, lorsque $t \to \infty$, l'asymptote horizontale commune aux deux courbes est $u_{L,p} = 3$ V. À l'aide de l'expression précédente, on a :

$$3 = \frac{8 \times 12}{R_0 + 8} \implies R_0 + 8 = \frac{96}{3} \implies R_0 + 8 = 32$$

$$\implies R_0 = 32 - 8 \implies R_0 = 24\ \Omega$$

5.1. Équation différentielle vérifiée par $u_L(t)$:
On part de la loi des mailles : $E = R_0 i + u_L$. On isole l'intensité : $i = \frac{E - u_L}{R_0}$. En dérivant cette expression par rapport au temps : $\frac{di}{dt} = -\frac{1}{R_0}\frac{du_L}{dt}$. On remplace i et $\frac{di}{dt}$ dans l'expression de la tension de la bobine $u_L = L_1\frac{di}{dt} + ri$:

$$u_L = L_1\left(-\frac{1}{R_0}\frac{du_L}{dt}\right) + r\left(\frac{E - u_L}{R_0}\right)$$

On multiplie toute l'équation par R_0 :

$$R_0 u_L = -L_1\frac{du_L}{dt} + rE - ru_L$$

En regroupant les termes en u_L d'un côté :

$$L_1\frac{du_L}{dt} + (R_0 + r)u_L = rE$$

On divise par $(R_0 + r)$ pour faire apparaître τ_1 :

$$\frac{L_1}{R_0+r}\frac{du_L}{dt} + u_L = \frac{rE}{R_0+r} \quad \text{ou} \quad \tau_1\frac{du_L}{dt} + u_L = u_{L,p}$$

5.2. Valeurs des constantes A et B :
La solution est de la forme $u_L(t) = Ae^{-t/\tau_1} + B$.

— **Pour $t \to \infty$ (régime permanent) :**
$e^{-\infty} = 0$, donc $u_L(\infty) = B$. On a vu précédemment que $u_{L,p} = 3$ V, donc :

$$\Longrightarrow \quad B = 3 \text{ V}$$

— **Pour $t = 0$ (état initial) :**
$e^0 = 1$, donc $u_L(0) = A + B$. On a démontré à la question 2 que $u_L(0) = E = 12$ V, donc :

$$A + 3 = 12 \implies A = 12 - 3$$

$$\Longrightarrow \quad A = 9 \text{ V}$$

Physique 3 : Partie 2 (Oscillations électriques)

I/ Oscillations libres et amorties

1. Valeur de la pseudo-période T et de la f.e.m E :
Graphiquement (figure 7), la pseudo-période correspond à la durée entre deux maxima successifs de la charge $q(t)$:

$$\Longrightarrow \quad T = 3 \text{ ms}$$

À l'instant $t = 0$, le condensateur est totalement chargé par le générateur. La charge maximale est $q(0) = C \cdot E$. D'après la figure 7, $q(0) = 6\ \mu\text{C} = 6 \cdot 10^{-6}$ C.

$$E = \frac{q(0)}{C} = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 12 \text{ V} \implies E = 12 \text{ V}$$

2. Justification du régime :
Libres : car le circuit RLC n'est soumis à aucun générateur extérieur pendant les oscillations.
Amorties : car l'amplitude des oscillations de la charge (figure 7) diminue progressivement au cours du temps à cause de la dissipation d'énergie par effet Joule dans les résistances (R_0 et r).

3. Tableau des énergies :
À $t_1 = 2,25$ ms : Sachant que $T = 3$ ms, $t_1 = \frac{3}{4}T$. À cet instant, la courbe $q(t)$ passe par zéro $\implies$ $q(t_1) = 0$. Donc l'énergie électrique est nulle : $E_{e1} = 0$. L'énergie totale est purement magnétique. D'après la figure 8, le pic correspond à $E_{m1} = 16\ \mu$J. **À $t_2 = 9$ ms** : $t_2 = 3T$, l'oscillateur a effectué 3 périodes complètes. La charge est à un extremum local $\implies$ $i(t_2) = 0$. Donc l'énergie magnétique est nulle : $E_{m2} = 0$. Sur la figure 7, $q(9\text{ms}) = 2\ \mu$C.

$$E_{e2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2}{2 \times 0,5 \cdot 10^{-6}} = 4\ \mu\text{J}$$

Temps	$t_1 = 2,25$ ms	$t_2 = 9$ ms
Énergie E_e	$E_{e1} = 0\ \mu$J	$E_{e2} = 4\ \mu$J
Énergie E_m	$E_{m1} = 16\ \mu$J	$E_{m2} = 0\ \mu$J
Énergie E_t	$\mathbf{E_{t1} = 16}\ \mu$J	$\mathbf{E_{t2} = 4}\ \mu$J

4. Conservation de l'énergie et phénomène physique :
On remarque que $E_{t2} < E_{t1}$ ($4\ \mu$J $< 16\ \mu$J). L'énergie totale du circuit **ne se conserve pas**. Le phénomène physique responsable est l'**effet Joule** : dissipation de l'énergie sous forme de chaleur due aux résistances R_0 et r.

5. Calcul de la résistance interne r de la bobine :
En utilisant la relation donnée : $\frac{E_{t2}}{E_{t1}} = e^{-\frac{R_0+r}{L}(t_2-t_1)}$

$$\ln\left(\frac{E_{t2}}{E_{t1}}\right) = -\frac{R_0+r}{L}(t_2-t_1) \implies R_0 + r = -\frac{L}{(t_2-t_1)}\ln\left(\frac{E_{t2}}{E_{t1}}\right)$$

$$R_0 + r = -\frac{0,5}{(9-2,25)\cdot 10^{-3}}\ln\left(\frac{4}{16}\right) = -\frac{0,5}{0,00675}\cdot\ln(0,25) \approx 102,7\ \Omega$$

Puisque $R_0 = 100\ \Omega$, on en déduit :

$$\implies \boxed{r \approx 2,7\ \Omega}$$

II/ Oscillations non amorties (Circuit LC idéal)

1. Équation différentielle de la charge q(t) :
D'après la loi d'additivité des tensions : $u_C + u_L = 0$

$$\frac{q}{C} + L_1\frac{di}{dt} = 0$$

Or $i = \frac{dq}{dt}$, donc $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$. L'équation devient :

$$\boxed{\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{L_1\cdot C}q = 0}$$

2.1. Expression de la période propre T_0 :
Si $q(t) = Q_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$, alors $\frac{d^2q}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 q$. En remplaçant dans l'équation différentielle : $-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 q + \frac{1}{L_1\cdot C}q = 0 \implies \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{1}{L_1\cdot C}$

$$\implies \boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{L_1\cdot C}}$$

2.2. **Inductance pour $\mathbf{T_0 = 4}$ ms :**
$T_0^2 = 4\pi^2 L_1 C \implies L_1 = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$ (en prenant $\pi^2 \approx 10$) :

$$L_1 = \frac{(4 \cdot 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 0,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{16 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} = 0,8 \text{ H} \implies \boxed{L_1 = 0,8 \text{ H}}$$

2.3. **Signification de $\mathbf{Q_m}$ et φ :**
Q_m : L'amplitude des oscillations (charge maximale du condensateur).
φ : La phase à l'origine (détermine l'état du système à $t = 0$).

3. **Expression de $\mathbf{I_m}$:**
L'intensité est la dérivée de la charge : $i(t) = \frac{dq}{dt} = -Q_m \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. La valeur maximale de l'intensité correspond à l'amplitude de cette fonction :

$$\implies \boxed{I_m = Q_m \frac{2\pi}{T_0}}$$

4.1. **Expressions des énergies $\mathbf{E_e}$ et $\mathbf{E_m}$:**

$$E_e(t) = \frac{q^2}{2C} = \boxed{\frac{Q_m^2}{2C} \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)}$$

$$E_m(t) = \frac{1}{2}L_1 i^2 = \frac{1}{2}L_1 \left(Q_m \frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = \boxed{\frac{Q_m^2}{2C} \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)}$$

4.2 **a/ Attribution des courbes :**
À l'instant $t = 0$, le condensateur est entièrement chargé (le circuit était ouvert puis fermé), le courant est nul. L'énergie électrique est donc maximale et l'énergie magnétique est nulle.

$$\implies \boxed{(C_1) \text{ représente } E_e \quad \text{et} \quad (C_2) \text{ représente } E_m}$$

b/ Période des énergies et valeur de L_1 :
D'après les relations trigonométriques ($\cos^2 x = \frac{1+\cos(2x)}{2}$), la pulsation des énergies est le double de la pulsation propre, donc la période des énergies est : $\boxed{T_E = \frac{T_0}{2}}$. Sur la figure 9, 2 périodes des énergies s'étalent sur 4 divisions ($\times 10^{-4}$ s). $2 \times T_E = 4 \cdot 10^{-4}$ s $\implies T_E = 2 \cdot 10^{-4}$ s $= 0,2$ ms. La période propre de ce circuit est donc $T_0 = 2 \times T_E = 0,4$ ms. Calcul de L_1 : $L_1 = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C} = \frac{(4 \cdot 10^{-4})^2}{40 \times 0,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{16 \cdot 10^{-8}}{20 \cdot 10^{-6}} = 0,008$ H.

$$\implies \boxed{L_1 = 8 \text{ mH}}$$

c/ Calcul de E', Q_m, et I_m :
L'énergie maximale lue sur la figure 9 est à la 4ème division verticale (où la 2ème

est 2,5) $\Longrightarrow$ $E_{max} = 5\ \mu\text{J} = 5 \cdot 10^{-6}$ J. $E_{max} = \frac{1}{2}C(E')^2 \Longrightarrow E' = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{max}}{C}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6}}{0{,}5 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{20} \approx 4{,}47$ V. $Q_m = C \cdot E' = 0{,}5 \cdot 10^{-6} \times \sqrt{20} \approx 2{,}24\ \mu$C. $I_m = Q_m \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{5} \cdot 10^{-6} \times \frac{2\pi}{4 \cdot 10^{-4}} = \sqrt{5} \cdot 10^{-6} \times 5000\pi \approx 35{,}3$ mA.

$$\Longrightarrow \quad E' \approx 4{,}47 \text{ V}, \quad Q_m \approx 2{,}24\ \mu\text{C}, \quad I_m \approx 35{,}3 \text{ mA}$$

d/ Expressions numériques de q(t) et i(t) :
Sachant que $\varphi = 0$ (car charge max à $t = 0$) et $\frac{2\pi}{T_0} = 5000\pi$:

$$q(t) = 2{,}24 \cdot 10^{-6} \cos(5000\pi \cdot t) \quad \text{(en C)}$$

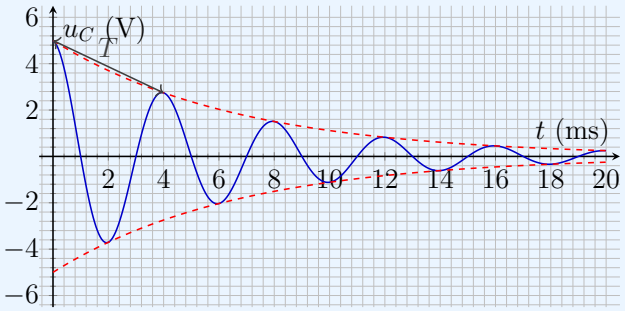
$$i(t) = -35{,}3 \cdot 10^{-3} \sin(5000\pi \cdot t) \quad \text{(en A)}$$

e/ Démonstration et allure de la courbe :
On a $q(t) = Q_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t)$ et $i(t) = -I_m \sin(\frac{2\pi}{T_0}t) = -Q_m \frac{2\pi}{T_0} \sin(\frac{2\pi}{T_0}t)$. En isolant cos et sin et en élevant au carré :

$$\left(\frac{q}{Q_m}\right)^2 = \cos^2 \quad \text{et} \quad \left(\frac{i}{Q_m \frac{2\pi}{T_0}}\right)^2 = \sin^2$$

La somme donne $\cos^2 + \sin^2 = 1 \Longrightarrow \frac{q^2}{Q_m^2} + \frac{i^2 \cdot T_0^2}{4\pi^2 Q_m^2} = 1$. En multipliant par Q_m^2, on obtient bien : $q^2 + \frac{T_0^2}{4\pi^2} i^2 = Q_m^2$.

Allure de la courbe $q^2 = f(i^2)$: L'équation s'écrit $q^2 = -\frac{T_0^2}{4\pi^2} \cdot i^2 + Q_m^2$. C'est l'équation d'une **droite affine décroissante** (coefficient directeur négatif), coupant l'axe des ordonnées en Q_m^2 et l'axe des abscisses en I_m^2.



Physique 4 : Mécanique (Partie I - Mouvement du skieur)

A- Mouvement du skieur entre A et B

1. Inventaire des forces extérieures :
Le système étudié est le {Skieur (S)}. Il est soumis à 4 forces sur le trajet AB :

- $\vec{P}$: Le poids du skieur (vertical, vers le bas).
- $\vec{R}_N$: La réaction normale du plan d'eau (verticale, vers le haut).
- $\vec{f}$: La force de frottement (horizontale, sens opposé au mouvement).
- $\vec{F}$: La force de traction de la corde (horizontale, sens du mouvement).

2. Expression de l'accélération a_x :

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on applique la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G \implies \vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$$

On projette cette relation vectorielle sur l'axe horizontal $(G_A, \vec{i})$ orienté dans le sens du mouvement :

$$P_x + R_{Nx} + f_x + F_x = m \cdot a_x$$

$$0 + 0 - f + F = m \cdot a_x$$

$$\implies \boxed{a_x = \frac{F-f}{m}}$$

3. Expression de la vitesse V en fonction du temps :
Par définition, l'accélération est la dérivée de la vitesse : $a_x = \frac{dv}{dt}$. En intégrant par rapport au temps, on obtient : $v(t) = a_x \cdot t + v_0$. Sachant que le skieur démarre au point A à $t_0 = 0$ sans vitesse initiale ($v_0 = 0$) :

$$\boxed{v(t) = \left(\frac{F-f}{m}\right) \cdot t}$$

4. Intensité de la force F :
On sait qu'à l'instant $t_B = 60$ s, la vitesse est $v_B = 6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. En utilisant l'expression précédente :

$$v_B = \left(\frac{F-f}{m}\right) \cdot t_B \implies \frac{F-f}{m} = \frac{v_B}{t_B} \implies F - f = m \cdot \frac{v_B}{t_B}$$

$$F = f + m \cdot \frac{v_B}{t_B}$$

Application numérique :

$$F = 100 + 80 \times \frac{6}{60} = 100 + 80 \times 0,1 = 100 + 8 = 108\ \text{N}$$

$$\implies \boxed{F = 108\ \text{N}}$$

5. Équation horaire $x(t)$ et distance AB :
L'accélération est constante : $a_x = \frac{F-f}{m} = \frac{108-100}{80} = \frac{8}{80} = 0,1\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. L'équation horaire de la position pour un mouvement rectiligne uniformément varié est :

$$x(t) = \frac{1}{2} a_x \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0$$

À $t = 0$, $x_0 = 0$ (origine en A) et $v_0 = 0$.

$$x(t) = \frac{1}{2} \times 0,1 \cdot t^2 \implies \boxed{x(t) = 0,05 \cdot t^2}$$

La distance AB correspond à la position à l'instant $t_B = 60$ s :

$$AB = x(60) = 0,05 \times (60)^2 = 0,05 \times 3600 = 180 \text{ m}$$

$$\Longrightarrow \quad AB = 180 \text{ m}$$

B- Mouvement du skieur sur le tremplin BC

1. Équation différentielle vérifiée par l'abscisse x :
Sur le plan incliné, les frottements sont négligeables. Le système est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la réaction normale $\vec{R}$ du plan. Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}_G$ On projette sur le nouvel axe $(G_B, \vec{i'})$ parallèle au tremplin et orienté vers le haut :

$$P_{x'} + R_{x'} = m \cdot a_{x'}$$

Le poids forme un angle α avec la normale au plan, sa composante sur $\vec{i'}$ est négative : $P_{x'} = -mg\sin(\alpha)$. La réaction est perpendiculaire au mouvement : $R_{x'} = 0$.

$$-mg\sin(\alpha) = m \cdot a_{x'} \implies a_{x'} = -g\sin(\alpha)$$

Or $a_{x'} = \frac{d^2x}{dt^2}$, d'où l'équation différentielle :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g \cdot \sin(\alpha)$$

2. Vitesse au point C (V_C ou V_D) :
On intègre l'accélération pour obtenir la vitesse sur l'axe $(G_B, \vec{i'})$. On prend une nouvelle origine des dates $t = 0$ au passage en B.

$$v(t) = -g\sin(\alpha) \cdot t + v_B$$

Données : $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $\alpha = 30°$ $(\sin(30°) = 0,5)$, et $v_B = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$v(t) = -10 \times 0,5 \cdot t + 6 = -5t + 6$$

Le skieur arrive au point C à l'instant $t_C = 0,8$ s. On calcule sa vitesse :

$$v(0,8) = -5 \times 0,8 + 6 = -4 + 6 = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\Longrightarrow \quad V_C = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(La vitesse au point C correspond à la valeur demandée de 2 m/s).

Physique 4 : Partie 2 (Mouvement plan ń jeu de plongeon ż)

1.1. Équations horaires et équation cartésienne :

Le système {Solide} est soumis uniquement à son poids $\vec{P}$ (chute libre car frottements négligés). En appliquant la deuxième loi de Newton dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$:

$$\vec{P} = m\vec{a} \implies m\vec{g} = m\vec{a} \implies \vec{a} = \vec{g}$$

En projetant sur les axes :

$$a_x = 0 \quad \text{et} \quad a_z = -g$$

Par intégration, on obtient les composantes du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ sachant que $v_{0x} = V_0 \cos(\beta)$ et $v_{0z} = V_0 \sin(\beta)$:

$$v_x(t) = V_0 \cos(\beta) \quad \text{et} \quad v_z(t) = -g \cdot t + V_0 \sin(\beta)$$

Par une nouvelle intégration, on trouve les équations horaires de position, avec $x_0 = 0$ et $z_0 = h_1$:

$$x(t) = (V_0 \cos\beta) \cdot t$$

$$z(t) = -\tfrac{1}{2} g \cdot t^2 + (V_0 \sin\beta) \cdot t + h_1$$

Équation de la trajectoire : On tire t de $x(t)$: $t = \frac{x}{V_0 \cos\beta}$. On remplace dans $z(t)$:

$$z(x) = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{V_0 \cos\beta} \right)^2 + V_0 \sin\beta \left(\frac{x}{V_0 \cos\beta} \right) + h_1$$

$$\implies z(x) = \frac{-g}{2V_0^2 \cos^2\beta} x^2 + x \cdot \tan\beta + h_1$$

1.2. Le solide passe-t-il au dessus de la corde ?

La corde est située à une distance $x = l = 1,6$ m. Calculons l'ordonnée z du solide pour cette abscisse. Données : $V_0 = 8$ m/s, $\beta = 45°$, $h_1 = 1,5$ m, $g = 10$ m/s^2.

$$z(1,6) = \frac{-10}{2 \times 8^2 \times (\cos 45°)^2} (1,6)^2 + 1,6 \cdot \tan(45°) + 1,5$$

Sachant que $\cos(45°) = \frac{\sqrt{2}}{2}$ donc $\cos^2(45°) = 0,5$ et $\tan(45°) = 1$:

$$z(1,6) = \frac{-10}{2 \times 64 \times 0,5} \times 2,56 + 1,6 \times 1 + 1,5 = \frac{-10}{64} \times 2,56 + 3,1$$

$$z(1,6) = -0,4 + 3,1 = 2,7 \text{ m}$$

La corde est à une hauteur $h_2 = 2$ m. Puisque $z(1,6) = 2,7$ m > 2 m,

$$\implies \text{Oui, le solide passe au-dessus de la corde.}$$

1.3. Distance à la ligne d'arrivée :
Le solide touche l'eau lorsque $z(x_p) = 0$.

$$-0,15625 \cdot x_p^2 + x_p + 1,5 = 0$$

Le discriminant est $\Delta = 1^2 - 4 \times (-0,15625) \times 1,5 = 1 + 0,9375 = 1,9375$. La solution positive est $x_p = \frac{-1-\sqrt{1,9375}}{-0,3125} \approx \frac{-1-1,392}{-0,3125} \approx 7,65$ m. La ligne d'arrivée est à $D = 20$ m. La distance séparant le solide de la ligne d'arrivée est :

$$d = D - x_p = 20 - 7,65 = 12,35 \text{ m}$$

$$\Longrightarrow \quad d \approx 12,35 \text{ m}$$

1.4. Norme de la vitesse et angle d'impact :
On utilise la conservation de l'énergie mécanique entre le point de départ G et le point d'impact sur l'eau P :

$$E_m(G) = E_m(P) \implies \frac{1}{2}mV_0^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mV^2 + 0$$

$$V = \sqrt{V_0^2 + 2gh_1} = \sqrt{8^2 + 2 \times 10 \times 1,5} = \sqrt{64 + 30} = \sqrt{94} \approx 9,70 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \quad V \approx 9,70 \text{ m/s}$$

La composante horizontale de la vitesse reste constante : $v_x = V_0 \cos(45°) = 8 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2} \approx 5,66$ m/s. L'angle θ avec la verticale descendante vérifie $\sin(\theta) = \frac{v_x}{V}$:

$$\sin(\theta) = \frac{\sqrt{32}}{\sqrt{94}} \approx 0,583 \implies \theta = \arcsin(0,583) \approx 35,7°$$

$$\Longrightarrow \quad \theta \approx 35,7°$$

2. Nouvelle vitesse initiale V_0' :
Pour que le solide touche l'eau à 8 m de la ligne d'arrivée, son abscisse d'impact doit être :

$$x' = D - 8 = 20 - 8 = 12 \text{ m}$$

On remplace $x = 12$ et $z = 0$ dans l'équation de la trajectoire (en gardant $\beta = 45°$) :

$$0 = \frac{-10}{2 \cdot (V_0')^2 \cdot 0,5}(12)^2 + 12 \cdot 1 + 1,5 \implies 0 = \frac{-1440}{(V_0')^2} + 13,5$$

$$\frac{1440}{(V_0')^2} = 13,5 \implies (V_0')^2 = \frac{1440}{13,5} \approx 106,67$$

$$V_0' = \sqrt{106,67} \approx 10,33 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \quad V_0' \approx 10,3 \text{ m/s}$$

Physique 4 : Partie 3 (Étude d'un oscillateur mécanique)

1. Équation différentielle du mouvement :

Le système {Solide (S)} est soumis à trois forces :

- Son poids $\vec{P}$ et la réaction normale du support $\vec{R}$ (qui se compensent car le mouvement est horizontal et sans frottement).
- La force de rappel du ressort : $\vec{F} = -k \cdot x \cdot \vec{i}$.

D'après la deuxième loi de Newton projetée sur l'axe horizontal $(O, \vec{i})$:

$$\sum F_x = m \cdot a_x \implies -k \cdot x = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2}$$

En divisant par m et en réorganisant, on obtient l'équation différentielle :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$$

2.1. Valeur de la période propre T_0 :

La période propre T_0 est la durée d'une seule oscillation :

$$T_0 = \frac{\Delta t}{10} = \frac{8,9}{10} = 0,89 \text{ s} \implies T_0 = 0,89 \text{ s}$$

2.2. Noms et valeurs des grandeurs :

L'équation horaire est $x(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$.

- X_m : C'est l'**amplitude** (ou élongation maximale). D'après l'énoncé, on écarte le solide de 4 cm, donc $X_m = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$.
- φ : C'est la **phase à l'origine**. À $t = 0$, $x(0) = X_m \cos(\varphi) = X_m \implies \cos(\varphi) = 1$. Donc $\varphi = 0 \text{ rad}$.

2.3. Calcul de la valeur de k :

On sait que l'expression de la période propre est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. En élevant au carré : $T_0^2 = \frac{4\pi^2 \cdot m}{k} \implies k = \frac{4\pi^2 \cdot m}{T_0^2}$. En prenant $\pi^2 \approx 10$:

$$k = \frac{40 \times 1}{(0,89)^2} \approx \frac{40}{0,7921} \approx 50,5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\implies k \approx 50,5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

2.4. Sens de la force de rappel à $t = \frac{T_0}{2}$:

À l'instant $t = \frac{T_0}{2}$, la position du solide est :

$$x\left(\frac{T_0}{2}\right) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot \frac{T_0}{2} + 0\right) = X_m \cos(\pi) = -X_m = -4 \text{ cm}$$

Le solide est dans la zone des abscisses négatives (le ressort est comprimé). La force de rappel a pour expression vectorielle $\vec{F} = -k \cdot x \cdot \vec{i}$. Puisque $x < 0$, le produit $(-k \cdot x)$ est positif.

$\Longrightarrow$ La force $\vec{F}$ est orientée dans le sens positif de l'axe $(O, \vec{i})$ (vers la droite).

3.1. Correspondance des courbes d'énergie :

- L'énergie potentielle élastique est $E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2$. C'est une parabole de sommet $(0, 0)$ qui s'ouvre vers le haut. La courbe (1) correspond à E_{pe}.
- L'énergie cinétique est $E_c = E_m - E_{pe}$. Elle est maximale à l'équilibre ($x = 0$) et nulle aux extrémités ($x = \pm X_m$). La courbe (2) correspond à E_c.
- L'énergie mécanique totale se conserve en l'absence de frottements ($E_m =$ constante). La courbe horizontale (3) correspond à E_m.

3.2. Détermination graphique de x_1 et x_2 :
On cherche les abscisses où $E_c = 3 \cdot E_{pe}$. Sachant que $E_m = E_c + E_{pe}$, on a $E_m = 3E_{pe} + E_{pe} = 4E_{pe}$. Donc on cherche les points où $E_{pe} = \frac{E_m}{4}$. Graphiquement, l'énergie maximale E_m (courbe 3) s'étale sur 4 carreaux verticaux. Un quart de cette énergie ($\frac{E_m}{4}$) correspond donc au **1er carreau vertical**. En regardant la courbe (1) de E_{pe}, elle coupe la ligne du 1er carreau vertical pour une abscisse de 2 divisions de part et d'autre de l'origine. Sachant qu'une division vaut $0,01$ m sur l'axe des abscisses :

$$\Longrightarrow \text{ Les abscisses sont } \pm\, 0,02 \text{ m.}$$

Puisque $x_1 > x_2$:

$$x_1 = 0,02 \text{ m} \quad \text{et} \quad x_2 = -0,02 \text{ m}$$

3.3. Valeur du travail de la force de rappel :
Le travail de la force de rappel entre deux positions est égal à l'opposé de la variation de l'énergie potentielle élastique :

$$W_{x_1 \to x_2}(\vec{F}) = -\Delta E_{pe} = E_{pe}(x_1) - E_{pe}(x_2)$$

Or $E_{pe}(x) = \frac{1}{2}kx^2$. On calcule la différence :

$$W_{x_1 \to x_2}(\vec{F}) = \frac{1}{2}k \cdot x_1^2 - \frac{1}{2}k \cdot x_2^2 = \frac{1}{2}k \left[(0,02)^2 - (-0,02)^2\right]$$

Puisque $(0,02)^2 = (-0,02)^2$, la différence est nulle.

$$\Longrightarrow \quad W_{x_1 \to x_2}(\vec{F}) = 0 \text{ J}$$

الصفحة 1 / 10

الامتحان التجريبي رقم 2 دورة 2026
المسالك الدولية
- الموضوع -

LYCEE MOHAMMED VI D'EXCELLENCE

L

NOTE :

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الانجاز	3h
الشعبة	شعبة العلوم الرياضية أ و ب - خيار فرنسية	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifiques non programmable est autorisé.

On donnera les expression littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte quatre exercices :

Exercice 1 (7 points) :

- **Vérification d'une base par sa constante d'acidité**
- **Pile électrochimique**

Exercice 2 (3 points) :

- **Propagation d'une onde lumineuse**

Exercice 3 (5 points) :

- **Charge d'un condensateur à l'aide d'un générateur de tension :**
- **Décharge d'un condensateur dans des conducteurs ohmiques :**
- **Les oscillations électriques dans un circuit RLC forcée**

Exercice 4 (5 points) :

- **Étude d'un système mécanique**
- **Mouvement d'une particule chargée**

Exercice 1: (7 points)

Les deux parties sont indépendantes

Partie 1: Vérification d'une base par sa constante d'acidité

Une bouteille au laboratoire contient une solution aqueuse ($\mathbf{S_0}$) d'une base **B** de concentration molaire inconnue $\mathbf{C_0}$ et de volume $\mathbf{V = 1L}$.

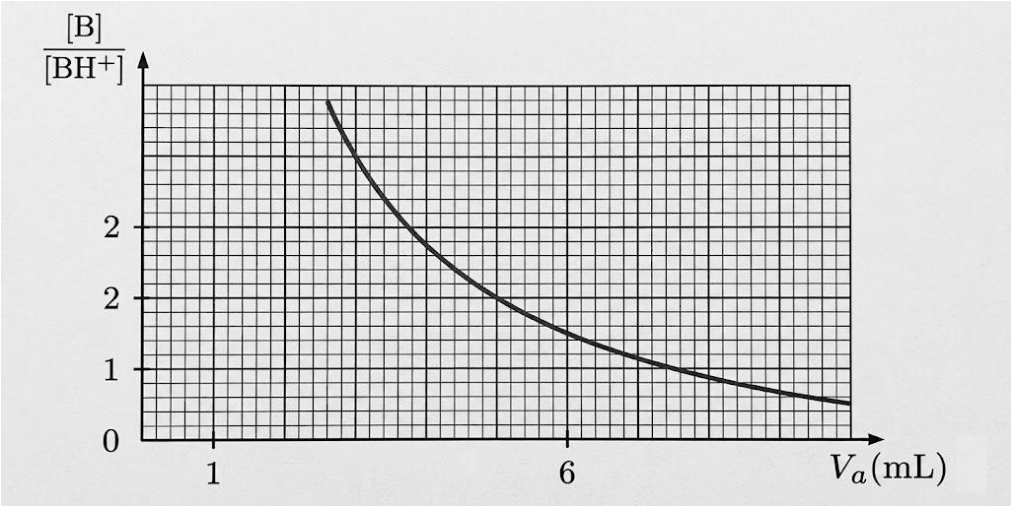
Pour reconnaitre cette base, un technicien de laboratoire prépare une solution aqueuse ($\mathbf{S_b}$), de volume **V**, en diluant 100 fois la solution ($\mathbf{S_0}$).

Données :

- toutes les mesures sont effectuées à 25°C ;
- le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$.

Le technicien réalise un dosage pH-métrique d'un volume $V_b = 20$ mL de la solution ($\mathbf{S_b}$) de concentration $\mathbf{C_b}$, par une solution aqueuse ($\mathbf{S_a}$) d'acide chlorhydrique $\left(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}\right)$ de concentration $\mathbf{C_a = 1,5 \times 10^{-2}}$ mol $\cdot$ L^{-1}.

La courbe de la figure 1 représente les variations du rapport $\frac{[B]}{[BH^+]}$ du mélange en fonction du volume $\mathbf{V_a}$ versé de la solution ($\mathbf{S_a}$) :



1. Écrire l'équation de la réaction de dosage d'une base **B** par une solution de l'acide chlorhydrique. **(0,25 pt)**

2. Montrer que le rapport : $\frac{[B]}{[BH^+]} = \frac{V_{aE}}{V_a} - 1$. Déterminer graphiquement la valeur de V_{aE} le volume ajouté à l'équivalence, justifier la réponse. **(0,5 pt)**

3. Calculer la concentration de la solution ($\mathbf{S_b}$). Et déduire $\mathbf{C_0}$. **(0,5 pt)**

4. Étude de la solution ($\mathbf{S_b}$)

On modélise la transformation ayant lieu entre la base **B** et l'eau, dans la solution ($\mathbf{S_b}$) par l'équation chimique suivante :

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$$

La mesure du pH de la solution aqueuse ($\mathbf{S_b}$) donne : $\mathbf{pH = 10,6}$.

4.1. Calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction, déduire. **(0,5 pt)**

4.2. Montrer que le quotient de la réaction à l'équilibre est : $Q_{r,eq} = \frac{\tau}{1-\tau} \cdot 10^{pH-pK_e}$ puis vérifier que $Q_{r,eq} = 1,48 \cdot 10^{-5}$. **(0,5 pt)**

4.3. Déduire la valeur de pK_A du couple ($\mathbf{BH^+/B}$) et identifier la base étudiée. **(0,5 pt)**

Valeur de pK_A de quelques couples ($\mathbf{BH^+/B}$) :

$\mathbf{BH^+/B}$	$\mathbf{NH_4^+/NH_3}$	$\mathbf{HClO/ClO^-}$	$\mathbf{C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-}$	$\mathbf{HF/F^-}$
$\mathbf{pK_A}$	9,2	7,3	4,2	3,2

5. Calculer la valeur pH_E de la solution à l'équivalence. **(0,5 pt)**

6. Déduire en justifiant votre réponse, parmi les indicateurs colorés suivants, l'indicateur adéquat pour réaliser ce dosage. **(0,25 pt)**

Indicateur coloré	hélianthine	rouge de méthyle	phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 – 4,4	4,2 – 6,2	8,2 – 10

7. Montrer que la concentration de la base **B** dans la solution à l'équivalence est $[\mathbf{B}] = \mathbf{2,00 \cdot 10^{-6}}$ mol $\cdot$ L^{-1}. **(0,5 pt)**

Partie 2: Pile électrochimique

Une pile électrochimique, couramment dénommée « pile », est un dispositif électrochimique qui produit de l'électricité en convertissant de l'énergie chimique en énergie électrique grâce à une réaction d'oxydoréduction.

Parmi les piles, on cite une pile formée par les deux couples $\mathbf{Zn^{2+}/Zn}$ et $\mathbf{Au^{p+}/Au}$ qu'on peut réaliser en immergeant une électrode de platine dans un volume $\mathbf{V = 250}$ mL d'une solution qui contient les ions de l'or (ion aurique) $\mathbf{Au^{p+}}$ de concentration initiale $[\mathbf{Au^{p+}}]_\mathbf{i}$, et une électrode de Zinc supposé en excès dans le même volume **V** d'une solution qui contient les ions de Zinc dont la concentration initiale est $[\mathbf{Zn^{2+}}]_\mathbf{i}$.

On relie les deux compartiments avec un pont ionique qui contient une solution de nitrate de potassium $\left(\mathbf{K^+_{(aq)}} + \mathbf{NO^-_{3(aq)}}\right)$.

On relie les deux lames de platine et de Zinc par un conducteur ohmique de résistance **R**, un ampèremètre et un interrupteur **K**.

A l'instant $\mathbf{t = 0}$ on ferme le circuit, l'ampèremètre affiche la valeur $\mathbf{I = 1,45}$ A.

On donne

- La masse volumique de l'or $\rho(\mathbf{Au}) = \mathbf{19,5}\ \mathrm{g \cdot mL^{-1}}$;
- La masse molaire de l'or $\mathbf{M(Au)} = \mathbf{197}\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$;
- La constante de Faraday $\mathbf{1F} = \mathbf{96500}\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$;
- Le volume d'un cylindre de rayon **r** et de hauteur **h** est $\mathbf{V} = \pi\mathbf{r^2h}$.

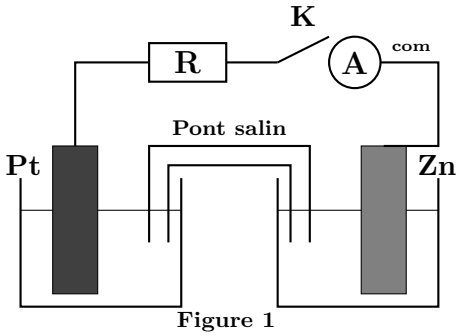


Figure 1

1. Déterminer la borne positive de cette pile **(0,25 pt)**

2. Écrire l'équation modélisant la réaction ayant lieu au voisinage de la cathode. En déduire l'équation globale sachant que **p** est impair. **(0,75 pt)**

3. La courbe de la figure ci-contre représente la variation de la concentration $[\mathbf{Au^{p+}}]$ existant dans la première demi-pile en fonction du temps.

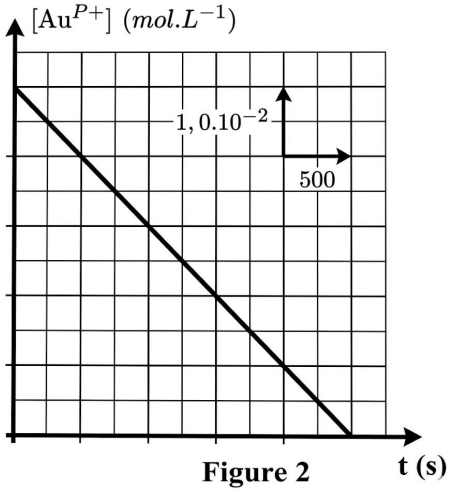


Figure 2

3.1. Montrer que : $[\mathbf{Au^{p+}}] = [\mathbf{Au^{p+}}]_{\mathbf{i}} - \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{p \cdot F \cdot V}}\mathbf{t}$. **(0,5 pt)**

3.2. Calculer la valeur de **p** et celle de $[\mathbf{Au^{p+}}]_{\mathbf{i}}$. **(0,5 pt)**

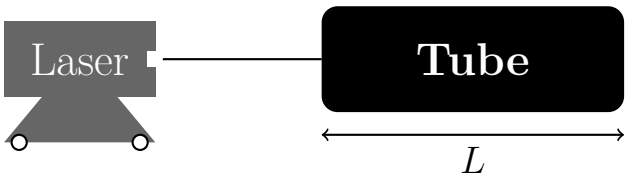
3.3. Déduire la masse du métal déposée sur la cathode lorsque la pile est usée. **(0,5 pt)**

4. Sachant que l'électrode (la cathode) a une forme cylindrique de diamètre $\mathbf{d} = \mathbf{2,5}$ cm et la hauteur de la partie immergée dans la solution est $\mathbf{h} = \mathbf{4}$ cm et en considérant que le métal déposé sur l'électrode est réparti d'une manière uniforme formant ainsi une couche mince d'épaisseur **e**.
Calculer la valeur de l'épaisseur **e**. **(0,5 pt)**

Exercice 2: Propagation d'une onde lumineuse (3 points)

Recopier le numéro de la question et écrire à côté la réponse juste parmi les quatre réponses proposées, sans aucune justification, ni explication.

On éclaire une extrémité d'un tube de verre de longueur $\mathbf{L} = \mathbf{200}$ m par un faisceau de lumière laser de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = \mathbf{630}$ nm. La durée mise par la lumière laser dans le tube est $\mathbf{t} = \mathbf{1}\ \mu$s.
On donne la célérité de la lumière dans le vide $\mathbf{c} = \mathbf{3.10^8}\ \mathrm{m.s^{-1}}$



1. On caractérise une lumière monochromatique par : **(0,25 pt)**

A Sa longueur d'onde **B** Sa fréquence

C Une célérité **D** Sa phase

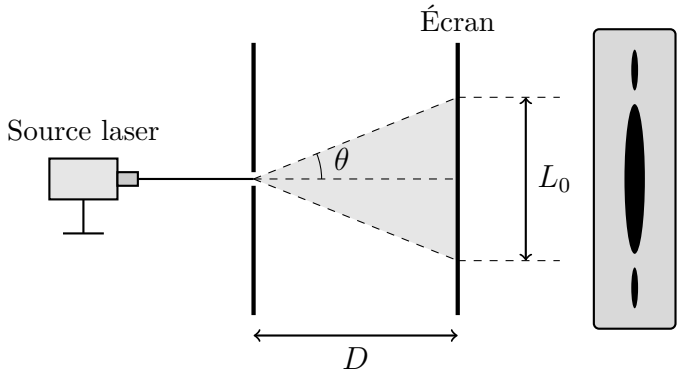
2. La longueur d'onde λ (en nm) de la lumière laser utilisée dans le tube est : **(0,5 pt)**

A 420 **B** 527 **C** 627 **D** 945

3. L'expression de la durée mise par la lumière laser lorsqu'elle parcourt la même distance **L** dans l'air est : **(0,5 pt)**

A $\Delta t' = 2n\Delta t$ **B** $\Delta t' = \frac{\Delta t}{2n}$ **C** $\Delta t' = n\Delta t$ **D** $\Delta t' = \frac{\Delta t}{n}$

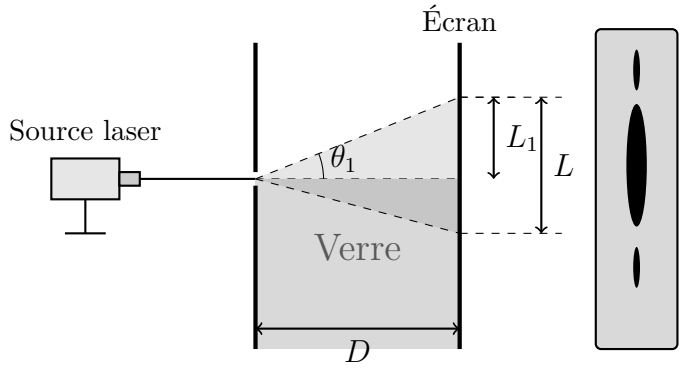
Une fente de largeur **a** est éclairée par une lumière laser rouge.
Sur un écran situé à une distance **D** de la fente, on visualise la figure ci-dessous, de diffraction.
La tâche centrale a une largeur $\mathbf{L_0}$.
On donne $\tan\theta \approx \theta$



4. L'expression de la longueur d'onde λ_0 de la lumière utilisée s'écrit : **(0,5 pt)**

A $\lambda_0 = \frac{aL_0D}{2}$ **B** $\lambda_0 = \frac{2D}{aL_0}$ **C** $\lambda_0 = \frac{aL_0}{2D}$ **D** $\lambda_0 = \frac{aD}{2L_0}$

On place entre la fente et l'écran un bloc de verre de forme parallélépipède, de telle sorte que le faisceau de lumière rouge diffracté se propage dans l'air et dans le verre en même temps.
Soit **L** la nouvelle largeur de la tache centrale et $\mathbf{L_1}$ la largeur de la partie de cette tâche qui se propage dans l'air.
L'expression de $\mathbf{n_R}$ l'indice de réfraction du verre par rapport à la lumière laser rouge en fonction de $\mathbf{L_1}$ et **L** est : **(0,75 pt)**



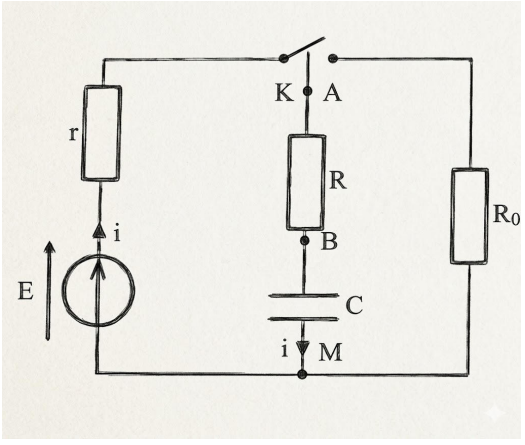
A $n_R = \frac{2L_1}{L}$ **B** $n_R = \frac{L_1 - L}{L_1}$ **C** $n_R = \frac{L}{L - L_1}$ **D** $n_R = \frac{L_1}{L - L_1}$

Exercice 3 (5 points)

On réalise le circuit électrique schématisé sur la figure 1.
Ce circuit comporte :

- Un générateur de force électromotrice **E** et de résistance interne négligeable ;
- Un condensateur de capacité **C** initialement non chargé ;
- Trois conducteurs ohmiques de résistance **r**, $\mathbf{R_0}$ et $\mathbf{R = 90}$;
- Un interrupteur **K**

Partie 1: Charge d'un condensateur à l'aide d'un générateur de tension :
A l'instant $\mathbf{t = 0}$, on place l'interrupteur **K** en position **(1)**.
Un ordinateur relié au montage par une interface appropriée, permet d'enregistrer au cours du temps t les évolutions des tensions $\mathbf{u_r(t)}$ et $\mathbf{u_{AM}(t)}$ respectivement aux bornes des deux conducteurs ohmiques **r** et le dipôle **RC** constitué par un montage en série du condensateur et de la résistance **R**. On obtient les deux courbes ($\mathbf{C_1}$) et ($\mathbf{C_2}$). (Figure 2), (**T**) représente la tangente à la courbe ($\mathbf{C_1}$) à la date $\mathbf{t = 0}$.



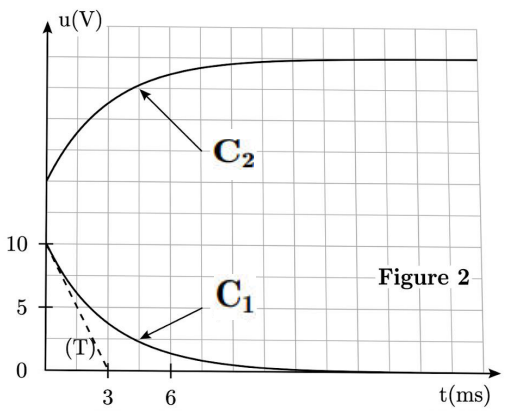


Figure 2

1. Montrer que la courbe $(\mathbf{C_2})$ représente la variation de la tension $\mathbf{u_{AM}(t)}$. **(0,25 pt)**

2. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $\mathbf{u_{AM}}$ s'écrit : **(0,5 pt)**

$$\mathbf{(R+r)\cdot C\cdot \frac{du_{AM}}{dt}+u_{AM}=E}$$

3. Montrer que l'expression de la tension $\mathbf{u_{AM}}$ juste après avoir placé l'interrupteur **K** en position **(1)** est : $\mathbf{U_0=\frac{R\cdot E}{R+r}}$ **(0,25 pt)**

4. La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $\mathbf{u_{AM}(t)=\alpha\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}+\beta}$
Déterminer l'expression des constantes τ, α et β en fonction des paramètres $\mathbf{E, r, C}$, et **R** du circuit de la figure (1). **(0,75 pt)**

5. A l'aide des deux courbes, Déterminer la valeur de la force électromotrice **E** et de la résistance **r**. **(0,5 pt)**

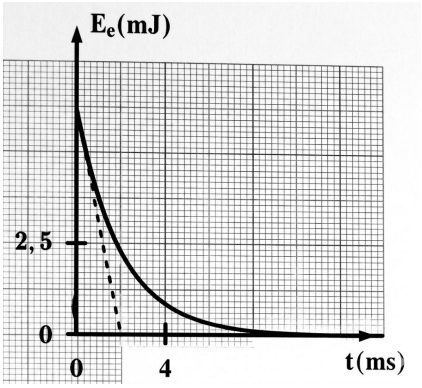
6. Vérifier que $\mathbf{C=20\ \mu F}$. **(0,25 pt)**

Partie 2: Décharge d'un condensateur dans des conducteurs ohmiques :
Le condensateur précédent est complètement chargé. A une nouvelle origine des temps $\mathbf{t=0}$ on place l'interrupteur **K** en position **(2)**.
Un système d'acquisition adéquat nous a permis d'obtenir l'évolution temporelle de l'énergie emmagasinée dans le condensateur au cours de sa décharge (Figure 3).
$(\mathbf{T'})$ représente la tangente à la courbe à la date $\mathbf{t=0}$.

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $\mathbf{u_{BM}}$. **(0,25 pt)**
La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme :
$\mathbf{u_{BM}(t)=E\cdot e^{-\frac{t}{\tau'}}}$ avec $\mathbf{\tau'=(R+R_0)\cdot C}$

2. Montrer que la tangente $(\mathbf{T'})$ coupe l'axe du temps au point d'abscisse $\mathbf{t'=\frac{\tau'}{2}}$. **(0,5 pt)**

3. Calculer la valeur de $\mathbf{R_0}$. **(0,25 pt)**



Partie 3: Les oscillations électriques dans un circuit RLC forcée
On réalise le montage expérimental constitué par :

- Un condensateur de capacité **C**
- Un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R=90}$;
- Une bobine d'inductance **L** et de résistance interne **r**.
- un générateur basse fréquence qui délivre une tension sinusoïdale de fréquence réglable et de valeur efficace **U** constante. Voir figure 4.

1. On varie la fréquence du générateur et on mesure l'intensité efficace **I** qui circule dans le circuit.
La courbe de la figure 5 représente la variation de l'intensité efficace **I** en fonction de la fréquence **N** pour une résistance du conducteur ohmique $\mathbf{R = 90}$, L'inductance $\mathbf{L = 1,58 \cdot 10^{-1}}$ H et la capacité $\mathbf{C = 1}$ μ**F**.

1.1. Déterminer la valeur de la fréquence à la résonance et celle de la largeur de la bande passante à -3 dB. **(0,5 pt)**

1.2. Déduire la valeur du facteur de qualité **Q**. **(0,25 pt)**

2. Sachant que l'expression du facteur de qualité est $\mathbf{Q} = \frac{1}{\mathbf{R+r}}\sqrt{\frac{\mathbf{L}}{\mathbf{C}}}$

2.1. Montrer que la relation est homogène. **(0,25 pt)**

2.2. Donner l'expression de **N** la largeur de la bande passante à -3 dB en fonction de **L** et **R** et **r** la résistance totale du circuit. **(0,25 pt)**

2.3. Déduire la valeur de la résistance interne de la bobine. **(0,25 pt)**

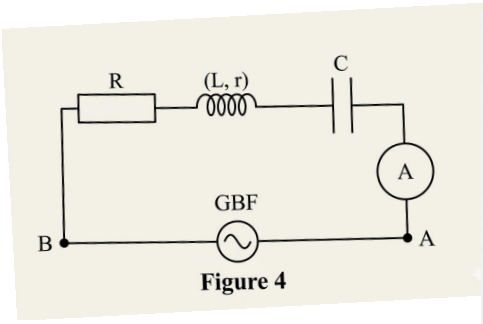


Figure 4

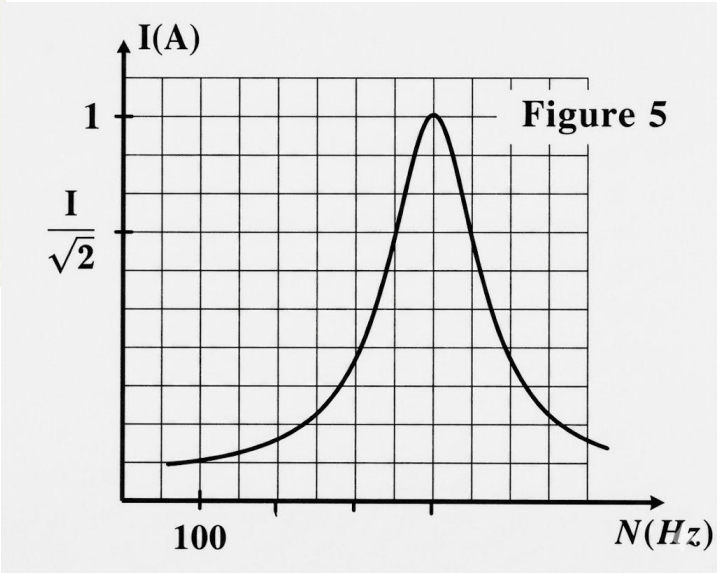
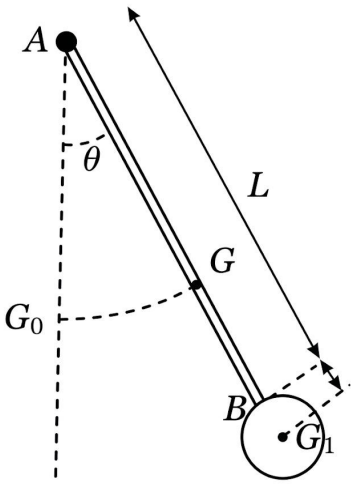


Figure 5

Exercice 4 : (5 points)

Les deux parties sont indépendantes
Partie 1 : Étude d'un système mécanique

Le système (S) présenté sur la figure suivante est formé par :



- Un disque homogène (D) de masse $\mathbf{m_1 = 1kg}$ et de rayon $\mathbf{r = 10cm}$;
- Une tige homogène, de masse $\mathbf{m_2 = 2m_1}$ et de longueur $\mathbf{L = AB = 1m}$, soudée au disque, au point **B**.

Ce système est mobile dans le plan vertical, autour d'un axe fixe et horizontal passant par **A**. Son moment d'inertie par rapport à l'axe () est : $\mathbf{J = 1.9\ kg \cdot m^2}$.

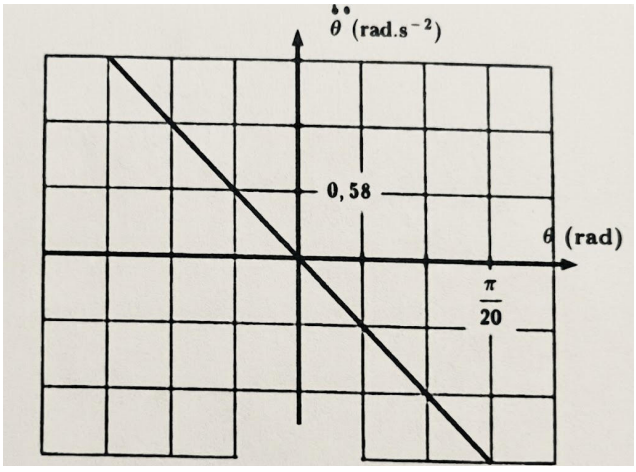
Le centre d'inertie **G** du pendule pesant est situé sur la tige à une distance $\mathbf{AG} = \frac{2 \cdot L + r}{3}$.
On étudie le mouvement du système (S) dans un repère terrestre considéré comme galiléen. Les positions du système sont repérées à chaque instant par l'angle θ.
L'état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur $\mathbf{E_{pp} = 0}$, est pris au niveau horizontal passant par $\mathbf{G_0}$. On néglige les frottements.

1. On écarte le système de sa position d'équilibre stable d'un angle $\theta_0 = \frac{\pi}{20}$, on l'abandonne sans vitesse initiale.

a) Montrer que l'énergie potentielle du système peut s'écrire : $\mathbf{E_{pp} = m_1 \cdot g \cdot (2L + r) \cdot (1 - \cos(\theta))}$. **(0,5 pt)**

b) Calculer la valeur de l'énergie mécanique du système **S**. On prend $\mathbf{g = 10N \cdot kg^{-1}}$. **(0,5 pt)**

c) En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, déterminer l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse angulaire θ dans le cas des faibles oscillations. **(0,5 pt)**



Une étude expérimentale permet de tracer $\theta = \mathbf{f}(\theta)$ (figure 2)

1.1) Vérifier la valeur de **J**. **(0,5 pt)**

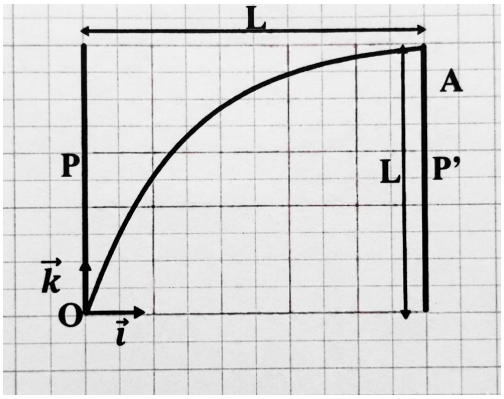
1.2) Calculer la vitesse angulaire ω_0 du système à son passage par la position d'équilibre stable. **(0,25 pt)**

1.3) En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, établir que l'énergie cinétique minimale $\mathbf{E_{c_{min}}}$ qu'il faut donner au système, à la position initiale $\theta_0 = \frac{\pi}{3}$, pour qu'il effectue autour de l'axe (), un mouvement de rotation dans un seul sens, a pour expression : **(0,5 pt)**

$$\mathbf{E_{c_{min}} = \frac{3}{2} m_1 \cdot g(2L + r)}$$

Partie 2 : Mouvement d'une particule chargée

Dans tout l'exercice, le poids de l'électron est négligeable devant les autres forces mises en jeu.
On dispose d'un canon émettant en un point **O** un faisceau d'électrons de vitesse initiale : $\vec{v_0} = v_0 \cdot \vec{k}$. (voir figure ci-contre).



1. Entre deux plaques verticales **P** et **P′** parallèles de longueur **L** et distants **L**, on crée un champs électrostatique uniforme **E** tel que la trajectoire des électrons passe exactement par le point **A**.

a) En appliquant la deuxième loi de Newton, et en prenant le point **O** comme origine des dates, établir les équations horaires du mouvement des électrons. Déduire l'équation de la trajectoire. **(0,5 pt)**

b) Montrer que la charge massique de l'électron est donnée par la relation suivante : $\frac{e}{m} = \frac{2v_0^2}{E \cdot L}$ **(0,25 pt)**

2. Dans une deuxième expérience, on remplace le champ électrostatique par un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ tel que la trajectoire des électrons soit un quart de cercle passant par le point **A**.

a) Préciser, en utilisant le symbole $\otimes$ ou $\odot$, le sens du vecteur $\vec{B}$. **(0,25 pt)**

b) Par application de la deuxième loi de Newton, établir la relation suivante : $\frac{e}{m} = \frac{v_0}{B \cdot L}$ **(0,25 pt)**

c) A l'aide des résultats des deux expériences précédentes déterminer les valeurs de v_0 et $\frac{e}{m}$. **(0,5 pt)**

d) On applique maintenant Les deux champs en même temps en inversant le signe de la tension entre **P** et **P′**. Quelle valeur faut il donner a v_0 pour que le mouvement de l'électron soit rectiligne ? **(0,5 pt)**

On donne : $L = 4$ cm, $E = 4 \cdot 10^4$ V $\cdot$ m^{-1}, $B = 1,63$ mT

Partie 1 : Vérification d'une base par sa constante d'acidité (7 points)

1. Équation chimique modélisant la réaction de dosage :

$$B_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow BH^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2. **Relation et détermination de V_{aE} :**
Avant l'équivalence ($V_a < V_{aE}$), le réactif limitant est l'ion oxonium H_3O^+. Les concentrations des espèces dans le mélange sont :

$$[BH^+] = \frac{C_a \cdot V_a}{V_b + V_a} \quad \text{et} \quad [B] = \frac{C_b \cdot V_b - C_a \cdot V_a}{V_b + V_a}$$

Le rapport des concentrations s'écrit donc :

$$\frac{[B]}{[BH^+]} = \frac{C_b \cdot V_b - C_a \cdot V_a}{C_a \cdot V_a} = \frac{C_b \cdot V_b}{C_a \cdot V_a} - 1$$

À l'équivalence, on a la relation $C_b \cdot V_b = C_a \cdot V_{aE}$. En remplaçant, on obtient :

$$\frac{[B]}{[BH^+]} = \frac{C_a \cdot V_{aE}}{C_a \cdot V_a} - 1 = \frac{V_{aE}}{V_a} - 1$$

Détermination de V_{aE} :
D'après la courbe, à la demi-équivalence on a $\frac{[B]}{[BH^+]} = 1$ pour un volume $V_a = 7,4$ mL.

$$1 = \frac{V_{aE}}{7,4} - 1 \implies \frac{V_{aE}}{7,4} = 2 \implies V_{aE} = 14,8 \text{ mL}$$

3. **Concentration de la solution S_b et C_0 :**
À l'équivalence, $C_b \cdot V_b = C_a \cdot V_{aE}$:

$$\implies C_b = \frac{C_a \cdot V_{aE}}{V_b} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} \times 14,8}{20} \implies C_b = 1,11 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

La solution S_b a été préparée en diluant 100 fois la solution S_0, on a donc :

$$C_0 = 100 \times C_b = 100 \times 1,11 \cdot 10^{-2} \implies C_0 = 1,11 \text{ mol/L}$$

4.1. **Taux d'avancement final τ :**
La réaction de la base B avec l'eau s'écrit : $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + HO^-$
Le pH est de 10,6. La concentration finale en ions hydroxyde est :

$$[HO^-]_f = 10^{\text{pH}-pK_e} = 10^{10,6-14} = 10^{-3,4} \approx 3,98 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\tau = \frac{[\mathrm{HO}^-]_f}{C_b} = \frac{10^{-3,4}}{1,11 \cdot 10^{-2}} \approx 0,0359 \implies \tau \approx 3,59\%$$

Puisque $\tau < 1$, on déduit que la réaction est **limitée**.

4.2. **Quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,eq}$:**
D'après le tableau d'avancement, $[\mathrm{BH}^+]_{eq} = [\mathrm{HO}^-]_{eq} = \tau C_b$ et $[\mathrm{B}]_{eq} = C_b(1-\tau)$.

$$Q_{r,eq} = \frac{[\mathrm{BH}^+]_{eq}[\mathrm{HO}^-]_{eq}}{[\mathrm{B}]_{eq}} = \frac{\tau C_b \cdot [\mathrm{HO}^-]_{eq}}{C_b(1-\tau)} = \frac{\tau}{1-\tau} \cdot 10^{\mathrm{pH}-pK_e}$$

$$Q_{r,eq} = \frac{0,0359}{1-0,0359} \cdot 10^{-3,4} \approx 0,0372 \times 3,98 \cdot 10^{-4} \implies Q_{r,eq} \approx 1,48 \cdot 10^{-5}$$

4.3. **Déduction du pK_A et identification :**
La constante d'acidité est $K_A = \frac{K_e}{Q_{r,eq}}$. En utilisant la valeur trouvée :

$$K_A = \frac{10^{-14}}{1,48 \cdot 10^{-5}} \approx 6,76 \cdot 10^{-10}$$

$$pK_A = -\log(6,76 \cdot 10^{-10}) \approx 9,17 \implies pK_A \approx 9,2$$

En comparant avec le tableau, la base étudiée est l'ammoniac $\mathrm{NH_3}$.

5. **Calcul du pH_E à l'équivalence :**
La solution contient l'acide faible conjugué BH^+ de concentration C :

$$C = \frac{C_a \cdot V_{aE}}{V_b + V_{aE}} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} \times 14,8}{20 + 14,8} \approx 6,38 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mol/L}$$

Le pH de la solution s'exprime par :

$$pH_E = \frac{1}{2}(pK_A - \log C) = \frac{1}{2}(9,2 - \log(6,38 \cdot 10^{-3})) \implies pH_E \approx 5,70$$

6. **Indicateur coloré adéquat :**
La valeur calculée $pH_E \approx 5,70$ appartient à la zone de virage du **rouge de méthyle** (4,2 - 6,2).

7. **Concentration de la base B à l'équivalence :**
À l'équivalence : $\mathrm{BH}^+ + \mathrm{H_2O} \rightleftharpoons \mathrm{B} + \mathrm{H_3O}^+$.

$$K_A = \frac{[\mathrm{B}][\mathrm{H_3O}^+]}{[\mathrm{BH}^+]} \implies [\mathrm{B}] \approx \sqrt{K_A \cdot C} = \sqrt{10^{-9,2} \times 6,38 \cdot 10^{-3}}$$

$$\implies [\mathrm{B}] \approx 2,00 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{mol/L}$$

Partie 2 : Pile électrochimique

1. Détermination de la borne positive :
D'après la courbe de la figure 2, la concentration en ions auriques $[Au^{p+}]$ diminue au cours du temps, ils sont donc consommés. Cela signifie que l'ion Au^{p+} subit une **réduction** pour se déposer sous forme d'or métallique $Au_{(s)}$. La réduction a toujours lieu à la **cathode**, qui constitue le pôle positif d'une pile.

$$\Longrightarrow \text{ La borne positive est l'}\textbf{électrode de platine (Pt)}$$

2. Équations des réactions :
L'équation modélisant la réaction à la cathode (pôle $\oplus$) est :

$$Au^{p+}_{(aq)} + p \cdot e^- \rightleftharpoons Au_{(s)}$$

À l'anode (pôle $\ominus$), le Zinc subit une oxydation : $Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
Pour obtenir l'équation globale, on multiplie la demi-équation de l'or par 2 et celle du zinc par p afin d'équilibrer les électrons :

$$2Au^{p+}_{(aq)} + pZn_{(s)} \longrightarrow 2Au_{(s)} + pZn^{2+}_{(aq)}$$

3.1. Démonstration de la relation $[Au^{p+}]$:
La quantité de matière d'ions auriques restante à un instant t est : $n_t(Au^{p+}) = n_i(Au^{p+}) - n_{cons}(Au^{p+})$.
D'après la demi-équation à la cathode, on a : $n_{cons}(Au^{p+}) = \frac{n(e^-)}{p}$.
Or, la quantité d'électricité est $Q = I \cdot t = n(e^-) \cdot F$, ce qui donne $n(e^-) = \frac{I \cdot t}{F}$.
On en déduit que $n_{cons}(Au^{p+}) = \frac{I \cdot t}{p \cdot F}$.
En divisant par le volume V, on obtient la concentration :

$$\frac{n_t(Au^{p+})}{V} = \frac{n_i(Au^{p+})}{V} - \frac{I \cdot t}{p \cdot F \cdot V}$$

$$\Longrightarrow \quad [Au^{p+}] = [Au^{p+}]_i - \frac{I}{p \cdot F \cdot V} \cdot t$$

3.2. Calcul de p et de $[Au^{p+}]_i$:
L'expression précédente est l'équation d'une droite de la forme $y = at + b$, avec une ordonnée à l'origine $b = [Au^{p+}]_i$ et une pente $a = -\frac{I}{p \cdot F \cdot V}$.

— **Graphiquement :** À $t = 0$, la droite passe par la $5^{\text{ème}}$ division sur l'axe des ordonnées. Sachant qu'une division vaut $1,0 \cdot 10^{-2}$ mol/L, on a :

$$[Au^{p+}]_i = 5 \times 1,0 \cdot 10^{-2} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

— Sur l'axe des abscisses, la flèche d'échelle "500" couvre 2 divisions, donc **1 division = 250 s**. La droite coupe l'axe des abscisses à la $10^{\text{ème}}$ division, soit à $t = 10 \times 250 = 2500$ s.

— La pente a de la droite est : $a = \frac{0-5{,}0\cdot10^{-2}}{2500-0} = -2{,}0 \cdot 10^{-5}$ mol/(L · s).

En exploitant l'expression théorique de la pente :

$$-\frac{I}{p \cdot F \cdot V} = -2{,}0 \cdot 10^{-5} \implies p = \frac{I}{2{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot V}$$

$$p = \frac{1{,}45}{2{,}0 \cdot 10^{-5} \times 96500 \times 0{,}250} = \frac{1{,}45}{0{,}4825} = 3$$

La valeur trouvée, $p = 3$, est bien un nombre impair comme précisé dans l'énoncé.

3.3. Masse du métal déposée (pile usée) :

La pile est usée lorsque le réactif limitant (ici Au^{3+}, puisque le zinc est en excès) est totalement consommé.

La quantité de matière d'or déposée est égale à la quantité initiale d'ions aurique :

$$n(\text{Au}) = [\text{Au}^{3+}]_i \cdot V = 5{,}0 \cdot 10^{-2} \times 0{,}250 = 1{,}25 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

La masse d'or correspondante est :

$$m(\text{Au}) = n(\text{Au}) \cdot M(\text{Au}) = 1{,}25 \cdot 10^{-2} \times 197 \implies m(\text{Au}) = 2{,}46 \text{ g}$$

4. Épaisseur e de la couche déposée :

Le volume d'or déposé sur l'électrode est :

$$V_{\text{Au}} = \frac{m(\text{Au})}{\rho(\text{Au})} = \frac{2{,}4625}{19} \approx 0{,}1296 \text{ cm}^3$$

Le métal forme une couche cylindrique mince autour de la partie immergée. En utilisant l'approximation du volume d'une couche mince (Surface latérale × épaisseur e) :

$$V_{\text{Au}} \approx S_{\text{latérale}} \cdot e \quad \text{avec} \quad S_{\text{latérale}} = \pi \cdot d \cdot h$$

$$e = \frac{V_{\text{Au}}}{\pi \cdot d \cdot h} = \frac{0{,}1296}{\pi \times 2{,}5 \times 4} = \frac{0{,}1296}{10\pi} \approx 4{,}125 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

Soit en micromètres :

$$e \approx 41{,}25\,\mu\text{m}$$

Exercice 2 : Propagation d'une onde lumineuse (3 points)

1. Caractéristique d'une lumière monochromatique :
La longueur d'onde et la célérité d'une onde lumineuse dépendent du milieu de propagation. En revanche, sa fréquence reste invariante quel que soit le milieu traversé. C'est donc la grandeur qui la caractérise.

$$\Longrightarrow \text{ Réponse juste : } \textbf{B (Sa fréquence)}$$

2. Longueur d'onde λ dans le tube de verre :
Calculons d'abord la célérité de la lumière dans le verre :

$$v = \frac{L}{t} = \frac{200}{1 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

L'indice de réfraction du verre est : $n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = 1,5$.
La longueur d'onde dans le verre est alors :

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{630}{1,5} = 420 \text{ nm}$$

$$\Longrightarrow \text{ Réponse juste : } \textbf{A (420)}$$

3. Durée $\Delta t'$ dans l'air :
Dans l'air (assimilé au vide), la célérité est c. La durée de parcours est $\Delta t' = \frac{L}{c}$.
Dans le tube en verre, la durée est $\Delta t = \frac{L}{v}$.
Puisque $n = \frac{c}{v}$, on a $c = n \cdot v$. En remplaçant c dans l'expression de $\Delta t'$:

$$\Delta t' = \frac{L}{n \cdot v} = \frac{1}{n}\left(\frac{L}{v}\right) = \frac{\Delta t}{n}$$

$$\Longrightarrow \text{ Réponse juste : } \textbf{D } \left(\Delta t' = \frac{\Delta t}{n}\right)$$

4. Expression de la longueur d'onde λ_0 :
L'écart angulaire θ est donné par $\theta = \frac{\lambda_0}{a}$.
Géométriquement, avec $\tan\theta \approx \theta$, on a dans le triangle : $\theta = \frac{L_0/2}{D} = \frac{L_0}{2D}$.
En égalisant les deux expressions :

$$\frac{\lambda_0}{a} = \frac{L_0}{2D} \Longrightarrow \lambda_0 = \frac{a \cdot L_0}{2D}$$

$$\Longrightarrow \text{ Réponse juste : } \textbf{C } \left(\lambda_0 = \frac{aL_0}{2D}\right)$$

5. Indice de réfraction n_R en fonction de L et L_1 :
D'après la figure, la tache centrale de largeur totale L est composée de deux parties :

— Une partie diffractée dans l'air, de demi-largeur L_1 : $L_1 = D \cdot \theta_{\text{air}} = D\frac{\lambda_0}{a}$.
— Une partie diffractée dans le verre, de demi-largeur L_{verre} :
$L_{\text{verre}} = D \cdot \theta_{\text{verre}} = D\frac{\lambda_{\text{verre}}}{a} = D\frac{(\lambda_0/n_R)}{a} = \frac{1}{n_R}\left(D\frac{\lambda_0}{a}\right) = \frac{L_1}{n_R}$.

La largeur totale L est la somme de ces deux demi-largeurs :

$$L = L_1 + L_{\text{verre}} \implies L = L_1 + \frac{L_1}{n_R}$$

Isolons n_R :

$$L - L_1 = \frac{L_1}{n_R} \implies n_R = \frac{L_1}{L - L_1}$$

$$\implies \text{Réponse juste : } \mathbf{D}\ \left(n_R = \frac{L_1}{L - L_1}\right)$$

Partie 1 : Charge d'un condensateur à l'aide d'un générateur de tens

1. Identification de la courbe (C_2) :
En régime permanent (lorsque $t \to \infty$), le condensateur est complètement chargé. Le courant s'annule dans la branche principale ($i \to 0$). La tension aux bornes de la résistance r devient $u_r = r \cdot i = 0$. D'après la loi des mailles, on a $E = u_r + u_{AM}$. Donc, lorsque $t \to \infty$, on a $u_{AM} \to E$. La courbe (C_2) est croissante et tend vers une valeur constante, elle représente donc l'évolution de la tension $u_{AM}(t)$. *(La courbe (C_1) qui tend vers 0 représente la tension $u_r(t)$).*

2. Équation différentielle vérifiée par u_{AM} :
D'après la loi d'addivité des tensions : $E = u_r + u_{AM} = r \cdot i + u_{AM}$. On en déduit l'expression du courant : $i = \frac{E - u_{AM}}{r}$.
La tension u_{AM} est aux bornes du dipôle RC : $u_{AM} = u_R + u_C = R \cdot i + u_C$. On isole u_C : $u_C = u_{AM} - R \cdot i$.
Le courant s'écrit $i = C\frac{du_C}{dt}$. En remplaçant u_C, on obtient :

$$i = C\frac{d}{dt}\left(u_{AM} - R \cdot i\right) = C\frac{du_{AM}}{dt} - RC\frac{di}{dt}$$

En remplaçant i par $\frac{E - u_{AM}}{r}$ et sa dérivée $\frac{di}{dt} = -\frac{1}{r}\frac{du_{AM}}{dt}$:

$$\frac{E - u_{AM}}{r} = C\frac{du_{AM}}{dt} - RC\left(-\frac{1}{r}\frac{du_{AM}}{dt}\right)$$

$$\frac{E - u_{AM}}{r} = C\frac{du_{AM}}{dt} + \frac{RC}{r}\frac{du_{AM}}{dt} = C\left(\frac{r + R}{r}\right)\frac{du_{AM}}{dt}$$

En multipliant toute l'équation par r, on retrouve l'équation demandée :

$$(R + r)C\frac{du_{AM}}{dt} + u_{AM} = E$$

3. **Expression de la tension U_0 à $t = 0^+$:**
Juste après la fermeture de l'interrupteur ($t = 0$), le condensateur est déchargé, donc $u_C(0) = 0$. La loi des mailles s'écrit : $E = u_r(0) + u_R(0) + u_C(0) = r \cdot i(0) + R \cdot i(0) = (R + r)i(0)$. On en tire $i(0) = \frac{E}{R+r}$.
La tension u_{AM} à $t = 0$ est $U_0 = u_R(0) + u_C(0) = R \cdot i(0) + 0$. En remplaçant $i(0)$, on obtient :

$$U_0 = \frac{R \cdot E}{R + r}$$

4. **Détermination des constantes α, β et τ :**
La solution est $u_{AM}(t) = \alpha \cdot e^{-t/\tau} + \beta$. Sa dérivée est $\frac{du_{AM}}{dt} = -\frac{\alpha}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$. En l'injectant dans l'équation différentielle :

$$(R + r)C\left(-\frac{\alpha}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}\right) + \alpha \cdot e^{-t/\tau} + \beta = E$$

$$\alpha \cdot e^{-t/\tau}\left[1 - \frac{(R + r)C}{\tau}\right] + \beta = E$$

Pour que ceci soit vrai $\forall t$, il faut :

$$\beta = E \quad \text{et} \quad 1 - \frac{(R + r)C}{\tau} = 0 \implies \tau = (R + r)C$$

À $t = 0$, $u_{AM}(0) = \alpha + \beta = \alpha + E$. Sachant que $u_{AM}(0) = U_0 = \frac{RE}{R+r}$:

$$\alpha = \frac{R \cdot E}{R + r} - E = \frac{R \cdot E - E(R + r)}{R + r} \implies \alpha = -\frac{r \cdot E}{R + r}$$

5. **Valeurs de E et r :**
D'après Figure 2 :

- L'asymptote de la courbe C_2 (u_{AM}) se stabilise à 25 V, ce qui correspond à la force électromotrice : $E = 25$ V.
- À $t = 0$, la courbe C_1 débute à $u_r(0) = 10$ V.
- À $t = 0$, la courbe C_2 débute à $U_0 = 15$ V.

(On vérifie d'ailleurs la loi des mailles : $E = 10 + 15 = 25$ V).
En utilisant les relations $u_r(0) = r \cdot i(0)$ et $U_0 = R \cdot i(0)$, on réalise le quotient :

$$\frac{u_r(0)}{U_0} = \frac{r \cdot i(0)}{R \cdot i(0)} \implies \frac{10}{15} = \frac{r}{R} \implies r = R \times \frac{2}{3}$$

L'énoncé de l'exercice donnait $R = 90\ \Omega$, donc :

$$r = 90 \times \frac{2}{3} = \frac{180}{3} \implies r = 60\ \Omega$$

6. **Vérification de la capacité C :**
La constante de temps du circuit est $\tau = (R + r)C$, d'où l'on tire $C = \frac{\tau}{R+r}$.

Graphiquement (Figure 2), la tangente (T) à la courbe à l'origine ($t = 0$) coupe l'axe des abscisses à l'instant caractéristique $\tau = 3$ ms.
En utilisant les résistances $R = 90\ \Omega$ et $r = 60\ \Omega$, on obtient $R + r = 150\ \Omega$.

$$C = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{150} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{2}} = 2 \cdot 10^{-5}\ \text{F} = 20 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$$

$$\Longrightarrow \quad \boxed{C = 20\ \mu\text{F}}$$

Partie 2 : Décharge d'un condensateur dans des conducteurs ohmiqu

1. Équation différentielle vérifiée par la tension u_{BM} :
Lors de la décharge (interrupteur en position 2), le circuit est constitué du condensateur C et des conducteurs ohmiques R et R_0 en série. D'après la loi des mailles, on a :

$$u_{BM} + u_R + u_{R0} = 0$$

$$u_{BM} + R \cdot i + R_0 \cdot i = 0 \implies u_{BM} + (R + R_0) \cdot i = 0$$

En convention récepteur pour le condensateur, l'intensité du courant s'exprime par $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_{BM}}{dt}$. En remplaçant i dans l'équation, on obtient :

$$\boxed{u_{BM} + (R + R_0) \cdot C\frac{du_{BM}}{dt} = 0}$$

2. Intersection de la tangente (T') avec l'axe du temps :
L'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur est donnée par :

$$E_e(t) = \frac{1}{2}C \cdot u_{BM}^2(t)$$

Sachant que $u_{BM}(t) = E \cdot e^{-t/\tau'}$ avec $\tau' = (R + R_0)C$, l'expression de l'énergie devient :

$$E_e(t) = \frac{1}{2}C\left(E \cdot e^{-t/\tau'}\right)^2 = \frac{1}{2}CE^2 \cdot e^{-2t/\tau'} = E_e(0) \cdot e^{-2t/\tau'}$$

L'équation de la tangente (T') à l'origine ($t = 0$) s'écrit :

$$y(t) = \left(\frac{dE_e}{dt}\right)_{t=0} \cdot t + E_e(0)$$

Calculons la dérivée de l'énergie :

$$\frac{dE_e}{dt} = E_e(0) \cdot \left(-\frac{2}{\tau'}\right) e^{-2t/\tau'} \implies \left(\frac{dE_e}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{2 \cdot E_e(0)}{\tau'}$$

L'équation de la tangente est donc :

$$y(t) = -\frac{2 \cdot E_e(0)}{\tau'} \cdot t + E_e(0)$$

Le point d'intersection de cette tangente avec l'axe du temps correspond à $y(t') = 0$:

$$0 = -\frac{2 \cdot E_e(0)}{\tau'} \cdot t' + E_e(0) \implies \frac{2}{\tau'} \cdot t' = 1$$

$$\implies \boxed{t' = \frac{\tau'}{2}}$$

3. Calcul de la valeur de R_0 :

Exploitation graphique (Figure 3) :

La tangente (T') coupe l'axe des abscisses à l'instant $t' = 2$ ms. À l'aide de la relation démontrée précédemment, on déduit la valeur de la nouvelle constante de temps τ' :

$$\frac{\tau'}{2} = 2 \text{ ms} \implies \tau' = 4 \text{ ms} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Or, nous savons que l'expression de cette constante de temps est $\tau' = (R+R_0) \cdot C$. On en tire la résistance totale :

$$R + R_0 = \frac{\tau'}{C}$$

En utilisant la valeur de la capacité $C = 20$ μF vérifiée dans la Partie 1, et l'indication $R = 90$ Ω :

$$R + R_0 = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-6}} = \frac{4000}{20} = 200 \ \Omega$$

On trouve donc :

$$R_0 = 200 - R = 200 - 90 \implies \boxed{R_0 = 110 \ \Omega}$$

Partie 3 : Oscillations électriques dans un circuit RLC forcée

1.1. Fréquence à la résonance et bande passante à -3 dB :

Exploitation graphique de la courbe de résonance (Figure 5) :

— La résonance d'intensité correspond au maximum de la courbe (I_{max}). L'abscisse de ce maximum donne la fréquence de résonance propre du circuit.
L'échelle indique une graduation majeure pour 100 Hz. Le pic se situe à 4 divisions.

$$\implies \boxed{N_0 = 400 \text{ Hz}}$$

— La bande passante à -3 dB, notée ΔN, est la largeur de l'intervalle des fréquences $[N_1, N_2]$ pour lesquelles l'intensité $I \geq \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$. Graphiquement, cette largeur correspond à 1 division majeure.

$$\Longrightarrow \quad \Delta N = 100 \text{ Hz}$$

1.2. Déduction du facteur de qualité Q :

Par définition, le facteur de qualité est le rapport entre la fréquence de résonance et la largeur de la bande passante :

$$Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{400}{100} \Longrightarrow Q = 4$$

2.1. Homogénéité de la relation Q :

On cherche à montrer que la grandeur $Q = \frac{1}{R+r}\sqrt{\frac{L}{C}}$ est sans dimension. Exprimons les dimensions de chaque grandeur à partir des lois fondamentales :

— Résistance ($u = R \cdot i$) : $[R] = \frac{[U]}{[I]}$

— Inductance ($u = L\frac{di}{dt}$) : $[L] = \frac{[U]\cdot[T]}{[I]}$

— Capacité ($i = C\frac{du}{dt}$) : $[C] = \frac{[I]\cdot[T]}{[U]}$

Analysons le terme sous la racine :

$$\left[\frac{L}{C}\right] = \frac{\frac{[U]\cdot[T]}{[I]}}{\frac{[I]\cdot[T]}{[U]}} = \frac{[U]^2}{[I]^2} = [R]^2$$

La dimension de la racine carrée est donc : $\left[\sqrt{\frac{L}{C}}\right] = [R]$.

En remplaçant dans l'expression du facteur de qualité :

$$[Q] = \frac{1}{[R]} \cdot \left[\sqrt{\frac{L}{C}}\right] = \frac{[R]}{[R]} = 1$$

$\Longrightarrow$ Le facteur de qualité Q est bien une grandeur sans dimension (homogène).

2.2. Expression de la largeur de la bande passante ΔN :

On sait que $Q = \frac{N_0}{\Delta N}$, on en déduit que $\Delta N = \frac{N_0}{Q}$. En utilisant la relation donnée pour Q et sachant que la pulsation propre est $\omega_0 = 2\pi N_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, on a $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

$$\Delta N = \frac{\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}{\frac{1}{R+r}\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R+r}{2\pi\sqrt{LC}} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R+r}{2\pi\sqrt{L^2}}$$

$$\Longrightarrow \quad \Delta N = \frac{R+r}{2\pi L}$$

2.3. Valeur de la résistance interne de la bobine r :
À partir de l'expression précédente, on isole la résistance interne r :

$$R + r = 2\pi L \cdot \Delta N \implies r = 2\pi L \cdot \Delta N - R$$

Application numérique :

$$r = 2\pi \times (1,58 \cdot 10^{-1}) \times 100 - 90$$

Sachant que $2\pi \times 0,158 \approx 0,9927 \approx 1$:

$$r \approx 100 - 90 \implies \boxed{r = 10\ \Omega}$$

Partie 1 : Étude d'un système mécanique

1.a. Expression de l'énergie potentielle E_{pp} :
L'énergie potentielle de pesanteur du système (masse totale $m_{tot} = m_1 + m_2$) s'exprime par :

$$E_{pp} = m_{tot} \cdot g \cdot z_G$$

Où z_G est l'altitude du centre d'inertie G repérée par rapport à la position d'équilibre G_0. D'après la géométrie du pendule, $z_G = AG \cdot (1 - \cos\theta)$. On sait que la masse totale est $m_{tot} = m_1 + 2m_1 = 3m_1$ et l'énoncé donne $AG = \frac{2L+r}{3}$. En remplaçant :

$$E_{pp} = 3m_1 \cdot g \cdot \left(\frac{2L + r}{3}\right) \cdot (1 - \cos\theta)$$

En simplifiant par 3, on retrouve bien l'expression demandée :

$$\boxed{E_{pp} = m_1 \cdot g \cdot (2L + r) \cdot (1 - \cos\theta)}$$

1.b. Calcul de l'énergie mécanique E_m :
Le système est lâché sans vitesse initiale à $\theta_0 = \frac{\pi}{20}$, donc l'énergie cinétique initiale est nulle ($E_{c0} = 0$). L'énergie mécanique se conserve et est égale à l'énergie potentielle initiale :

$$E_m = E_{pp}(\theta_0) = m_1 \cdot g \cdot (2L + r) \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\pi}{20}\right)\right)$$

Application numérique ($m_1 = 1$, $g = 10$, $L = 1$, $r = 0.1$ donc $2L + r = 2.1$) :

$$E_m = 1 \times 10 \times 2,1 \times (1 - \cos(9°)) = 21 \times (1 - 0,9877)$$

$$E_m = 21 \times 0,0123 \implies \boxed{E_m \approx 0,258\ \text{J}}$$

1.c. **Équation différentielle des faibles oscillations :**
L'énergie mécanique s'écrit $E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}J\dot{\theta}^2 + m_1 g(2L+r)(1-\cos\theta)$. L'énergie mécanique se conserve au cours du temps, donc sa dérivée par rapport au temps est nulle $\left(\frac{dE_m}{dt} = 0\right)$:

$$J\dot{\theta}\ddot{\theta} + m_1 g(2L+r)\dot{\theta}\sin\theta = 0$$

En divisant par $\dot{\theta}$ (non constamment nulle) :

$$J\ddot{\theta} + m_1 g(2L+r)\sin\theta = 0$$

Dans le cas des faibles oscillations, $\sin\theta \approx \theta$ (en rad) :

$$\ddot{\theta} + \frac{m_1 g(2L+r)}{J}\theta = 0$$

1.1. **Vérification de la valeur de J :**
D'après l'équation différentielle, on a la relation linéaire $\ddot{\theta} = -\frac{m_1 g(2L+r)}{J}\theta$. Graphiquement (Figure 2), cette relation est une droite passant par l'origine, de pente $a = -\frac{m_1 g(2L+r)}{J}$. Exploitons le graphe :

- Sur l'axe des abscisses, la 3ème division correspond à $\theta = \frac{\pi}{20}$ rad.
- Sur l'axe des ordonnées, 1 division correspond à $0,58$ rad.s^{-2}.
- À l'abscisse de 3 divisions, la droite passe par la -3ème division en ordonnée, soit $\ddot{\theta} = -3 \times 0,58 = -1,74$ rad.s^{-2}.

Calcul de la pente a :

$$a = \frac{-1,74}{\frac{\pi}{20}} = \frac{-1,74}{0,157} \approx -11,08 \text{ s}^{-2}$$

On en déduit le moment d'inertie :

$$J = -\frac{m_1 g(2L+r)}{a} = \frac{21}{11,08} \implies J \approx 1,90 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

(Ce qui confirme la valeur donnée dans l'énoncé).

1.2. **Vitesse angulaire $\dot{\theta}_{max}$ à la position d'équilibre :**
Au passage par la position d'équilibre stable ($\theta = 0$), l'énergie potentielle est nulle et l'énergie cinétique est maximale.

$$E_m = E_c(\max) = \frac{1}{2}J\dot{\theta}_{max}^2 \implies \dot{\theta}_{max} = \sqrt{\frac{2E_m}{J}}$$

$$\dot{\theta}_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 0,258}{1,9}} = \sqrt{0,2716} \implies \dot{\theta}_{max} \approx 0,521 \text{ rad/s}$$

1.3. Énergie cinétique minimale pour une rotation complète :
Pour que le pendule effectue un tour complet dans un seul sens, il doit pouvoir atteindre la position la plus haute ($\theta = \pi$) avec une vitesse au moins nulle (cas limite, $E_c(\pi) = 0$). D'après la conservation de l'énergie mécanique entre la position initiale ($\theta_0 = \frac{\pi}{3}$) et le sommet ($\theta = \pi$) :

$$E_m(\text{initiale}) = E_m(\text{sommet})$$

$$E_{c_{min}} + E_{pp}\left(\frac{\pi}{3}\right) = E_c(\text{sommet}) + E_{pp}(\pi)$$

On exprime les énergies potentielles :

$$E_{pp}(\pi) = m_1 g(2L + r)(1 - \cos\pi) = m_1 g(2L + r)(1 - (-1)) = 2m_1 g(2L + r)$$

$$E_{pp}\left(\frac{\pi}{3}\right) = m_1 g(2L + r)\left(1 - \cos\frac{\pi}{3}\right) = m_1 g(2L + r)\left(1 - \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2}m_1 g(2L + r)$$

L'équation devient :

$$E_{c_{min}} + \frac{1}{2}m_1 g(2L + r) = 0 + 2m_1 g(2L + r)$$

On isole $E_{c_{min}}$:

$$E_{c_{min}} = 2m_1 g(2L + r) - \frac{1}{2}m_1 g(2L + r)$$

$$\Longrightarrow \quad E_{c_{min}} = \tfrac{3}{2}m_1 \cdot g(2L + r)$$

Partie 2 : Mouvement d'une particule chargée

1.a. Équations horaires et équation de la trajectoire :
Le système étudié est l'électron de masse m et de charge $q = -e$. Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$, le poids est négligé, l'électron n'est soumis qu'à la force électrostatique : $\vec{F}_e = -e\vec{E}$. Pour que l'électron dévie vers la plaque P' (vers les x positifs), la force $\vec{F}_e$ doit être orientée selon $+\vec{i}$. On en déduit que $\vec{E} = -E\vec{i}$. D'après la deuxième loi de Newton :

$$m\vec{a} = -e\vec{E} \implies \vec{a} = \frac{eE}{m}\vec{i}$$

Les composantes du vecteur accélération sont donc : $a_x = \frac{eE}{m}$ et $a_z = 0$. Par intégration, avec les conditions initiales $\vec{v}_0(0, v_0)$:

$$v_x(t) = \frac{eE}{m}t \quad \text{et} \quad v_z(t) = v_0$$

Par une seconde intégration, avec $\vec{OM}(0) = \vec{0}$:

$$x(t) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 \quad \text{et} \quad z(t) = v_0 \cdot t$$

En éliminant le temps $t = \frac{z}{v_0}$, on obtient l'équation de la trajectoire :

$$x = \frac{eE}{2mv_0^2}z^2$$

(C'est l'équation d'une parabole).

1.b. Expression de la charge massique e/m :
La trajectoire passe exactement par le point A, qui se trouve à l'extrémité de la plaque P'. Les coordonnées de A sont donc $x_A = L$ et $z_A = L$. En remplaçant ces coordonnées dans l'équation de la trajectoire :

$$L = \frac{eE}{2mv_0^2}L^2 \implies 1 = \frac{e \cdot E \cdot L}{2mv_0^2}$$

On isole le rapport e/m :

$$\frac{e}{m} = \frac{2v_0^2}{E \cdot L}$$

2.a. Sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$:
L'électron est dévié vers la droite (vers $+\vec{i}$). La force magnétique $\vec{F}_m = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$ doit donc être dirigée vers $+\vec{i}$. Puisque la charge est négative $(-e)$, le produit vectoriel $(\vec{v}_0 \wedge \vec{B})$ doit être orienté vers la gauche $(-\vec{i})$. En utilisant la règle de la main droite avec $\vec{v}_0$ vers le haut $(+\vec{k})$, on déduit que $\vec{B}$ doit être entrant (perpendiculaire au plan de la figure et dirigé vers l'arrière).

$\implies$ Le sens de $\vec{B}$ est représenté par le symbole : $\otimes$

2.b. Relation pour le champ magnétique :
Dans un champ magnétique uniforme, la particule chargée décrit un mouvement circulaire uniforme de rayon $R = \frac{m \cdot v_0}{e \cdot B}$. Puisque la trajectoire est un quart de cercle tangent en O à l'axe (Oz) et passant par $A(L, L)$, le centre de ce cercle se trouve en $(L, 0)$. Le rayon est donc géométriquement $R = L$. On a donc :

$$L = \frac{m \cdot v_0}{e \cdot B} \implies \frac{e}{m} = \frac{v_0}{B \cdot L}$$

2.c. Valeurs de v_0 et e/m :
Nous disposons d'un système de deux équations pour la charge massique :

$$\frac{e}{m} = \frac{2v_0^2}{E \cdot L} \quad (1) \quad \text{et} \quad \frac{e}{m} = \frac{v_0}{B \cdot L} \quad (2)$$

En égalisant (1) et (2) :

$$\frac{2v_0^2}{E \cdot L} = \frac{v_0}{B \cdot L} \implies \frac{2v_0}{E} = \frac{1}{B} \implies v_0 = \frac{E}{2B}$$

Application numérique ($E = 4 \cdot 10^4$ V/m, $B = 1,63 \cdot 10^{-3}$ T) :

$$v_0 = \frac{4 \cdot 10^4}{2 \times 1,63 \cdot 10^{-3}} = \frac{40000}{0,00326} \implies \boxed{v_0 \approx 1,23 \cdot 10^7 \text{ m/s}}$$

On remplace v_0 dans l'équation (2) pour trouver e/m ($L = 0,04$ m) :

$$\frac{e}{m} = \frac{1,227 \cdot 10^7}{1,63 \cdot 10^{-3} \times 0,04} \implies \boxed{\frac{e}{m} \approx 1,88 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}}$$

2.d. **Vitesse v_0' pour un mouvement rectiligne :**
Si on inverse la tension entre P et P', le champ $\vec{E}$ change de sens, donc la force électrique $\vec{F}_e$ sera dirigée vers la gauche $(-\vec{i})$. La force magnétique $\vec{F}_m$ reste dirigée vers la droite $(+\vec{i})$. Pour que le mouvement de l'électron soit rectiligne (et uniforme), il faut que les deux forces se compensent (principe d'inertie) : $\vec{F}_e + \vec{F}_m = \vec{0}$. En norme, on a : $e \cdot E = e \cdot v_0' \cdot B$.

$$v_0' = \frac{E}{B}$$

Application numérique :

$$v_0' = \frac{4 \cdot 10^4}{1,63 \cdot 10^{-3}} \implies \boxed{v_0' \approx 2,45 \cdot 10^7 \text{ m/s}}$$

Chimie

Partie 1 :

L'ammoniac $\mathbf{NH_3}$ est un gaz qui se dissout dans l'eau et donne une solution basique.
De telles solutions commerciales concentrées , après dilution , sont utilisées comme produit nettoyant et détachant.
On se propose d'étudier quelques propriétés de l'ammoniac et l'hydroxylamine $\mathbf{NH_2OH}$ en solution aqueuse et déterminer la concentration de l'ammoniac dans un produit commercial à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration connue

Données :

Toutes les mesures sont faites à température $\mathbf{25°C}$;

- la masse volumique de l'eau : $\boldsymbol{\rho_0 = 1,0 g/cm^3}$;
- la masse molaire du chlorure d'hydrogène : $\mathbf{M(HCl) = 36,5}$ g/mol,
- le produit ionique de l'eau $\mathbf{Ke = 10^{-14}}$.
- $\mathbf{KA_1}$ la constante d'acidité du couple $\mathbf{NH_4^+/NH_3}$,
- $\mathbf{KA_2}$ la constante d'acidité du couple $\mathbf{NH_3OH^+/NH_2OH}$:

1. préparation de l'acide chlorhydrique

On prépare une solution $\mathbf{S_A}$ d'acide chlorhydrique de concentration $\mathbf{C_A = 0,015}$ mol/L en diluant une solution commerciale de cet acide de concentration $\mathbf{C_0}$ et de densité par rapport à l'eau $\mathbf{d = 1,15}$.
Le pourcentage massique de l'acide dans cette solution commerciale est : $\mathbf{P = 37\%}$
a) déterminer l'expression de la quantité de matière de l'acide $\mathbf{n(HCl)}$ dans un volume $\mathbf{V}$ de la solution commerciale en fonction de $\mathbf{P}$, $\mathbf{d}$, $\mathbf{V}$, et $\mathbf{M(HCl)}$; Vérifier que $\mathbf{C_0 = 11,6}$ mol/L
b) Calculer le volume de la solution commerciale qu'on peut prendre pour préparer un litre de la solution $\mathbf{S_A}$

2. Étude de quelques propriétés de la base dissoute dans l'eau

a) On considère une solution aqueuse de la base $\mathbf{B}$ de concentration $\mathbf{C}$: on note la constante d'acidité du couple $\mathbf{BH^+/B}$ par $\mathbf{K_A}$ et le taux d'avancement final de sa réaction avec l'eau par $\boldsymbol{\tau}$.
Montrer que : $\mathbf{K_A = \frac{K_e}{C} \cdot \frac{1-\tau}{\tau^2}}$
b) On mesure $\mathbf{pH_1}$ de la solution $\mathbf{S_1}$ de l'ammoniac $\mathbf{NH_3}$ et $\mathbf{pH_2}$ de la solution $\mathbf{S_2}$ d'hydroxylamine $\mathbf{NH_2OH}$ de même concentration $\mathbf{C = 1,0.10^{-2}}$ mol/L , on trouve $\mathbf{pH_1 = 10,6}$ et $\mathbf{pH_2 = 9,0}$.
Calculer les taux d'avancement final $\boldsymbol{\tau_1}$ et $\boldsymbol{\tau_2}$, successivement des réactions $\mathbf{NH_3}$ et $\mathbf{NH_2OH}$ avec de l'eau
c) Calculer la valeur de chacune des constantes $\mathbf{pKA_1}$ et $\mathbf{pKA_2}$.

Partie 2

1. Etude de la fabrication d'un savon

Les premiers savons dits " durs " ont été élaborés dans le Nord de l'actuelle Syrie au VIIIème siècle (Un savon est mou si l'on utilise de la potasse, dur si on emploie de la soude).
Le savon d'Alep est obtenu par traitement à chaud d'huile d'olive par l'hydroxyde de sodium.
Le processus chimique qui aboutit au savon peut se formuler ainsi :

huile d'olive + soude = savon + glycérol

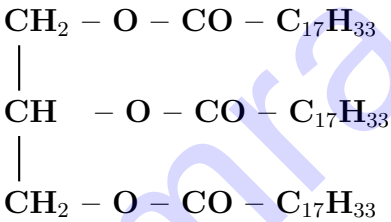
Les deux produits de la réaction sont séparés lors de l'opération de relargage.
Fabrication ń en chaudron ż du savon d'Alep.
La technique, pratiquée à l'ancienne, dure plus d'une semaine et comprend les quatre phases suivantes :

Elomrani

L'empâtage : il consiste à mettre en présence l'huile d'olive et la soude caustique dans des proportions données (de telle manière que la soude soit en quantité suffisante pour saponifier complétement l'huile) et à les mélanger intimement en les faisant bouillir en présence d'eau dans une cuve.
Le relargage : les deux produits sont séparés en ajoutant de l'eau salée. L'ensemble se divise en deux couches. La partie inférieure, mélangée avec de l'eau, est retirée par le fond du chaudron à travers une tubulure.
La cuisson : la pâte de savon restant dans le chaudron est chauffée à ébullition pendant de nombreuses heures avec un excès de soude caustique.
Les lavages : ils éliminent l'excès de soude restant dans le savon. On fait bouillir la pâte de savon avec de l'eau salée en deux ou trois lavages successifs, jusqu'à ce que le savon ne contienne plus qu'une proportion donnée de soude. Enfin, la pâte chaude du savon d'Alep est sortie de la cuve pour être étendue, sur une feuille de papier, afin qu'elle refroidisse et perde une partie de son eau.

D'après un article de la compagnie générale de cosmétique

1.1. D'après le texte, quels sont les réactifs de la saponification produisant le savon d'Alep ?
1.2. Donner la formule chimique de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ainsi que la formule du glycérol (ou **propan - 1,2,3 - triol**).
1.3. Un des corps gras utilisés pour la fabrication du savon d'Alep est l'oléine de formule représentée a côté :



Écrire l'équation chimique de la réaction associée à la transformation qui conduit au savon d'Alep.
1.4. D'après le texte, quel réactif est introduit en excès lors de la saponification ?
1.5. Parmi les quatre techniques citées (soulignées dans le texte), laquelle est utilisée pour extraire le savon du milieu réactionnel ?
Expliquer son principe à l'aide du tableau suivant :

	Eau	**Eau salée**
Savon	**Peu soluble**	**Très peu soluble**

1.6. Les ions carboxylate présents dans ce savon comportent deux parties, une partie hydrophile et une partie hydrophobe. Définir ces deux termes.
1.7. Donner la formule semi-développée de l'ion carboxylate en indiquant les deux parties precedemment citées.

2. Etude de la fabrication d'un parfum

Le savon d'Alep est parfumé à partir d'essences naturelles .Aujourd'hui, de nombreux savons sont parfumés par ajout d'un ester synthétique. On s'intéresse dans cette partie à la fabrication d'un ester dont l'odeur rappelle celle de l'abricot. Il s'agit du butanoate de pentyle de formule semi-développée : $\mathbf{CH_3 - (CH_2)_2 - CO_2 - (CH_2)_4 - CH_3}$.

2.1. Estérification

2.1.1. Donner les formules semi-développées et les noms respectifs de l'acide carboxylique **A** et de l'alcool **B** qui réagissent pour donner cet ester.
2.1.2. Écrire l'équation chimique de la réaction d'estérification modélisant cette transformation.
2.1.3. Cette transformation est-elle lente ou rapide ? Totale ou limitée

Elomrani

2.2. Suivi cinétique de l'estérification

Afin de suivre l'évolution au cours du temps de l'avancement $\boldsymbol{x}$ de cette réaction chimique, on réalise l'expérience suivante : on mélange $\mathbf{16,0}$ mL de l'acide carboxylique **A** pur, $\mathbf{0,17}$ mol de l'alcool **B** et **2** mL d'une solution aqueuse d'acide sulfurique concentrée. Le mélange est réparti dans plusieurs ampoules chauffées à 50°C.

À intervalles de temps réguliers, on dose le contenu des ampoules par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $\mathbf{c_B = 2,0}$ mol.L^{-1} en présence d'un indicateur coloré.

L'équivalence est obtenue pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium noté $\mathbf{V_{BE}}$.

2.2.1. Le mélange réactionnel préparé est-il équimolaire ? Justifier.

Données : * Masse volumique de l'acide carboxylique A : $\boldsymbol{\rho_A = 0,96}$ g.mL^{-1}

* Masse molaire de l'acide carboxylique A : $\mathbf{M_A = 88}$ g.mol^{-1}

2.2.2. On plonge chaque ampoule dans l'eau glacée avant d'effectuer le dosage. Pourquoi ?

2.2.3. Lors de l'ajout de la solution d'hydroxyde de sodium, les ions hydroxyde réagissent simultanément avec les deux acides présents dans l'ampoule :

- d'une part avec les ions oxonium ($\mathbf{H_3O^+}$) libérés par l'acide sulfurique selon l'équation

$$\mathbf{H_3O^+ + HO^- \rightleftharpoons 2H_2O}$$

- d'autre part avec l'acide carboxylique **A** (de formule notée $\mathbf{RCO_2H}$) selon l'équation

$$\mathbf{RCO_2H + HO^- \rightleftharpoons RCO_2^- + H_2O}$$

Montrer que la quantité d'acide carboxylique **A** présent dans une ampoule à l'instant de date t est donnée par la relation : $\mathbf{n_{RCO_2H}(t) = c_B V_{BE} - n_{H_3O^+}}$

$\mathbf{n_{H_3O^+}}$ représente la quantité de matière d'ions oxonium libérés par l'acide sulfurique.

2.2.4. Montrer que l'avancement de la réaction d'estérification à ce même instant de date t a pour expression :

$$\mathbf{x(t) = n_{RCO_2H}(t=0) - c_B V_{BE} + n_{H_3O^+}}$$

On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.

2.2.5. À l'aide des données ci-dessous, calculer $\mathbf{x_{60}}$ l'avancement de la réaction à l'instant de date $\mathbf{t = 60}$ min.

Données :

- Un dosage par la solution d'hydroxyde de sodium des ions oxonium apportés par l'acide sulfurique dans chaque ampoule fournit, après calculs, la quantité de matière en ions oxonium $\mathbf{n_{H_3O^+} = 3,2 \times 10^{-3}}$ mol
- Quantité de matière d'acide carboxylique A introduit à t = 0s : $\mathbf{n_{RCO_2H}(t=0) = 2,3 \times 10^{-2}}$ mol
- Volume équivalent de la solution d'hydroxyde de sodium versé lors du dosage d'une ampoule à l'instant de date $\mathbf{t = 60}$ min : $\mathbf{V_{BE} = 6,7}$ mL.

2.3. Les dosages ayant été effectués, on trace le graphe de la variation de l'avancement $\boldsymbol{x}$ de la réaction en fonction du temps :

Répondre par VRAI ou FAUX aux propositions données ci-dessous en justifiant clairement la réponse.

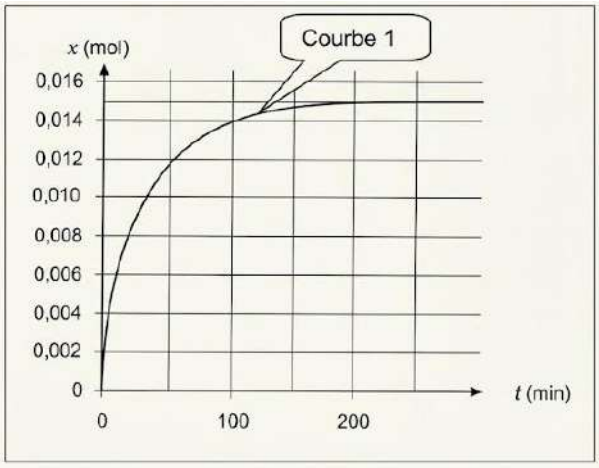
2.3.1. **Proposition 1 :** On peut obtenir ń davantage d'ester ż en éliminant l'eau formée au cours de la transformation.

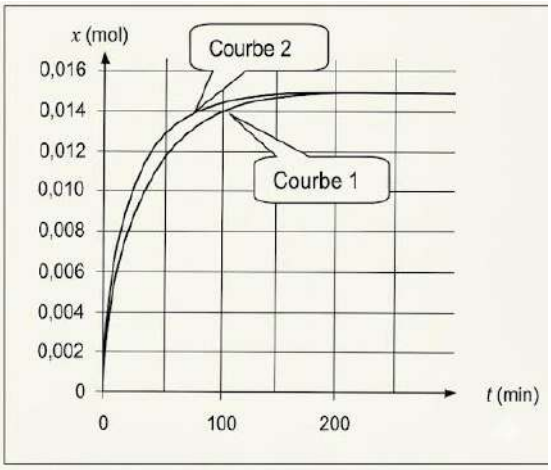
2.3.2. **Proposition 2 :** La vitesse volumique instantanée de la réaction augmente au cours du temps.

2.3.3. **Proposition 3 :** Le temps de demi-réaction vaut 100 min.

2.3.4. **Proposition 4 :** Si la température du milieu réactionnel augmente, on peut obtenir la courbe 2 suivante :

Elomrani





Physique 1

Partie 1 Propagation d'une onde mécanique : la houle

Sous l'effet du vent une houle est engendrée. Les vagues de la houle se succèdent et arrivent parallèlement a l'entrée d'un port limité par deux digues séparées par un passage de largeur $\mathbf{a = 20}$ m (**Figure 1**).
Deux vagues successives de cette houle sont espacées de la distance $\mathbf{d = 20}$ m.
Un capteur fixé sur un ballon (A) se trouvant à la surface de l'eau a permis, avec un système d'acquisition informatique adéquat, d'obtenir la courbe de la **figure 2** représentant l'élongation $\mathbf{y_M(t)}$ d'un point M de ce ballon à partir de l'instant $\mathbf{t = 0}$ choisi comme origine des dates.

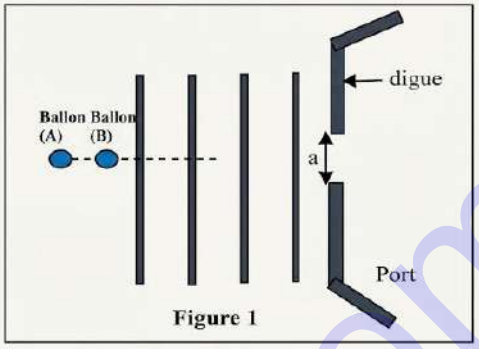


Figure 1

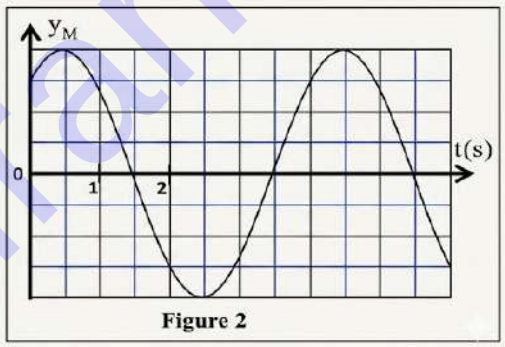


Figure 2

1- Donner le nombre d'affirmations justes parmi les affirmations suivantes :

- **a-** Une onde est dite progressive si son amplitude augmente avec le temps.
- **b-** Une onde est dite transversale quand la perturbation se fait de proche en proche.
- **c-** La dispersion est un phénomène souvent utilisé pour démontrer la nature ondulatoire de la houle.
- **d-** La célérité d'une onde mécanique progressive dépend de l'amplitude de la perturbation.

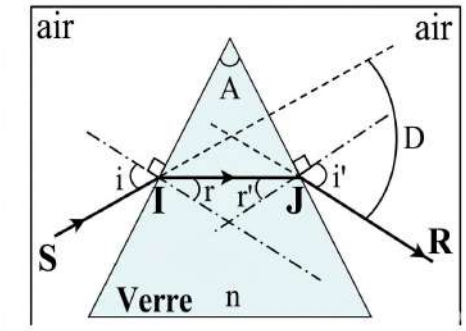
2- Déterminer la vitesse de propagation de cette houle.

3- Représenter, dans l'intervalle $\tau \leq \mathbf{t} \leq \mathbf{6}$ s, l'allure de l'élongation $\mathbf{y_N(t)}$ d'un point N du ballon (B) situé à une distance $\mathbf{MN = 10}$ m du point M (**figure 1**) avec τ le retard temporel du mouvement de **N** par rapport à **M**.

4- La houle atteint l'entrée du port. Déterminer l'angle α qui délimite la zone touchée par le phénomène qui se produit lors du passage de la houle.

Elomrani

Partie 2 Etude d'un prisme Taraiter chez soi



On considere un un prisme équilatéral en verre d'indice de réfraction $\mathbf{n = 1,5}$
Un rayon lumineux monochromatique de longueur d'onde λ issus d'une source **(S)** de fréquence ν arrive sur l'une des faces du prisme sous une incidence d'angle $\mathbf{i = 50°}$, subit deux refractions aux points I et J.
On donne l'indice de réfraction de l'air $\mathbf{n_a = 1}$ et la célérité des ondes dans l'air $\mathbf{C = 3.10^8 m.s^{-1}}$

1- Quel est le phénomène qui a lieu au niveau du prisme ?

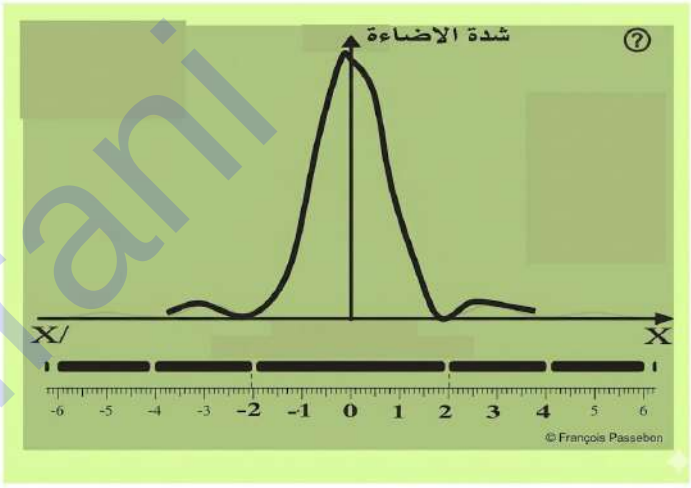
2- Calculer les valeurs des angles : $\mathbf{r}$, $\mathbf{r'}$, $\mathbf{i'}$ et $\mathbf{D}$.

3- On suppose que $\mathbf{i = i'}$, Démontrer que $\mathbf{r = r'}$ et $\mathbf{D + A = 2i}$.

4- On suppose que tous les angles sont petits ($\sin(\alpha) \approx \alpha$, α en rad). Démontrer que $\mathbf{D = A(n - 1)}$.

5- On pose $\mathbf{K = \frac{\sin i}{\sin i'}}$, démontrer que $\tan \mathbf{r = \frac{K \sin A}{K \cos A + 1}}$.
On donne : $\sin(a - b) = \sin(a).\cos(b) - \cos(a).\sin(b)$.

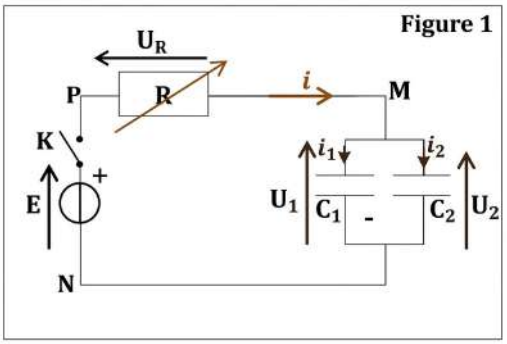
Partie 3 Taraiter chez soi



Un technicien de laboratoire cherche à déterminer la longueur d'onde λ d'émission d'un laser produisant une lumière verte.
Le laser est placé devant une fente de largeur $\mathbf{a}$.
Cette fente se situe à une distance $\mathbf{D}$ d'un écran.
on choisit une fente de largeur $\mathbf{a = 82\,\mu m}$ et on fixe la distance fente-écran à $\mathbf{D = 3,00\,m}$, puis on remplace l'écran par un capteur à photodiodes toujours placé à la même distance $\mathbf{D}$ de la fente. Ce capteur est relié à un logiciel de traitement du signal,
on obtient l'enregistrement a coté
Déterminer la valeur expérimentale de la longueur d'onde de ce laser et comparer à la valeur théorique donnée par le constructeur ($\lambda = \mathbf{540\,nm}$ **à 2% prés**)
on admet que l'écart angulaire est petit

Elomrani

Physique 2 Electricité

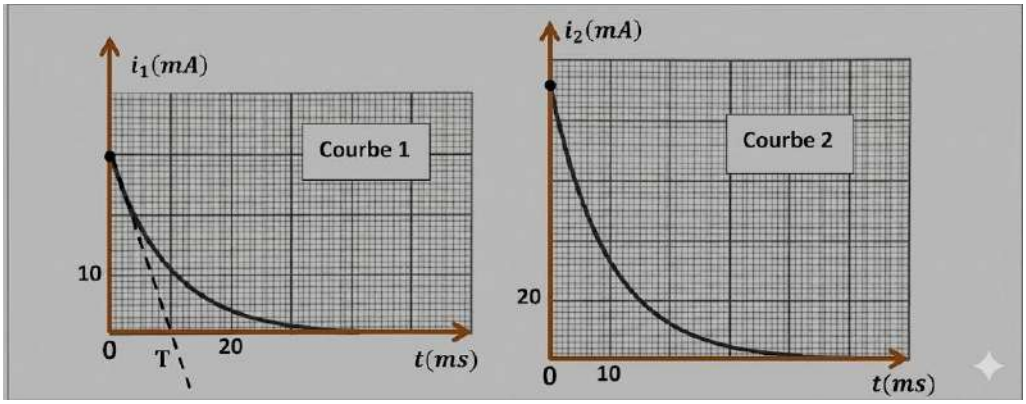


Le circuit de la **figure 1** comporte :

- Un générateur idéal de force électromotrice $\mathbf{E}$;
- Deux condensateurs initialement non chargés, de capacités $\mathbf{C_1, C_2}$
- Un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R}$ variable

On fixe la résistance sur la valeur $\mathbf{R = 50\ \Omega}$ et on ferme l'interrupteur K a l'instant $\mathbf{t = 0}$,

un système informatique permet de tracer les courbes de variation des intensités du courant à travers chaque condensateur ($\mathbf{i_1(t)}$ et $\mathbf{i_2(t)}$) (**Voir Figure 2**) (**T** la tangente à la courbe 1 à t=0)



1- Etablir l'équation différentielle que vérifie la tension $\mathbf{U_1(t)}$ aux bornes du condensateur de capacité $\mathbf{C_1}$.

2- L'équation différentielle précédente admet la solution $\mathbf{U_1(t) = A.(1 - e^{-\alpha t})}$.
Déterminer les expressions de **A** et α en fonction des paramètres du circuit. Que représente α ?

3- Montrer que l'équation différentielle que vérifie $\mathbf{i_1(t)}$ s'écrit sous la forme :

$$\frac{d}{dt}i_1 + \frac{1}{R(C_1 + C_2)}i_1 = 0$$

4- Montrer qu'à la date $\mathbf{t = 0}$: $\mathbf{i_1(0) = \frac{C_1.E}{\tau}}$ et $\mathbf{i_2(0) = \frac{C_2.E}{\tau}}$

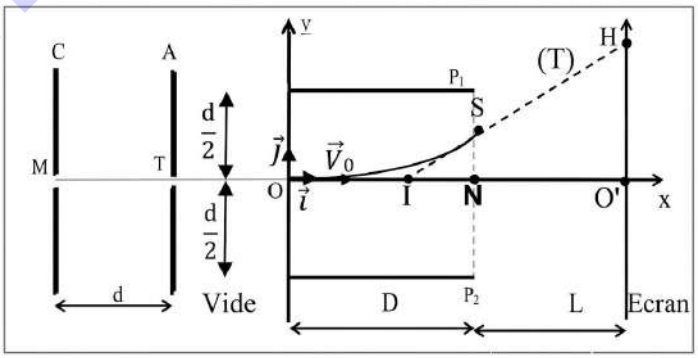
5- Déterminer graphiquement les valeurs de : $\tau, \mathbf{E}, \mathbf{C_1}$ et $\mathbf{C_2}$.

Physique 3 Mécanique

Le dispositif ci-contre comprend :

• Deux plaques métalliques **(C)** et **(A)** verticales placées dans le vide à une distance $\mathbf{d = 10}$cm l'une de l'autre et soumises à une tension $\mathbf{U_{CA} = 500}$V ou règne un champ électrique uniforme $\mathbf{\tilde{E}_0}$

• Deux plaques métalliques $(\mathbf{P_1})$ et $(\mathbf{P_2})$ horizontales placées dans le vide à une distance $\mathbf{d = 10}$cm l'une de l'autre ou règne un champ électrique uniforme $\mathbf{\tilde{E}}$



Une particule (ion aluminium) $\mathbf{^{27}Al^{3+}}$ est abandonnée sans vitesse initiale à partir du Trou (M) à l'instant $\mathbf{t = 0}$ et se déplace sur une trajectoire rectiligne et passe par le Trou (T)
On donne :

Elomrani

- charge élémentaire $\mathbf{e = 1,6.10^{-19}}$ C,
- $\mathbf{m(Al^{3+}) = 4,5.10^{-26}}$ Kg, $\mathbf{D = 20}$cm, $\mathbf{L = 5}$cm, $\mathbf{E = 500}$ $\mathbf{Vm^{-1}}$, $\mathbf{g = 10}$ $\mathbf{m.s^{-2}}$
- Le point N représente la projection orthogonale de S sur l'axe $\mathbf{o\tilde{x}}$ ($\mathbf{IN = \frac{D}{2}}$)

I) Etude de mouvement de la particule Al^{3+} entre les plaques C et A

1) Démonter que le mouvement de la particule est uniformément accéléré et calculer l'accélération a du mouvement

2) la particule passe par le Trou (T) avec une vitesse horizontale $\tilde{\mathbf{V}}_\mathbf{T}$, montrer que $\mathbf{V_T \approx 10^5}$ $\mathbf{m.s^{-1}}$
On néglige le poids de la particule devant la force électrique

II) Etude de mouvement de la particule Al^{3+} entre la plaque A et l'axe $o\tilde{y}$

Montrer que le mouvement est rectiligne uniforme

III) Etude de mouvement de la particule Al^{3+} entre la plaque (P_1) et (P_2)

la particule pénètre entre les plaques a une nouvelle origine des dates ($\mathbf{t = 0}$) avec une vitesse $\tilde{\mathbf{V}}_\mathbf{0}$ de valeur $\mathbf{V_0 = 10^5}$ $\mathbf{m.s^{-1}}$ et quitte le champ au point **S**, elle poursuit ensuite son mouvement et heurte l'écran fluorescent en un point **H**. La droite (T) représente la tangente à la trajectoire au point **S**

1) Préciser en justifiant votre réponse le sens du champ électrique $\tilde{\mathbf{E}}$ entre les plaques $(\mathbf{P_1})$ et $(\mathbf{P_2})$

2) faire le bilan des forces exercées sur la particule, calculer l'intensité de chacune d'elles, que peut-on conclure

3) En appliquant la deuxième loi de Newton dans le référentiel galiléen R $(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{j}})$, établir les équations horaires des vitesses $\mathbf{V_x(t)}$ et $\mathbf{V_y(t)}$ et déduire les équations $\mathbf{x(t)}$ et $\mathbf{y(t)}$ du mouvement de la particule (équations littérales et numériques)

4) Déterminer l'équation de la trajectoire, déduire la nature du mouvement

5) étude du point de sortie de la particule (S)

5-1 calculer le temps $\mathbf{t_{(S)}}$ de passage de la particule par le point **(S)**

5-2 Déterminer l'ordonnée $\mathbf{y(S)}$ du point **(S)**, a combien de centimètres la particule est elle rapprochée de la plaque $\mathbf{P_1}$

5-3 Calculer l'angle de déviation de la particule

5-4 Déterminer $\mathbf{V_x}$ et $\mathbf{V_y}$ au point **S**, calculer la vitesse de la particule en **S**

6) Montrer que le mouvement de particule a la sortie des plaques est rectiligne uniforme

7) Montrer que la déviation électrique $\mathbf{D_e}$ de la particule s'écrit : $\mathbf{D_e = \frac{3e.E}{m.V_0^2}.D(L + \frac{D}{2})}$

8) on fait varier la tension $\mathbf{U = U_{P_1P_2}}$. Montrer pour que la particule ne rencontre pas la plaque $\mathbf{P_1}$ il faut que **U** doit être strictement inférieure a une valeur maximale $\mathbf{U_0}$ ($\mathbf{U < U_0}$) : la condition d'émergence de la particule)
Etablir l'expression de $\mathbf{U_0}$ en fonction de $\mathbf{m, d, V_0, e}$ et **D**

VI) la particule arrivant en **O** avec la vitesse $\tilde{\mathbf{V}}_\mathbf{0} = \mathbf{V_0}\tilde{\mathbf{i}}$ est soumise en plus du champ électrostatique précédent à un champ magnétique uniforme $\tilde{\mathbf{B}}$ orthogonal à $\tilde{\mathbf{E}}$.
On fixe l'intensité du champ magnétique sur la valeur $\mathbf{B = 1,01}$ mT, la particule passe par le point **N** avec une vitesse $\tilde{\mathbf{V}}$ horizontale puis déviée vers le haut sous l'action d'un champ magnétique uniforme $\tilde{\mathbf{B}}'$ selon un mouvement circulaire uniforme de rayon de trajectoire **R** et heurte l'écran en un point **K** ($\mathbf{O'K = h}$)
On néglige le poids de la particules devant les autres forces

1) Déterminer le sens du vecteur champ magnétique $\tilde{\mathbf{B}}$.

2) Exprimer la vitesse de la particule en fonction de **E** et **B**.

3) **3-1** Montrer que l'expression de R est $\mathbf{R = \frac{h^2+L^2}{2h}}$
3-2 Démontrer que $\mathbf{\frac{e}{m} = \frac{2Eh}{3B^2(L^2+h^2)}}$

Elomrani

Partie 2 **Etude du mouvement d'un cylindre** **Taraiter chez soi**

Les cylindres tournants sont utilisés dans plusieurs appareils mécaniques et électromécaniques…
Dans cette partie on étudie le mouvement d'un système mécanique formé par un cylindre et un corps solide.
Ce système est constitué d'un corps (S) de masse m et de centre d'inertie G accroché à un fil, inextensible et de masse négligeable, enroulé autour d'un cylindre (C) de rayon R, tournant librement autour de son axe (Δ) fixe et horizontal. On note J_Δ le moment d'inertie du cylindre par rapport à l'axe (Δ).
Le mouvement de (S) entraine la rotation du cylindre(figure 1). Le fil ne glisse pas sur le cylindre au cours du mouvement.
On repère la position d'un point du cylindre, à chaque instant t, par son abscisse angulaire θ et le centre d'inertie G de (S) par sa côte z dans le repère $(O';\vec{k})$.
On étudie le mouvement du système dans un repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.
On abandonne le système sans vitesse initiale et on choisit l'abscisse angulaire $\theta = 0$ à l'instant t=0.
Données : m=0,5kg ; R=6cm ; g=10 m.s^{-2}

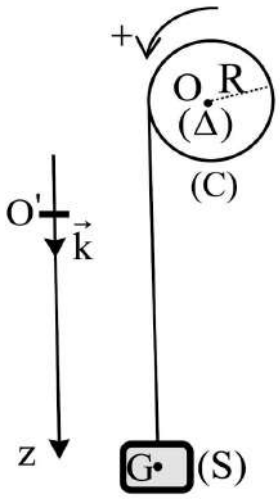


Figure 1

1-Premier cas : On néglige tous les frottements.
1-1- En appliquant au système la deuxième loi de Newton et la relation fondamentale de la dynamique dans le cas de la rotation, trouver l'expression de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$ du mouvement du cylindre en fonction de m, R, g, et J_Δ. **(0,5pt)**
1-2- La courbe de la figure 2 représente l'évolution temporelle de la vitesse angulaire $\dot{\theta}(t) = \frac{d\theta}{dt}$ du mouvement du cylindre.
Trouver la valeur de J_Δ. **(0,5pt)**
1-3- Trouver le nombre de tours effectués par le cylindre pendant les dix premières secondes (10s). **(0,5pt)**

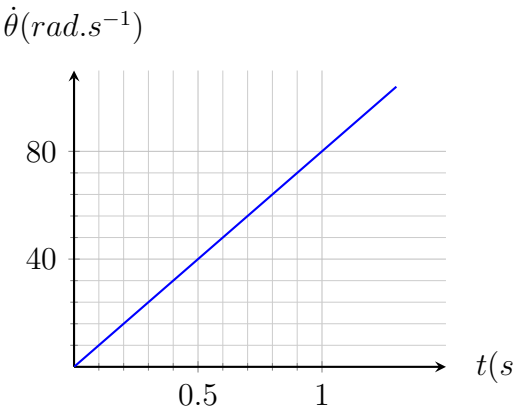


Figure 2

2-Deuxième cas : On tient compte de l'action de l'air sur le cylindre
Pour le mouvement de (S), les frottements dus à l'air sont négligeables.
On fixe sur le cylindre des plaques de masses négligeables. Le cylindre est alors soumis à la résistance de l'air (due à ces plaques) dont le moment par rapport à (Δ) est modélisé par $M_\Delta = -k.\dot{\theta}$ où $\dot{\theta}$ est la vitesse angulaire du cylindre et k une constante positive.

2-1- Montrer que l'équation différentielle du mouvement du cylindre vérifiée par la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ s'écrit : $\frac{d\dot{\theta}}{dt} + \frac{1}{\tau}.\dot{\theta} = A$ où τ est le temps caractéristique du mouvement et A une constante exprimée en fonction des grandeurs nécessaires. **(0,5pt)**

2-2- Ecrire l'expression de τ en fonction de m, R, k et J_Δ puis vérifier, en utilisant les équations aux dimensions, qu'elle a la dimension d'un temps. **(0,5pt)**

2-3- Ce genre de système, dont le principe est utilisé dans plusieurs domaines, permet après un régime transitoire d'obtenir une vitesse angulaire constante $\dot{\theta} = \omega$.
Exprimer ω en fonction de m, g, R et k. **(0,25pt)**

Elomrani

CHIMIE

Acides/Bases, Saponification et Estérification

Partie 1 : Ammoniac et hydroxylamine

1. Préparation de l'acide chlorhydrique a) Expression de la quantité de matière $n(HCl)$ et C_0 : La masse de la solution commerciale est $m = d \cdot V \cdot \rho_0$. La masse d'acide pur est $m(HCl)_{pure} = m \times P = d \cdot V \cdot \rho_0 \cdot P$.

$$n(HCl) = \frac{m(HCl)_{pure}}{M} = \frac{d \cdot V \cdot \rho_0 \cdot P}{M}$$

La concentration commerciale C_0 est :

$$C_0 = \frac{n(HCl)}{V} = \frac{d \cdot \rho_0 \cdot P}{M}$$

Application numérique : $C_0 = \frac{1{,}15 \times 1000 \times 0{,}37}{36{,}5}$. $\boxed{C_0 = 11{,}6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

b) Volume V à prélever pour préparer S_A : D'après la relation de dilution : $C_0 \cdot V = C_A \cdot V_A \implies V = \frac{C_A \cdot V_A}{C_0}$.

$$V = \frac{0{,}015 \times 1}{11{,}6} = 1{,}29 \cdot 10^{-3} \text{ L} \implies \boxed{V \simeq 1{,}3 \text{ mL}}$$

---

2. Étude de propriétés de la base dissoute a) Démonstration de K_A : Équation de la réaction : $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + HO^-$. La constante d'acidité est : $K_A = \frac{[H_3O^+][B]}{[BH^+]} = \frac{K_e \cdot [B]}{[HO^-][BH^+]}$. D'après le tableau d'avancement, $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[HO^-]V}{CV} = \frac{[HO^-]}{C} \implies [HO^-] = [BH^+] = \tau C$. La concentration de la base restante est $[B] = C - [HO^-] = C - \tau C = C(1-\tau)$. En remplaçant dans l'expression de K_A : $\boxed{K_A = \frac{K_e \cdot C(1-\tau)}{(\tau C)^2} = \frac{K_e(1-\tau)}{C\tau^2}}$

b) Calcul des taux d'avancement finaux τ_1 et τ_2 : On a $\tau = \frac{[HO^-]}{C} = \frac{K_e}{[H_3O^+] \cdot C} = \frac{K_e}{10^{-pH} \cdot C}$. * Pour S_1 (NH_3) : $\tau_1 = \frac{10^{-14}}{10^{-10{,}6} \times 10^{-2}} = 10^{-1{,}4} \simeq 0{,}0398 \implies \boxed{\tau_1 \simeq 4\%}$. * Pour S_2 (NH_2OH) : $\tau_2 = \frac{10^{-14}}{10^{-9} \times 10^{-2}} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} \implies \boxed{\tau_2 = 10^{-3} = 0{,}1\%}$.

c) Calcul des constantes pKA_1 et pKA_2 : * $K_{A1} = \frac{10^{-14}(1-0{,}0398)}{10^{-2} \times (0{,}0398)^2} \simeq 6 \cdot 10^{-10} \implies \boxed{pKA_1 = 9{,}22}$. * $K_{A2} = \frac{10^{-14}(1-10^{-3})}{10^{-2} \times (10^{-3})^2} \simeq 10^{-6} \implies \boxed{pKA_2 = 6}$.

Elomrani

Partie 2 : Fabrication d'un savon et d'un parfum

1. Étude de la fabrication d'un savon 1.1. Les réactifs sont l'hydroxyde de sodium (soude caustique) et l'huile d'olive. **1.2.** Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium : $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$. Glycérol (propan-1,2,3-triol) : $HO - CH_2 - CH(OH) - CH_2 - OH$. **1.3.** Équation chimique de la saponification :

$$\begin{array}{l} CH_2 - O - CO - C_{17}H_{33} \\ \quad | \\ CH - O - CO - C_{17}H_{33} \\ \quad | \\ CH_2 - O - CO - C_{17}H_{33} \end{array} + 3(Na^+ + HO^-) \rightarrow \begin{array}{l} CH_2 - OH \\ \quad | \\ CH - OH \\ \quad | \\ CH_2 - OH \end{array} + 3(C_{17}H_{33} - COO^- + Na^+)$$

1.4. Le texte indique que la soude est introduite **en excès**. **1.5.** Le savon est extrait lors du **relargage**. L'apport d'eau salée diminue la solubilité du savon, celui-ci précipite vers le fond du chaudron puis est extrait. **1.6.** *Hydrophile* : signifie que cette partie a une affinité importante pour l'eau (soluble dans l'eau). *Hydrophobe* : signifie que cette partie n'a aucune affinité pour l'eau (fuit l'eau). **1.7.** Formule semi-développée : $\underbrace{C_{17}H_{33}}_{\text{partie hydrophobe}} - \underbrace{COO^-}_{\text{partie hydrophile}}$.

---

2. Étude de la fabrication d'un parfum (Estérification) 2.1.1. L'alcool est le **pentan-1-ol** : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$. L'acide carboxylique est l'**acide butanoïque** : $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$. **2.1.2.** Équation chimique :

$$CH_3-(CH_2)_2-CO_2H + HO-(CH_2)_4-CH_3 \rightleftharpoons CH_3-(CH_2)_2-CO_2-(CH_2)_4-CH_3 + H_2O$$

2.1.3. Cette transformation est **lente et limitée**.
2.2. Suivi cinétique de l'estérification 2.2.1. Quantité de matière initiale de l'acide butanoïque :

$$n_A = \frac{m}{M_A} = \frac{\rho_A \cdot V}{M_A} = \frac{0,96 \times 16,0}{88} = 0,17 \text{ mol}$$

Le mélange contient initialement $0,17$ mol d'acide et $0,17$ mol d'alcool. Le mélange est **équimolaire**. **2.2.2.** Le refroidissement brutal (trempe) permet de **stopper la réaction d'estérification** à la date t, ainsi le dosage reflète exactement la composition à cet instant. **2.2.3.** À l'équivalence, les ions HO^- réagissent simultanément avec les deux acides :

$$n(HO^-)_{vers} = n(acides)_{prsents} \implies C_B \cdot V_{BE} = n(H_3O^+) + n(RCO_2H)$$

$$n(RCO_2H) = C_B \cdot V_{BE} - n(H_3O^+)$$

Elonrani

2.2.4. D'après le tableau d'avancement, $x(t) = n(RCO_2H)_{t=0} - n(RCO_2H)_t$. En remplaçant l'expression précédente :

$$x(t) = n(RCO_2H)_{t=0} - (C_B \cdot V_{BE} - n(H_3O^+)) = n(RCO_2H)_{t=0} - C_B \cdot V_{BE} + n(H_3O^+)$$

2.2.5. Calcul de l'avancement x_{60} :

$$x_{60} = 2,3 \cdot 10^{-2} - (2,0 \times 6,7 \cdot 10^{-3}) + 3,2 \cdot 10^{-3} = 23 \cdot 10^{-3} - 13,4 \cdot 10^{-3} + 3,2 \cdot 10^{-3} = 12,8 \cdot 10^{-3}$$

$$x_{60} \simeq 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

2.3. Exploitation du graphe (Vrai/Faux) 2.3.1. Proposition 1 : VRAI. Le quotient de réaction est $Q_r = \frac{[ester][H_2O]}{[acide][alcool]}$. En éliminant l'eau, $Q_r \approx 0 < K$, le système évolue dans le sens direct jusqu'à consommation du réactif limitant. **2.3.2. Proposition 2 : FAUX.** La vitesse est proportionnelle au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$. Ce coefficient diminue au cours du temps, donc la vitesse **diminue**. **2.3.3. Proposition 3 : FAUX.** Le temps de demi-réaction correspond à $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$. Ici $x_f \simeq 0,015$ mol $\implies$ $x(t_{1/2}) = 0,0075$ mol. Or, à $t = 100$ min, $x(t) \simeq 0,014$ mol $\neq \frac{x_f}{2}$. **2.3.4. Proposition 4 : VRAI.** La température est un **facteur cinétique**. x_f sera atteint plus rapidement, mais sa valeur finale reste identique.

PHYSIQUE 1

Ondes mécaniques (Houle), Prisme et Diffraction

Elomari

Partie 1 : Propagation d'une onde mécanique (la houle)

1) Affirmations justes : a : Fausse, b : Fausse, c : Fausse, d : Fausse. $\implies$ **Aucune affirmation n'est juste**.

2) Vitesse de propagation V : 2 vagues successives sont espacées de $d = 20$ m $\implies$ $\lambda = 20$ m. La courbe $y_M = f(t)$ donne une période $T = 4$ s. On sait que $V = \frac{\lambda}{T} \implies V = \frac{20}{4}$. $V = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3) Allure de l'élongation $y_N(t)$: Le retard temporel est $\tau(N) = \frac{MN}{V} = \frac{10}{5} = 2$ s. Le début du mouvement de N se fait à $t = 2$ s. N reproduit le même mouvement que M avec un retard τ : $y_N(t) = y_M(t - \tau)$. (Le graphe tracé dans les notes montre une sinusoïde démarrant à $t = 2$ s et évoluant de la même manière que y_M, c'est-à-dire avec un premier déplacement vers le haut).

4) Détermination de l'angle α : Le phénomène qui se produit est la **diffrac-**

tion, caractérisé par l'écart angulaire $\theta = \frac{\lambda}{a}$. La zone de diffraction est limitée par les 2 rayons R_1 et R_2. L'angle délimitant cette zone est $\alpha = 2\theta = \frac{2\lambda}{a}$. $\alpha = \frac{2\times 20}{20} \implies \alpha = 2$ **rad** .

Partie 2 : Étude d'un prisme

1) Le phénomène est la **réfraction** (et dispersion s'il s'agissait de lumière blanche).

2) Calcul des angles r, r', i' et D : Le prisme est un triangle équilatéral $\implies$ 3 angles de $60°$ chacun, donc l'angle au sommet $A = 60°$. * Angle r : $\sin i = n \sin r \implies \sin r = \frac{\sin(50°)}{1{,}5} \simeq 0{,}51 \implies r \simeq 30{,}66°$. * Angle r' : $A = r + r' \implies r' = 60° - 30{,}66° \implies r' = 29{,}34°$. * Angle i' : $n \sin r' = \sin i' \implies \sin i' = 1{,}5 \times \sin(29{,}34°) \simeq 0{,}73 \implies i' \simeq 46{,}88°$. * Angle D : $D = i + i' - A = 50° + 46{,}88° - 60° \implies D = 36{,}88°$.

3) Démonstration si $i = i'$: Si $i = i'$, alors $\sin i = \sin i'$. D'après les lois de Descartes : $n \sin r = n \sin r' \implies \sin r = \sin r' \implies r = r'$. L'angle de déviation $D = i + i' - A \implies D = 2i - A \implies D + A = 2i$.

4) Démonstration pour de petits angles : Pour les petits angles, $\sin x \simeq x$ (en rad). Les relations deviennent : $i = n \cdot r$ et $i' = n \cdot r'$. $D = i + i' - A = n \cdot r + n \cdot r' - A = n(r + r') - A$. Or $A = r + r'$, donc $D = nA - A \implies D = A(n-1)$.

5) Démonstration de l'expression de $\tan r$: On a les équations (1) $\sin i = n \sin r$ et (2) $n \sin r' = \sin i'$. On pose $K = \frac{\sin i}{\sin i'}$ et on cherche à éliminer r'. On sait que $A = r + r' \implies r' = A - r$. En remplaçant dans (2) : $n \sin(A - r) = \sin i'$. En développant : $n(\sin A \cos r - \cos A \sin r) = \sin i'$ (Équation 3). On divise l'équation (1) par l'équation (3) :

$$\frac{\sin i}{\sin i'} = \frac{n \sin r}{n(\sin A \cos r - \cos A \sin r)} \implies K = \frac{\sin r}{\sin A \cos r - \cos A \sin r}$$

On divise le numérateur et le dénominateur par $\cos r$:

$$K = \frac{\frac{\sin r}{\cos r}}{\frac{\sin A \cos r}{\cos r} - \frac{\cos A \sin r}{\cos r}} = \frac{\tan r}{\sin A - \cos A \tan r}$$

$$K(\sin A - \cos A \tan r) = \tan r \implies K \sin A = \tan r + K \cos A \tan r$$

$$K \sin A = \tan r(1 + K \cos A) \implies \tan r = \frac{K \sin A}{K \cos A + 1}$$

Elmrani

Partie 3 : Détermination expérimentale de λ

1) Valeur expérimentale de λ : D'après la figure de diffraction, $\theta = \frac{L}{2D}$ et on sait que $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \implies \lambda_{exp} = \frac{a \cdot L}{2D}$$

D'après la figure (tache centrale), $L = 4$ cm $= 4 \cdot 10^{-2}$ m.

$$\lambda_{exp} = \frac{82 \cdot 10^{-6} \times 4 \cdot 10^{-2}}{2 \times 3} = 5,466 \cdot 10^{-7} \text{ m} \implies \lambda_{exp} = 547 \textbf{ nm}$$

2) Comparaison avec la valeur constructeur : Le constructeur donne $\lambda_{th} = 540$ nm $\pm\ 2\%$. La marge de tolérance est : $540 - \left(\frac{2}{100} \times 540\right) \leq \lambda_{th} \leq 540 + \left(\frac{2}{100} \times 540\right)$.

$$529,2 \text{ nm} \leq \lambda_{th} \leq 550,8 \text{ nm}$$

Puisque $\lambda_{exp} = 547$ nm appartient à la zone théorique, la valeur est **convenable**.

PHYSIQUE 2 : ÉLECTRICITÉ

Dipôles RC en parallèle

Elomani

1) Équation différentielle vérifiée par $U_1(t)$: Loi d'additivité des tensions : $E = U_R + U_1$. Attention, les condensateurs sont en parallèle : $U_1 = U_2 = U_{C_{eq}}$ et $C_{eq} = C_1 + C_2$.

$$Ri(t) + U_1 = E$$

L'intensité principale est $i = \frac{dq_{eq}}{dt} = \frac{d}{dt}(C_{eq}U_1) = C_{eq}\frac{dU_1}{dt} = (C_1 + C_2)\frac{dU_1}{dt}$. On remplace $i(t)$:

$$R(C_1 + C_2)\frac{dU_1}{dt} + U_1 = E$$

2) Expressions de A et α : Solution : $U_1(t) = A(1 - e^{-\alpha t}) \implies \frac{dU_1}{dt} = A(\alpha e^{-\alpha t})$. On remplace dans l'équation différentielle :

$$R(C_1 + C_2)A\alpha e^{-\alpha t} + A(1 - e^{-\alpha t}) = E$$

$$Ae^{-\alpha t}\left[R(C_1 + C_2)\alpha - 1\right] + A = E$$

Par identification pour que cela soit vrai à tout t :

$$A = E \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{1}{R(C_1+C_2)} = \frac{1}{\tau}$$

α représente l'inverse de la constante de temps globale du circuit.

3) Équation différentielle vérifiée par $i_1(t)$: On a (a) : $R(C_1+C_2)\frac{dU_1}{dt}+U_1=E$. On sait que $i_1=C_1\frac{dU_1}{dt} \implies \frac{dU_1}{dt}=\frac{i_1}{C_1}$. On remplace dans (a) :

$$R(C_1+C_2)\left(\frac{i_1}{C_1}\right)+U_1=E$$

On dérive toute l'équation par rapport au temps :

$$R\left(\frac{C_1+C_2}{C_1}\right)\frac{di_1}{dt}+\frac{dU_1}{dt}=0$$

Sachant que $\frac{dU_1}{dt}=\frac{i_1}{C_1}$, l'équation devient :

$$R\left(\frac{C_1+C_2}{C_1}\right)\frac{di_1}{dt}+\frac{i_1}{C_1}=0$$

En multipliant par $\frac{C_1}{R(C_1+C_2)}$: $\boxed{\frac{di_1}{dt}+\frac{1}{R(C_1+C_2)}i_1=0}$

4) Expressions des intensités initiales $i_1(0)$ et $i_2(0)$: D'après la loi des mailles à $t=0$: $Ri(0)+U_1(0)=E$. Comme les condensateurs sont initialement déchargés, $U_1(0)=0 \implies i(0)=\frac{E}{R}$. D'autre part, en parallèle, les tensions sont égales : $\frac{q_1}{C_1}=\frac{q_2}{C_2} \implies \frac{i_1}{C_1}=\frac{i_2}{C_2} \implies i_2=i_1\frac{C_2}{C_1}$. Loi des nuds : $i(0)=i_1(0)+i_2(0)=i_1(0)+i_1(0)\frac{C_2}{C_1}=i_1(0)\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)=i_1(0)\left(\frac{C_1+C_2}{C_1}\right)$. Or $i(0)=\frac{E}{R}$, donc :

$$\frac{E}{R}=i_1(0)\left(\frac{C_1+C_2}{C_1}\right) \implies \boxed{i_1(0)=\frac{E\cdot C_1}{R(C_1+C_2)}=\frac{E\cdot C_1}{\tau}}$$

Par le même raisonnement (ou en sachant que le système est symétrique par rapport à C_1, C_2) : $\boxed{i_2(0)=\frac{E\cdot C_2}{\tau}}$

5) Détermination graphique de τ, E, C_1 et C_2 : * **Constante τ :** L'intersection de la tangente à l'origine avec l'axe des temps (Courbe 1) donne $\tau=10$ **ms** $=10^{-2}$ **s** . * **Calcul de E :** On sait que $i(0)=\frac{E}{R} \implies E=i(0)\cdot R=(i_1(0)+i_2(0))\cdot R$. Graphiquement : $i_1(0)=30$ mA (Courbe 1) et $i_2(0)=90$ mA (Courbe 2).

$$E=(30+90)\cdot 10^{-3}\times 50=120\cdot 10^{-3}\times 50 \implies \boxed{E=6\ \mathbf{V}}$$

* **Calcul de C_1 et C_2 :**

$$C_1=\frac{i_1(0)\cdot\tau}{E}=\frac{30\cdot 10^{-3}\times 10^{-2}}{6}=5\cdot 10^{-5}\ \text{F} \implies \boxed{C_1=50\,\mu\mathbf{F}}$$

$$C_2=\frac{i_2(0)\cdot\tau}{E}=\frac{90\cdot 10^{-3}\times 10^{-2}}{6}=1,5\cdot 10^{-4}\ \text{F} \implies \boxed{C_2=150\,\mu\mathbf{F}}$$

Elomrani

PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Mouvement d'une charge dans E et B, et Mouvement d'un cylindre

Partie 1 : Mouvement d'une charge dans des champs E et B

I/ Étude du mouvement entre (C) et (A)

— **1) Accélération :** D'après la 2ème loi de Newton, $\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \implies \vec{F}_e = m\vec{a}$.

— Par projection sur l'axe Ox du mouvement : $F_e = m \cdot a_x \implies a_x = \frac{F_e}{m} = \frac{|q|E_0}{m}$.

— Sachant que $|q| = 3e$ et $E_0 = \frac{U_{CA}}{d}$, on obtient $a_x = a = \frac{3e \cdot U_{CA}}{d \cdot m}$.

— Application numérique : $a \simeq 5,33 \cdot 10^{10}$ m $\cdot$ s^{-2}.

— Puisque $a_x > 0$ et $V_{x0} > 0$ (même sens que Ox), c'est un mouvement rectiligne uniformément varié (accéléré).

— **2) Vitesse** $V(T)$ **:** $\frac{dv}{dt} = a \implies V(t) = a \cdot t + V_0$. Comme $V_0 = 0$, $V(t) = a \cdot t$.

— L'équation horaire est $\frac{dx}{dt} = V(t) = a \cdot t \implies x(t) = \frac{1}{2}at^2$ (avec $x_0 = 0$).

— Au point T, la particule a parcouru la distance d, donc $x(T) = d = \frac{1}{2}at(T)^2 \implies t(T) = \sqrt{\frac{2d}{a}}$.

— $V(T) = a \cdot t(T) = a \cdot \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{2ad}$.

— (Remarque : on peut vérifier par la relation indépendante du temps $\Delta V^2 = 2a\Delta x \implies V_T^2 - 0 = 2ad \implies V_T = \sqrt{2ad}$).

— Application numérique : $V(T) = \sqrt{2ad} \simeq 10^5$ **m/s** .

II/ Entre la plaque (A) et l'axe Oy

— La seule force appliquée est le poids $\vec{P}$.

— L'intensité de $\vec{P}$ est très petite devant l'effet de $V(T)$, elle est donc négligeable.

— $\Sigma\vec{F} = m\vec{a} \implies \vec{0} = m\vec{a} \implies \vec{a} = \vec{0}$. Le mouvement est donc rectiligne uniforme.

III/ Mouvement entre P_1 et P_2

— **1) Polarité des plaques :** L'ion Al^{3+} ($q > 0$) est dévié vers le haut, il est donc attiré par une charge négative. La plaque (P_1) est $\ominus$ et (P_2) est $\oplus$.

— **2) Bilan des forces :** $P = mg = 4,5 \cdot 10^{-25}$ N et $F_e = |q|E = 3eE = 2,4 \cdot 10^{-16}$ N. On a bien $P \ll F_e$, le poids est négligeable.

Elomrani

— **3) Équations horaires :** $\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \implies \vec{F}_e = m\vec{a}$.

— Projection sur Ox : $F_{ex} = ma_x \implies 0 = ma_x \implies a_x = 0$.

— Projection sur Oy : $F_{ey} = ma_y \implies a_y = \frac{F_e}{m} = \frac{3eE}{m} \simeq 5,33 \cdot 10^9$ m/s^2.

— Vecteur vitesse $\vec{V}$: $V_x = V_0 = 10^5$ m/s et $V_y = a_y t = \frac{3eE}{m}t \simeq 5,33 \cdot 10^9 t$.

— Vecteur position $\vec{OM}$: $x(t) = V_0 t = 10^5 t$ et $y(t) = \frac{1}{2}a_y t^2 = \frac{3eE}{2m}t^2 \simeq 2,66 \cdot 10^9 t^2$.

— **4) Équation de la trajectoire :** $t = \frac{x}{V_0} \implies y = \frac{a_y}{2V_0^2}x^2 = \left(\frac{3eE}{2V_0^2 m}\right)x^2 \implies \boxed{y = 0,266x^2}$.

— **5) Étude du point de sortie S :**

— 5-1) Calcul de $t(S)$: $x(S) = V_0 \cdot t_S \implies t_S = \frac{x(S)}{V_0} = \frac{D}{V_0} = 2 \cdot 10^{-6}$ s.

— 5-2) Ordonnée $y(S)$: $y(S) = \frac{a_y}{2V_0^2}D^2 = 10^{-2}$ m $= 1$ cm. La particule s'est rapprochée de la plaque de $\Delta y = \frac{d}{2} - y(S) = 4$ cm.

— 5-3) Coefficient directeur : $(\frac{dy}{dx})_S = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y(S)-y(I)}{x(S)-x(I)} = \frac{y(S)}{D-x(I)}$ (1). D'autre part, la dérivée donne $(\frac{dy}{dx})_S = \frac{a_y D}{V_0^2}$ (2). En égalisant (1) et (2), on trouve $\frac{D}{2(D-x(I))} = 1 \implies x(I) = \frac{D}{2}$. Par conséquent, $IN = \frac{D}{2}$.

— 5-4) Calcul de α dans le triangle (I, S, N) : $\tan\alpha = \frac{y(S)}{IN} = \frac{y(S)}{D/2} = 0,1 \implies \boxed{\alpha \simeq 5,7°}$.

— 5-5) Vitesse V_S : $V_x = 10^5$ m/s et $V_y = 5,33 \cdot 10^9(2 \cdot 10^{-6}) = 10^4$ m/s. $V_S = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \simeq 1,005 \cdot 10^5$ m/s.

— **6) Après sortie :** L'effet du poids est sans effet devant $V_S \implies \Sigma\vec{F} = \vec{0}$, mouvement rectiligne uniforme.

— **7) Déviation D_e :** Dans les triangles semblables $IH'O'$ et ISN, on a $\tan\alpha = \frac{D_e}{L+D/2} = \frac{y(S)}{D/2}$. En isolant D_e : $\boxed{D_e = \frac{3eED}{mV_0^2}\left(L + \frac{D}{2}\right)}$.

— **8) Condition d'émergence :** Il faut $y(S) < \frac{d}{2} \implies \frac{3eED^2}{2mV_0^2} < \frac{d}{2}$. En remplaçant E par $\frac{U}{d}$: $\frac{3eUD^2}{2mV_0^2 d} < \frac{d}{2} \implies U < \frac{mV_0^2 d^2}{3eD^2}$. Donc $U_{max} = \frac{mV_0^2 d^2}{3eD^2}$.

IV/ Action du champ magnétique $\vec{B}$

— **1) Sens de $\vec{B}$:** Puisqu'il n'y a pas de déviation (mouvement rectiligne), la force $\vec{F}_m$ compense $\vec{F}_e$. $\vec{F}_e$ est dirigée vers le haut, donc $\vec{F}_m$ est vers le bas. D'après la règle de la main droite, $\vec{B}$ est sortant ($\odot$).

— **2) Vitesse de la particule :** $\vec{F}_e + \vec{F}_m = m\vec{a}$. En projection, $F_e - F_m = 0 \implies |q|E = |q|VB \implies \boxed{V = \frac{E}{B}}$.

Elomrani

— **3-1) Rayon R :** Le centre de la trajectoire circulaire est O'', avec $R = O''N = O''K$. Dans le triangle rectangle $O''CK$: $O''K^2 = O''C^2 + CK^2 \implies R^2 = (R-h)^2 + L^2$.

— En développant : $R^2 = R^2 - 2Rh + h^2 + L^2 \implies 2Rh = L^2 + h^2 \implies$ $R = \frac{L^2+h^2}{2h}$.

— **3-2) Rapport $\frac{e}{m}$:** On sait que $R = \frac{mV}{|q|B} = \frac{mV}{3eB} \implies V = \frac{3eBR}{m}$.

— En remplaçant V par $\frac{E}{B}$, on a $\frac{E}{B} = \frac{3eBR}{m} \implies \frac{e}{m} = \frac{E}{3B^2R}$.

— En insérant l'expression de R : $\frac{e}{m} = \frac{E}{3B^2\left(\frac{L^2+h^2}{2h}\right)} \implies$ $\frac{e}{m} = \frac{2Eh}{3B^2(L^2+h^2)}$.

Partie 2 : Étude du mouvement d'un cylindre

1) Premier cas : Frottements négligeables

— **1-1) Accélération angulaire $\ddot{\theta}$:**

— Mouvement de (S) : $\Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}_G$. Par projection sur Oz : $mg - T = ma_z$ (1).

— Mouvement du cylindre : $\Sigma M_\Delta(\vec{F}) = J_\Delta \ddot{\theta} \implies M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{R}) + M_\Delta(\vec{T'}) = J_\Delta \ddot{\theta}$.

— Ce qui donne $0 + 0 + T' \cdot R = J_\Delta \ddot{\theta}$ (2).

— Le fil est inextensible et ne glisse pas, donc $T = T'$ et $a_z = R\ddot{\theta}$.

— L'équation (1) devient $T = mg - mR\ddot{\theta}$. On remplace dans (2) : $(mg - mR\ddot{\theta})R = J_\Delta \ddot{\theta} \implies mgR - mR^2\ddot{\theta} = J_\Delta \ddot{\theta}$.

— $\ddot{\theta} = \frac{m \cdot R \cdot g}{J_\Delta + mR^2}$.

— **1-2) Calcul de J_Δ :** D'après la courbe, $\ddot{\theta} = \frac{\Delta\dot{\theta}}{\Delta t} = \frac{40}{0{,}5} = 80$ rad $\cdot$ s^{-2}.

— À partir de (1-1) : $J_\Delta = \frac{mgR}{\ddot{\theta}} - mR^2$.

— Application numérique : $J_\Delta = 1{,}95 \cdot 10^{-3}$ **kg $\cdot$ m^2**.

— **1-3) Nombre de tours n à $t = 10$s :**

— $\ddot{\theta} = 80 \implies \dot{\theta}(t) = 80t + \dot{\theta}_0 \implies \theta(t) = 40t^2 + \theta_0$ (avec $\dot{\theta}_0 = 0, \theta_0 = 0$).

— $\Delta\theta = 40t^2 \implies 2\pi n = 40t^2 \implies n = \frac{40t^2}{2\pi}$.

— Pour $t = 10$s, $n = \frac{40(10)^2}{2\pi} \implies$ $n \simeq 637$ **tours**.

2) Deuxième cas : Avec frottements

Homrani

— **2-1) Équation différentielle :**

— $\Sigma M_\Delta(\vec{F}) = J_\Delta \ddot{\theta} \implies M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{R}) + M_a + M_\Delta(\vec{T'}) = J_\Delta \ddot{\theta}$.

— $0 + 0 - k\dot{\theta} + T' \cdot R = J_\Delta \ddot{\theta} \implies T' = \frac{J_\Delta \ddot{\theta} + k\dot{\theta}}{R}$.

— Newton sur (S) : $T = mg - ma_z = mg - mR\ddot{\theta}$.

— Puisque $T' = T \implies \frac{J_\Delta \ddot{\theta} + k\dot{\theta}}{R} = mg - mR\ddot{\theta} \implies J_\Delta \ddot{\theta} + k\dot{\theta} = mgR - mR^2\ddot{\theta}$.

— En regroupant : $(J_\Delta + mR^2)\ddot{\theta} + k\dot{\theta} = mgR \implies \ddot{\theta} + \left(\frac{k}{J_\Delta + mR^2}\right)\dot{\theta} = \frac{mgR}{J_\Delta + mR^2}$.

— On pose $\frac{d\dot{\theta}}{dt} + \frac{1}{\tau}\dot{\theta} = A$ avec : $\tau = \frac{J_\Delta + mR^2}{k}$ et $A = \frac{mgR}{J_\Delta + mR^2}$.

— **2-2) Temps caractéristique :** $\tau = \frac{J_\Delta + mR^2}{k}$.

— **2-3) Expression de la vitesse limite ω :**

— En régime permanent, $\ddot{\theta} = 0$ et $\dot{\theta} = \omega =$ cte.

— L'équation devient : $\frac{1}{\tau}\omega = A \implies \omega = \tau A$.

— $\omega = \left(\frac{J_\Delta + mR^2}{k}\right) \cdot \left(\frac{mgR}{J_\Delta + mR^2}\right) \implies \omega = \frac{mgR}{k}$.

Elomrani

Cours de soutien Physique chimie	Niveau	Série 2	Professeur
	2ème Bac SM Biof	Examun Blanc 2 Durée: 4H	HASSAN ELOMRANI 0661302861

www.facebook.com/helomrani www.facebook.com/yastamirnajah/
Chaîne YouTube : https://youtube.com/channel/UCZ5Sd77kbPRgEEYCSr4OnhQ

Chimie

Partie 1 :

On étudie la cinétique chimique de la réaction lente et Totale entre les ions iodures $\mathbf{I^-}$ et les ions peroxosulfate $\mathbf{S_2O_8^{2-}}$ selon l'équation $\mathbf{2I^-_{(aq)} + S_2O^{2-}_{8(aq)} \rightarrow I_{2(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)}}$

Pour cela , on prépare à la date **t=0** , des récipients portés à température constante **T** contenant chacun Un volume $\mathbf{V_1}$ d'une solution d'iodure de potassium $(\mathbf{K^+ + I^-})$ de concentration $\mathbf{C_1}$ et un volume $\mathbf{V_2 = 3V_1}$ d'une solution $(\mathbf{2K^+ + S_2O_8^{2-}})$ de concentration molaire $\mathbf{C_2 = 10^{-2}}$ mol.L^{-1}.

Par une méthode appropriée, on détermine le rapport $\mathbf{r(t) = \dfrac{n(I^-)_{(t)}}{n_T}}$

avec $\mathbf{n(I^-)_{(t)}}$ la quantité de matière des ions $\mathbf{I^-}$ à une date t et $\mathbf{n_T}$ la quantité de matière totale du mélange réactionnel à la même date **t**

On trace la courbe de variation de **r** en fonction du temps

T représente la tangente a la date t=0

on donne $\mathbf{V_1 = 50mL}$

1- Dresser le tableau d'avancement de la réaction en fonction de $\mathbf{C_1}$, $\mathbf{C_2}$ **et** $\mathbf{V_1}$

2- préciser en justifiant votre réponse le réactif limitant et calculer la valeur de l'avancement maximal

3- Exprimer $\mathbf{r(t)}$ en fonction de $\mathbf{C_1, C_2, V_1}$ et l'avancement $\boldsymbol{x}$ de la réaction et déduire la valeur de $\mathbf{C_1}$

4-

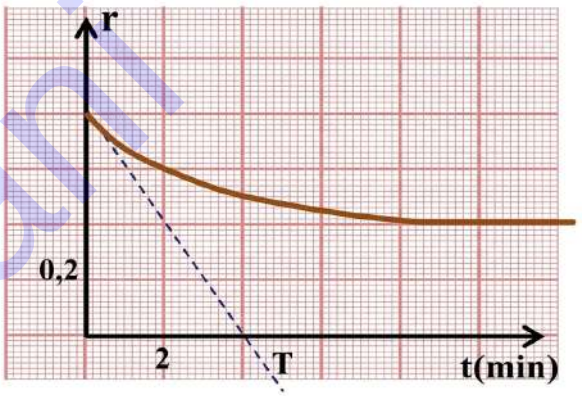
4-1 Montrer que l'expression de la vitesse volumique de la réaction est : $\mathbf{V(t) = -1,875.10^{-2}\dfrac{d}{dt}r(t)}$

4-2 Calculer la vitesse maximale de la réaction

5- Déterminer le temps de demi-réaction

6- à la date $\mathbf{t = t_1}$, **20 %** des ions $\mathbf{S_2O_8^{2-}}$ ont réagi **(désintégré)** , déterminer la valeur de $\mathbf{t_1}$

7- Calculer a une date t la concentration efficace des ions $\mathbf{K^+}$



Partie 2 Taraiter chez soi

Un professeur propose à ses élèves deux expériences mettant en jeu deux métaux l'étain et le plomb ; pour cela il utilise :

* Un bécher (1) contenant une solution aqueuse de nitrate d'étain $(\mathbf{Sn^{2+} + 2NO_3^-})$ de de volume $\mathbf{V = 100ml}$ tel que $[\mathbf{Sn^{2+}}]_\mathbf{0} = \mathbf{20}$mmol.L^{-1} dans lequel est trempé une plaque d'étain

* Un bécher (2) contenant une solution aqueuse de nitrate de plomb $(\mathbf{Pb^{2+} + 2NO_3^-})$ de de volume $\mathbf{V = 100ml}$ tel que $[\mathbf{Pb^{2+}}]_\mathbf{0} = \mathbf{10}$mmol.L^{-1}, dans lequel il a trempé une plaque de plomb .

- un pont salin contenant une solution gélifiée de nitrate de potassium qui relie les deux béchers

- G : générateur et K : un commutateur et $\mathbf{A_1}$ et $\mathbf{A_2}$ deux ampèremètres.

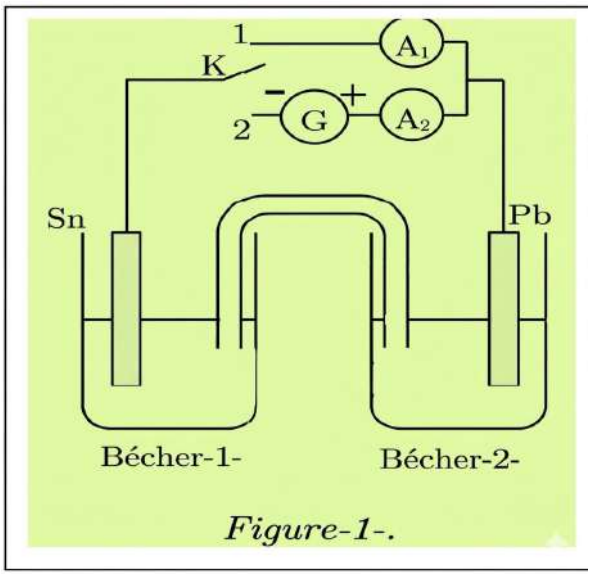


Figure-1-.

Elomrani

Données

- le faraday = **96500** C.mol^{-1} , **M(Pb) = 207, 2** g.mol^{-1}
- L'évolution du système est régit par la réaction d'équation : $\mathbf{Sn_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Pb_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)}}$ la constante d'équilibre associée à cette équation est **K = 1, 47**.

1- Calculer la valeur du quotient de réaction à l'état initial . en déduire le sens de l'évolution spontanée du système chimique .

2- On met le commutateur **K** dans la position **(1)** à l'instant t = 0 , l'ampèremètre $\mathbf{A_1}$ indique $\mathbf{I_1 = 450}$ mA .

2-1 Ecrire la demi-équation de la réaction qui a eu lieu dans chaque bécher ; indiquer l'électrode qui joue le rôle de l'anode ainsi que celle qui joue le rôle de la cathode

2-2 Dresser le tableau d'avancement de la réaction bilan ayant lieu.

2-3 On laisse la pile débiter jusqu'à ce qu'elle soit usée

2-3-1 Montrer que la concentration finale des ion stanneux s'écrit : $[\mathbf{Sn^{2+}}]_\mathbf{f} = \dfrac{\mathbf{K}}{\mathbf{1+K}}\left([\mathbf{Sn^{2+}}]_\mathbf{0} + [\mathbf{Pb^{2+}}]_\mathbf{0}\right)$ puis calculer sa valeur.

2-3-2 en déduire la valeur de la concentration $[\mathbf{Pb^{2+}}]_\mathbf{f}$

2-3-3 sachant que l'intensité du courant reste constante durant le fonctionnement de la pile , Calculer la valeur de la durée nécessaire pour que la pile soit consommée : $\mathbf{\Delta t_{max}}$

3- Facultative

Au moment auquel la pile est usée on bascule le commutateur K à la position (2) et on constate ainsi que l'ampèremètre $\mathbf{A_2}$ indique l'intensité $\mathbf{I_2 = 0, 1}$ A pendant une durée $\mathbf{\Delta t}$**= 20**min

3-1 Ecrire les demi-équations de la réaction qui ont eu lieu dans chaque bécher . préciser l'anode et la cathode .

3-2 calculer la valeur de la variation de la masse de la plaque de plomb : $\mathbf{\Delta m(Pb)}$

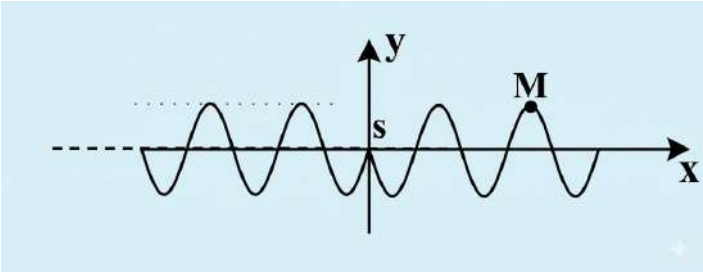
3-3 Evaluer le quotient de réaction après **20min** de fonctionnement. Conclure

3-4 Calculer la variation de concentration des ions $\mathbf{Pb^{2+}}$ a la date **t=20min**

Physique 1

Partie 1 Onde mécanique

Une pointe vibrante , frappe un point (S) de la surface libre d'une nappe d'eau étendue, initialement au repos, supposée élastique et homogène.
Le mouvement de (S) de fréquence N ayant débuté a **t = 0** s une onde progressive prend naissance. La figure ci-jointe représente une coupe "versable" de la surface du liquide suivant une direction passant par (S) à la date $\mathbf{t_1 = 40}$ms



Données

la vitesse de propagation de l'onde a la surface de l'eau est $\mathbf{V = 50}$m.s^{-1}

NB : chaque réponse doit être Justifiée

$\mathbf{Q_1}$ Le mouvement de (S) est :

A	**Mouvement de va et vient**	**B**	**rectiligne uniforme**	**C**	**rectiligne sinusoïdal**	**D**	**rectiligne uniformément varié**	**E**	**autre**

$\mathbf{Q_2}$ la fréquence de la source (S) est :

A	**25Hz**	**B**	**125Hz**	**C**	**1,25 KHz**	**D**	**40 Hz**	**E**	**62,5 Hz**

Elomrani

$\mathbf{Q_3}$ la périodicité spatiale de l'onde est :

A	**80 cm**	**B**	**20 cm**	**C**	**40 cm**	**D**	-2 cm	**E**	**2 cm**

$\mathbf{Q_4}$ la source et le point **M** vibrent en :

A	**phase**	**B**	**Opposition de phase**	**C**	**Quadrature de phase**	**D**	**Retard de phase**	**E**	**Avance**

l'équation horaire du mouvement de la source est : $\boldsymbol{y_S(t) = 2\cos(125\pi.t + \varphi)}$ (mm)

$\mathbf{Q_5}$ la période **T** du mouvement de la source **(S)** est :

A	**40 ms**	**B**	**8ms**	**C**	**25ms**	**D**	**125 ms**	**E**	**16ms**

$\mathbf{Q_6}$ **:** la phase $\boldsymbol{\varphi}$ a l'origine des temps du mouvement de **(S)** est :

A	**0**	**B**	$\frac{\pi}{2}$**(rad)**	**C**	$-\frac{\pi}{2}$**(rad)**	**D**	$\frac{\pi}{3}$**(rad)**	**E**	$\boldsymbol{\pi(rad)}$

$\mathbf{Q_7}$ **:** l'amplitude du mouvement de la sources est :

A	**2mm**	**B**	**-2mm**	**C**	**125mm**	**D**	**0mm**	**E**	**2**

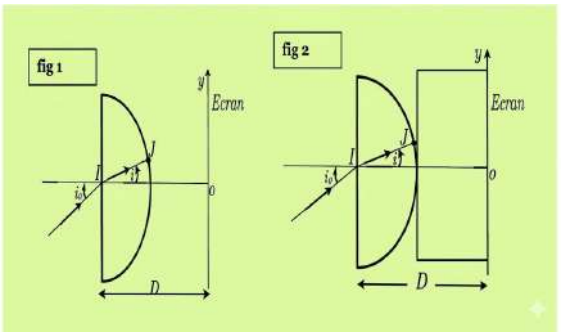
$\mathbf{Q_8}$ **:** l'équation horaire du mouvement du point **M** est :

A	$\mathbf{y_M(t) = 2\cos(125\pi.t)}$ (mm) **avec** $\mathbf{t \geq 0}$	**B**	$\mathbf{y_M(t) = 2\cos\left(125\pi.t - \frac{\pi}{2}\right)}$ (mm) **avec** $\mathbf{t \geq \frac{7T}{4}}$
C	$\mathbf{y_M(t) = 2\cos(125\pi.t)}$ (mm) **avec** $\mathbf{t \geq \frac{7T}{4}}$	**D**	$\mathbf{y_M(t) = 2\cos\left(125\pi.t + \frac{\pi}{2}\right)}$ (mm) **avec** $\mathbf{t \geq \frac{7T}{4}}$
E			**Autre réponse**

Partie 2 détermination de l'indice de réfraction d'un matériau

Taraiter chez soi

On prend l'indice de réfraction de l'air $\mathbf{n_{air} = 1}$.
On envoie un faisceau parallèle de lumière blanche au point I de la surface plane d'un demi-cylindre en verre de rayon $\mathbf{R = 10}$ cm avec un angle d'incidence $\mathbf{i_0 = 30°}$.
On donne l'indice de réfraction du verre pour les radiations rouge et violette : $\mathbf{n_R = 1,412}$ **et** $\mathbf{n_V = 1,475}$
Sur un écran placé à une distance $\mathbf{D = 50}$ cm de la face plane du demi-cylindre, on observe le spectre de la lumière blanche.



1. Quelle est le nom du phénomène observé sur l'écran

2. Calculer $\mathbf{i_r}$ l'angle de réfraction du rayon rouge . déduire son angle de déviation $\mathbf{D_r}$, Quelle est la couleur la plus déviée (Rouge violette)

3. Calculer l'ordonnée $\mathbf{y_R}$ de la tache rouge sur l'écran

4. On intercale entre le demi-cylindre et l'écran un bloc de plexiglass dont l'indice de réfraction pour le rouge est $\mathbf{n = 1,51}$.

4-1 Dans quel sens la tache rouge est-elle déplacée ???

Elomrani

4-2 Montrer que la tache rouge s'est déplacée d'une distance x tel que :
$\mathbf{x = y_R - (D - R)\tan r - R\sin i_r}$ (**r** l'angle de réfraction au point **J**) et calculer x

Physique 2 Electricité

Partie 1

Le circuit de la figure(1) comporte :

- Un générateur parfait de tension de force électromotrice **E=12V**
- Une bobine d'induction **L** et de résistance interne **r**
- Un conducteur ohmique de résistance **R**
- Un condensateur de capacité **C** initialement non chargé
- Un interrupteur a double position

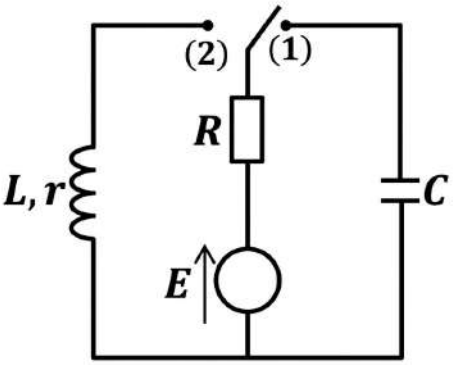


Figure 1

1) A la date t=0, on bascule l'inverseur **(K)** en position **(1)**
1-1 Recopier le schéma de **la figure (1)** et Montrer les branchements de l'oscilloscope pour Visualiser les tensions positives aux bornes du condensateur et conducteur ohmique
1-2 Etablir l'équation différentielle que vérifie le courant $i(t)$ dans le circuit
1-3 On donne $\mathbf{i(t) = A.e^{-B.t}}$, Déterminer les expressions de **A** et **B** en fonction des paramètres du circuit
Puis écrire l'expression de $i(t)$ en fonction de **E**, **R** et la constante du temps τ du circuit

1-4 la courbe de **la figure 2** donne les variations de $\left(-\frac{\mathbf{di}}{\mathbf{dt}}\right)$ en fonction de $\frac{\mathbf{dq}}{\mathbf{dt}}$

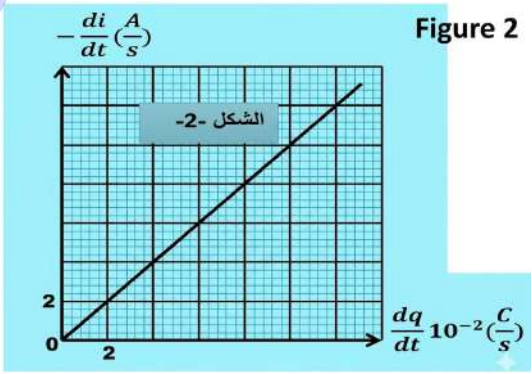
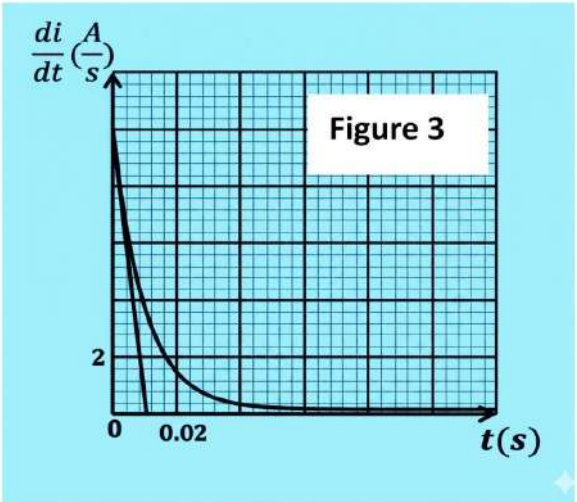


Figure 2

1-4-1 Déterminer graphiquement les valeurs de **R** , τ **et C**
1-4-2 Calculer l'énergie emmagasinée dans le condensateur à la date $\mathbf{t = 2,5\tau}$
2) a une nouvelle origine des dates **t=0**, on remet l'inverseur (K) à la position (2)
2-1 Montrer que l'équation différentielle du courant dans le circuit est $\alpha\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{i(t)} + \mathbf{i(t)} = \beta$
Déterminer les expressions de α et β en fonction des paramètres du circuit
2-2 Vérifier que $\mathbf{i(t)} = \beta(\mathbf{1} - \mathbf{e}^{-\frac{\mathbf{t}}{\tau}})$ est la solution de l'équation différentielle précédente. τ représente la constante du temps du circuit
2-3 la courbe de **la figure 3** donne les variations de $\frac{\mathbf{di}}{\mathbf{dt}}$ en fonction de **t**



Déterminer graphiquement les valeurs de **L** , α **et r**
2-4 Démontrer que :

$$\tau = \frac{-\mathbf{t}}{\ln\left(\mathbf{1} - \sqrt{\frac{\mathbf{2E_b(t)}}{\mathbf{L.I_p^2}}}\right)}$$

$\mathbf{E_b(t)}$ représente l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine a une date t
$\mathbf{I_p}$ l'intensité maximale du courant dans le circuit (Régime permanent)

Elomrani

Physique 3 Mecanique

Partie 1 Expérience de Millikan

En 1910 R.A.Millikan a réussi avec sa célèbre méthode de la gouttelette d'huile a imposer l'idée que tout corpuscule chargé porte un nombre entier de charges élémentaires **e** . Il observe des gouttelettes d'huile chargées électriquement
Entre les deux armatures électrifiées , d'un condensateur Plan et détermina la charge **q** d'une gouttelette en suspension

Dans l'expérience de Millikan on étudie le mouvement Dans l'air d'une gouttelette d'huile chargée ,obtenue par pulvérisation et introduite a travers un trou **T** entre les plaques horizontales d'un condensateur plan auxquelles on peut appliquer une Différence de potentielle réglable $\mathbf{U = V_A - V_B}$
Positive donnant un champ électrostatique $\vec{\mathbf{E}}$
La gouttelette d'huile est observée au microscope

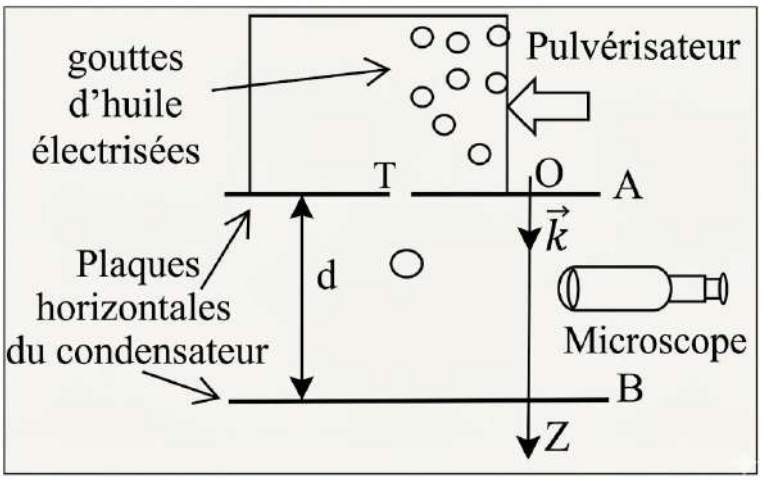
Le pulvérisateur produit un nuage de gouttelettes d'huile chargées négativement
Le schéma ci-dessus représente un dispositif simplifié de l'expérience menée au laboratoire :

Lors de l'expérience menée au laboratoire ,une gouttelette d'huile notée (S) de masse **m** et de charge **q** négative ; supposée sphérique de rayon **r** ; arrive entre les plaques **A et B** ; distantes de **d** ; a travers le trou **T** avec une vitesse initiale considérée nulle

Données :

- Masse volumique d'huile : $\rho_{\mathbf{H}} = \mathbf{1,3.10^2}$ kg.m^{-3} ;
- Masse volumique de l'air : $\rho_{\mathbf{A}} = \mathbf{1,3}$ kg.m^{-3}
- L'intensité de pesanteur : $\mathbf{g = 9,8}$ N.kg^{-1}
- la charge élémentaire : $\mathbf{e = 1,6.10^{-19}C}$
- $\mathbf{d = 2,0.10^{-2}}$ m
- le volume de la sphère : $\mathbf{V_S} = \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{3}}\pi\mathbf{r^3}$

On étudie le mouvement de la gouttelette (S) dans un repère $(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{k}})$ lié a un referentiel terrestre suppose galiléen
En absence de champ électrique entre les plaques ,la gouttelette (S)est soumise a
- son poids $\vec{\mathbf{P}}$
- La force de frottement fluide $\vec{\mathbf{f}} = -\mathbf{6}.\pi.\eta.\mathbf{r}.\tilde{\mathbf{V}}$ dans laquelle $\eta = \mathbf{1,8.10^{-5}}$ (S.I) est la viscosité de l'air,
r le rayon de gouttelette et $\vec{\mathbf{V}}$ son vecteur vitesse a un instant t
- La poussée d'archimède $\vec{\mathbf{F}}_A = \rho_{\mathbf{A}}.\mathbf{V_S}\tilde{\mathbf{g}}$ due a l'air ambiant de masse volumique $\rho_{\mathbf{A}}$



Elomrani

1) calcul du rayon de la gouttelette d'huile

On se place dans le cas ou $\mathbf{U=0}$

1-1 En appliquant la deuxième loi de Newton , montrer que l'équation différentielle du mouvement de **(S)** entre les plaques **A** et **B** ; vérifiée par la vitesse **V** s'écrit :

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{V}+\frac{\mathbf{9}\eta}{\mathbf{2}\rho_{\mathbf{H}}\mathbf{r^2}}\mathbf{V}=\mathbf{g}\left(\mathbf{1}-\frac{\rho_{\mathbf{A}}}{\rho_{\mathbf{H}}}\right)$$

1-2 Déduire l'expression de la vitesse limite $\mathbf{V_L}$ en fonction de $\mathbf{r}$, $\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\rho_A}$, $\boldsymbol{\rho_H}$ **et** $\mathbf{g}$
1-3 au cours du régime permanent , on mesure la vitesse limite de la gouttelette : $\mathbf{V_L = 2,0.10^{-4}}$ m.s^{-1}
Vérifier que le rayon $\mathbf{r}$ de la gouttelette est $\mathbf{r \approx 3,6\mu m}$
1-4 On donne la solution de l'équation différentielle précédente : $\mathbf{V(t) = V_L(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$
déterminer l'expression de $\boldsymbol{\tau}$ en fonction des paramètres de l'exercice

2) Calcul de la charge de la gouttelette d'huile électrisée

On se place dans le cas où la tension $\mathbf{U \neq 0}$

On établit un champ électrostatique uniforme entre les plaques **A** et **B** en appliquant une tension $\mathbf{V_A - V_B = U_0}$, la gouttelette subit alors une force électrostatique supplémentaire $\vec{\mathbf{F}}_e = \mathbf{q\tilde{E}}$
On constate que pour $\mathbf{U_0 = 3,1kV}$, la gouttelette s'immobilise

2-1 Trouver l'expression de la charge électrique $\mathbf{q}$ de la gouttelette d'huile étudiée en fonction de $\mathbf{r}$, $\mathbf{d}$, $\mathbf{g}$, $\mathbf{U_0}$, $\boldsymbol{\rho_A}$ **et** $\boldsymbol{\rho_H}$
2-2 Déduire le nombre de charges élémentaires portées par cette gouttelette

Elomrani

Partie 2 Mouvement d'un pendule simple

On considère un métronome que l'on modélise par un pendule simple formé par une tige rigide de masse négligeable et de longueur $\ell = 24,8$ cm à laquelle est suspendue une petite bille de masse $\mathbf{m} = 20$ g et de dimensions négligeables devant ℓ.

Quand on écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle θ_m , il oscille dans un plan vertical entre les positions limites A et B autour d'un axe (Δ) horizontal passant par O (figure 3). Le métronome émet un signal sonore lorsque la bille arrive en A et il émet le même signal lors de son arrivée en B.

On repère la position du pendule par l'abscisse angulaire θ à un instant t.

Données : - Accélération de la pesanteur : $g = 9,81\ ms^{-2}$;

- Pour les oscillations de faible amplitude, on prend $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$; θ en radian ;

- Le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe de rotation (Δ) est : $J_\Delta = m.\ell^2$.

Les frottements sont négligeables.

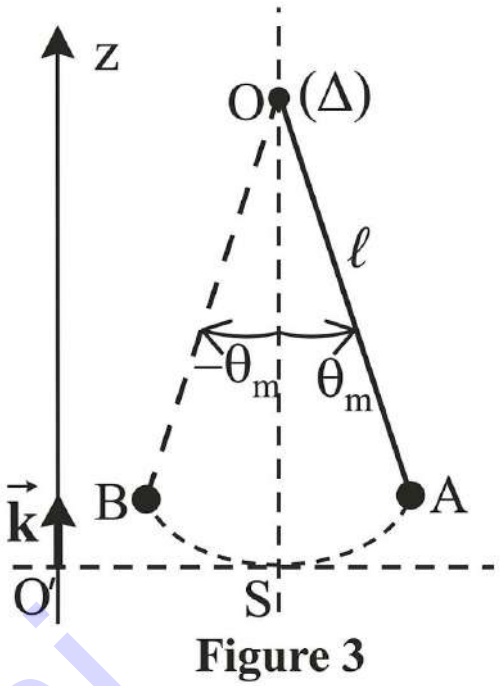


Figure 3

1- On écarte le pendule, de sa position d'équilibre stable, d'un angle petit $\theta_m = 8°$ et on le libère de la position A à l'instant $t_0 = 0$ sans vitesse initiale.

On choisit comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur le plan horizontal passant par la position de la bille au point S.

1-1- Trouver l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du pendule à un instant t en fonction de θ, ℓ , m et g.

1-2- Déterminer la valeur de l'énergie mécanique du pendule .

1-3- Par une étude énergétique, établir l'équation différentielle du mouvement vérifiée par l'abscisse angulaire $\theta(t)$.

2- On note T_0 la période propre du pendule.

2-1- Donner l'expression de T_0 en fonction de g et ℓ et vérifier en utilisant les équations aux dimensions qu'elle est homogène à un temps.

2-2- Calculer la valeur de T_0 . Déduire le nombre de signaux sonores émis durant la durée $\Delta t = t - t_0 = 10,25s$ sachant que le premier signal sonore est émis à l'arrivée de la bille au point B pour la première fois.

3- Montrer, en se basant sur la conservation de l'énergie mécanique, que la vitesse angulaire $\dot{\theta}(t)$ à un instant t s'exprime par la relation :

$$\dot{\theta}(t) = \pm\dot{\theta}_S\sqrt{1 - \left(\frac{\theta}{\theta_m}\right)^2}$$

avec $\dot{\theta}_S$ la vitesse angulaire au point S.

Elomrani

CHIMIE

Correction du Bacc Blanc 12 - Partie 1 & Partie 2

Partie 1 : Cinétique Chimique

1) Tableau d'avancement de la réaction[cite : 444, 445] : Avec $V_2 = 3V_1$:

État	**Avanc.**	$2I^-_{(aq)}$	$+ \quad S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$	$\rightarrow \quad I_{2(aq)}$	$+ \quad 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$
Initial	0	C_1V_1	C_2V_2	0	0
Interm.	x	$C_1V_1 - 2x$	$C_2V_2 - x$	x	$2x$

2) Réactif limitant et avancement maximal[cite : 446] : On a $r(t) = \frac{n(I^-)(t)}{n_T}$[cite : 446]. D'après la courbe, $r_f \neq 0$. Puisque $r_f = \frac{n(I^-)_f}{n_T} \neq 0$, alors $n(I^-)_f \neq 0$. C'est-à-dire que I^- n'est pas totalement consommé (Réactif en excès). $\Longrightarrow$ $S_2O_8^{2-}$ **est le réactif limitant**

* Calcul de x_{max} : Puisque $S_2O_8^{2-}$ est limitant $\Longrightarrow C_2V_2 - x_m = 0 \Longrightarrow x_m = C_2V_2 = C_2(3V_1)$. $x_m = 3 \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-3} \Longrightarrow x_{max} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ **mol**

3) Expression de $r(t)$ et déduction de C_1[cite : 445, 446] :

$$r(t) = \frac{n(I^-)(t)}{n_T} = \frac{C_1V_1 - 2x}{(C_1V_1 - 2x) + (C_2V_2 - x) + x + 2x} = \frac{C_1V_1 - 2x}{C_1V_1 + C_2V_2}$$

$$r(t) = \frac{C_1V_1 - 2x}{C_1V_1 + 3C_2V_1} \Longrightarrow r(f) = \frac{C_1V_1 - 2x_m}{C_1V_1 + 3C_2V_1}$$

D'après la courbe, $r(f) = 0,4$. On a alors :

$$r(f)(C_1V_1 + 3C_2V_1) = C_1V_1 - 2x_m \Longrightarrow r(f)C_1V_1 + 3r(f)C_2V_1 = C_1V_1 - 2x_m$$

$$C_1V_1 - r(f)C_1V_1 = 2x_m + 3r(f)C_2V_1 \Longrightarrow C_1 = \frac{3r(f)C_2V_1 + 2x_m}{V_1(1 - r(f))}$$

(Autre méthode plus simple proposée à $t = 0$:)

$$r(t=0) = \frac{C_1V_1}{C_1V_1 + 3C_2V_1} = \frac{C_1}{C_1 + 3C_2} \Longrightarrow r(0)(C_1 + 3C_2) = C_1$$

$$C_1(1 - r(0)) = 3r(0)C_2 \Longrightarrow C_1 = \frac{3 \cdot r(0) \cdot C_2}{1 - r(0)}$$

Avec $r(0) = 0,8$: $C_1 = \frac{3(0,8) \cdot 10^{-2}}{1-0,8} = \frac{2,4 \cdot 10^{-2}}{0,2} \Longrightarrow C_1 = 0,12$ **mol** $\cdot$ **L**$^{-1}$

Elomrani

4) Vitesse volumique de réaction : 4-1 Montrer l'expression de $V(t)$: On a $V(s) = V_1 + V_2 = V_1 + 3V_1 = 4V_1 = 4 \times 50 \cdot 10^{-3} = 0,2$ L.

$$r = \frac{C_1V_1 - 2x}{C_1V_1 + 3C_2V_1} = \frac{0,12 \times 50 \cdot 10^{-3} - 2x}{0,12 \times 50 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-2} \times 150 \cdot 10^{-3}} = \frac{6 \cdot 10^{-3} - 2x}{7,5 \cdot 10^{-3}}$$

En dérivant par rapport au temps :

$$\frac{dr}{dt} = \frac{1}{7,5 \cdot 10^{-3}} \frac{d}{dt}(6 \cdot 10^{-3} - 2x) = \frac{1}{7,5 \cdot 10^{-3}} \left(-2\frac{dx}{dt}\right) \implies \frac{dx}{dt} = -\frac{7,5 \cdot 10^{-3}}{2} \frac{dr}{dt}$$

$$V = \frac{1}{V(s)} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{0,2} \left(-\frac{7,5 \cdot 10^{-3}}{2}\right) \frac{dr}{dt} \implies V(t) = -1,875 \cdot 10^{-2} \frac{dr}{dt}$$

4-2 Calcul de la vitesse maximale V_{max} :

$$V_{max} = V(t = 0) = -1,875 \cdot 10^{-2} \left(\frac{dr}{dt}\right)_{t=0}$$

Le terme $\left(\frac{dr}{dt}\right)_{t=0}$ est le coefficient directeur de la tangente à $t = 0$: $\left(\frac{dr}{dt}\right)_{t=0} = \frac{0,8-0}{0-4 \text{ min}} = -0,2 \text{ min}^{-1}$.

$$V_{max} = -1,875 \cdot 10^{-2} \times (-0,2) \implies V_{max} = 3,75 \cdot 10^{-3} \textbf{ mol} \cdot \textbf{L}^{-1} \cdot \textbf{min}^{-1}$$

5) Temps de demi-réaction $t_{1/2}$: À $t_{1/2}$, $x = \frac{x_m}{2} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 7,5 \cdot 10^{-4}$ mol.

$$r(t_{1/2}) = \frac{6 \cdot 10^{-3} - 2(7,5 \cdot 10^{-4})}{7,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 0,6$$

Par projection sur la courbe pour $r = 0,6$, on trouve $t_{1/2} = 2$ **min** .

6) Valeur de t_1 : À $t = t_1$, 20% des ions $S_2O_8^{2-}$ ont réagi $\implies$ $n(S_2O_8^{2-})_{restant} = \frac{80}{100} n_i(S_2O_8^{2-})$.

$C_2V_2 - x = 0,8C_2V_2 \implies x = 0,2C_2V_2 = 0,2 \times 3 \cdot 10^{-4}$ (Attention $V_2 = 3V_1 = 150$ mL) =

$$r(t_1) = \frac{6 \cdot 10^{-3} - 2(3 \cdot 10^{-4})}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 0,72$$

Par projection sur la courbe, on trouve $t_1 \simeq 0,5$ **min** .

7) Concentration des ions K^+ :

$$[K^+] = \frac{n(K^+)}{V(s)} = \frac{C_1V_1}{V_1 + V_2} = \frac{C_1V_1}{V_1 + 3V_1} = \frac{C_1}{4} = \text{cte} \implies [K^+] = 3 \cdot 10^{-2} \textbf{ mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$$

(K^+ est un ion spectateur $\implies$ $[K^+] = \text{cte } \forall t$).

Elomrani

Partie 2 : Pile et Électrolyse

1) Quotient de réaction $Q_{r,i}$ et sens d'évolution[cite : 493, 494] :

$$Q_{r,i} = \frac{[Sn^{2+}]_0}{[Pb^{2+}]_0} = \frac{20}{10} = 2$$

Puisque $K = 1,47$[cite : 494], on a $Q_{r,i} > K$. Le système évolue spontanément dans le **sens 2** (sens inverse de l'équation).

2) Commutateur K en position (1) : Fonctionnement de la pile 2-1 Demi-équations et électrodes : L'évolution spontanée se fait dans le sens 2 : $Pb_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)}$. * Au bécher (b) : $Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e^-$ (Oxydation anodique $\Longrightarrow$ **Anode**, plaque de Pb $\ominus$). * Au bécher (a) : $Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$ (Réduction cathodique $\Longrightarrow$ **Cathode**, plaque de Sn $\oplus$).

2-2 Tableau d'avancement : Sens 2 : $Sn_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons^1_2 Pb_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)}$.

État	$Sn_{(s)}$	$+ \quad Pb^{2+}_{(aq)}$	$\rightleftharpoons^1_2 \quad Pb_{(s)}$	$+ \quad Sn^{2+}_{(aq)}$
Init	$n_i(Sn)$	10^{-3} mol	$n_i(Pb)$	$2 \cdot 10^{-3}$ mol
Inter	$n_i(Sn) + x$	$10^{-3} + x$	$n_i(Pb) - x$	$2 \cdot 10^{-3} - x$
Final	$n_i(Sn) + x_f$	$10^{-3} + x_f$	$n_i(Pb) - x_f$	$2 \cdot 10^{-3} - x_f$

2-3 Pile usée ($I = 0$) 2-3-1 Concentration finale $[Sn^{2+}]_f$: Attention, $K = 1,47 < 10^4$, la réaction est limitée (pas de réactif limitant). Lorsque la pile est usée, les deux réactifs sont présents ($[Sn^{2+}]_f \neq 0$ et $n(Pb)_f \neq 0$).

$$K = \frac{[Sn^{2+}]_f}{[Pb^{2+}]_f} = \frac{([Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_f)/V}{([Pb^{2+}]_0 \cdot V + x_f)/V} = \frac{[Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_f}{[Pb^{2+}]_0 \cdot V + x_f}$$

$$K([Pb^{2+}]_0 \cdot V + x_f) = [Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_f \Longrightarrow x_f = \frac{V([Sn^{2+}]_0 - K[Pb^{2+}]_0)}{K+1}$$

On cherche $[Sn^{2+}]_f$:

$$[Sn^{2+}]_f = \frac{[Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_f}{V} = [Sn^{2+}]_0 - \frac{x_f}{V} = [Sn^{2+}]_0 - \frac{1}{V}\left(\frac{V}{K+1}([Sn^{2+}]_0 - K[Pb^{2+}]_0\right.$$

$$[Sn^{2+}]_f = \frac{[Sn^{2+}]_0(K+1) - [Sn^{2+}]_0 + K[Pb^{2+}]_0}{K+1} \Longrightarrow [Sn^{2+}]_f = \frac{K}{K+1}([Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}$$

Calcul : $[Sn^{2+}]_f = \frac{1,47(20\cdot10^{-3}+10\cdot10^{-3})}{1,47+1} \Longrightarrow [Sn^{2+}]_f = 1,78 \cdot 10^{-2}$ **mol** $\cdot$ **L**$^{-1}$

2-3-2 Déduction de $[Pb^{2+}]_f$:

$$K = \frac{[Sn^{2+}]_f}{[Pb^{2+}]_f} \Longrightarrow [Pb^{2+}]_f = \frac{[Sn^{2+}]_f}{K} = \frac{1,78 \cdot 10^{-2}}{1,47} \Longrightarrow [Pb^{2+}]_f = 1,21 \cdot 10^{-2}\ \textbf{mol} \cdot$$

Elomrani

2-3-3 Durée de fonctionnement Δt_{max} :

$$n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} = 2x_f \implies \Delta t = \frac{2x_f \cdot F}{I}$$

Avec $x_f = \frac{V}{K+1}([Sn^{2+}]_0 - K[Pb^{2+}]_0) = 2,14 \cdot 10^{-4}$ mol. En utilisant $I = 0,1$ A

$$\Delta t_f = \frac{2 \times 2,14 \cdot 10^{-4} \times 96500}{0,1} \implies \Delta t_f \simeq 413,02 \text{ s} \simeq 6,88 \text{ min}$$

---

3) Commutateur K en position (2) : Électrolyse Le générateur fournit une énergie au système chimique qui réagit à nouveau (fonctionnement dans le **sens 1**, contraire de la pile).

3-1 Demi-équations et électrodes : * Bécher (a) : $Sn \rightleftharpoons Sn^{2+} + 2e^-$ (Oxydation anodique $\implies$ Sn **Anode** $\oplus$). * Bécher (b) : $Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb$ (Réduction cathodique $\implies$ Pb **Cathode** $\ominus$). *Remarque : Le générateur inverse la polarité de la pile !*

3-2 Variation de masse $\Delta m(Pb)$:

$$\Delta m(Pb) = \Delta n(Pb) \cdot M(Pb) = x \cdot M(Pb)$$

Or $n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} = 2x \implies x = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} \implies \Delta m(Pb) = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(Pb)}{2F}$.

$$\Delta m(Pb) = \frac{0,1 \times (20 \times 60) \times 207,2}{2 \times 96500} \approx 0,129 \text{ g} \implies \Delta m(Pb) = 129 \text{ mg}$$

3-3 Quotient de réaction Q_r à $t = 20$ min : Calcul de l'avancement forcé x : $x = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} \approx 6,22 \cdot 10^{-4}$ mol $\implies \frac{x}{V} = 6,22 \cdot 10^{-3}$ mol $\cdot$ L^{-1}.

$$Q_r = \frac{[Sn^{2+}]}{[Pb^{2+}]} = \frac{1,78 \cdot 10^{-2} + x/V}{1,21 \cdot 10^{-2} - x/V} = \frac{1,78 \cdot 10^{-2} + 6,22 \cdot 10^{-3}}{1,21 \cdot 10^{-2} - 6,22 \cdot 10^{-3}} \implies Q_r \simeq 4$$

On remarque que $Q_r = 4 > K = 1,47$. Le générateur force l'évolution de la réaction.

3-4 Variation de concentration des ions Pb^{2+} :

$$\Delta[Pb^{2+}] = \frac{\Delta n(Pb^{2+})}{V} = \frac{-x}{V} \implies \Delta[Pb^{2+}] = -6,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Elomrani

PHYSIQUE 1

Onde mécanique et Réfraction/Dispersion de la lumière

Partie 1 : Onde mécanique

Q1 : La nature du mouvement de la source (S) est un **mouvement sinusoïdal**.
Q2 : Fréquence N de la source : D'après le schéma, la distance parcourue par l'onde à la date t_1 est $d = 2,5\lambda$. On sait que $V = \frac{d}{t_1}$ et $V = \lambda \cdot N$.

$$\frac{d}{t_1} = \lambda \cdot N \implies N = \frac{d}{\lambda t_1} = \frac{2,5\lambda}{\lambda t_1} = \frac{2,5}{t_1}$$

Application numérique avec $t_1 = 40$ ms $= 40 \cdot 10^{-3}$ s :

$$N = \frac{2,5}{40 \cdot 10^{-3}} = \frac{250}{4} \implies N = 62,5 \textbf{ Hz}$$

Q3 : Périodicité spatiale λ :

$$\lambda = \frac{V}{N} = \frac{50}{62,5} = 0,8 \text{ m}$$

$\lambda = 80$ cm

Q4 : Les points S et M vibrent en **quadrature de phase** (la distance SM correspond à $1,75\lambda$ sur le graphe).
Q5 : Période T du mouvement : L'équation s'écrit $y_S(t) = 2\cos(125\pi t + \varphi) = A\cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$. Par identification :

$$125\pi = \frac{2\pi}{T} \implies T = \frac{2}{125} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ s} \implies T = 16 \textbf{ ms}$$

Q6 : Phase à l'origine $\varphi(t = 0)$: À $t = 0$, les conditions initiales donnent $y_S = 0$.

$$y_S = 2\cos(125\pi(0) + \varphi) = 0 \implies 2\cos(\varphi) = 0 \implies \cos(\varphi) = 0$$

Donc $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ou $\varphi = -\frac{\pi}{2}$. Le mouvement de (S) à $t = 0$ débute vers le bas (car l'onde atteint le front par le bas selon le schéma). La vitesse initiale est donc négative, ce qui implique $\varphi = +\frac{\pi}{2}$ **rad**.
Q7 : L'amplitude du mouvement de la source est $A = 2$ **mm**.
Q8 : Équation horaire du point M :

$$y_M(t) = y_S(t - \tau) \quad \text{pour } t \geq \tau$$

Elomrani

Le retard τ est : $\tau = \frac{d}{V} = \frac{SM}{V} = \frac{\lambda + 0{,}75\lambda}{V}$.

$$\tau = \frac{0,8 + 0,6}{50} = \frac{1,4}{50} = 2,8 \cdot 10^{-2}\ \text{s} = \frac{7T}{4}$$

L'équation devient :

$$y_M(t) = 2\cos(125\pi(t-\tau)+\varphi) = 2\cos\left(125\pi t - 125\pi(2,8\cdot 10^{-2}) + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$y_M(t) = 2\cos\left(125\pi t - 3,5\pi + \frac{\pi}{2}\right) \implies \boxed{y_M(t) = 2\cos(125\pi t - 3\pi)\ \textbf{(mm)}}$$

Partie 2 : Réfraction et Dispersion

1) Phénomène observé : Le phénomène observé sur l'écran est la **dispersion de la lumière blanche** ( ).

2) Calcul de la déviation $D(R)$ et couleur la plus déviée : Au point I, d'après la loi de Descartes : $n_{air}\sin(i_0) = n(R)\sin(i_R)$.

$$\sin(i_R) = \frac{1\cdot\sin(30°)}{1,412} = \frac{0,5}{1,412} = 0,354 \implies i_R = 20,73°$$

L'angle de déviation du rayon rouge est $D(R) = i_0 - i_R = 30° - 20,73°$.

$$\boxed{D(R) = 9,27°}$$

Couleur la plus déviée : On a la relation $D = i_0 - i$. Pour avoir une grande déviation D, il faut que l'angle de réfraction i soit petit. Puisque $n(V) > n(R)$, alors $\sin(i_V) < \sin(i_R) \implies i_V < i_R$. Donc $D(V) > D(R)$: **le violet est la couleur la plus déviée**.

3) Calcul de l'ordonnée y_R : D'après la géométrie du problème : $\tan(i_R) = \frac{y_R}{D}$.

$$y_R = D\cdot\tan(i_R) = 0,5\cdot\tan(20,73°)$$

$$\boxed{y_R \simeq 0,19\ \text{m}}$$

4) Introduction du bloc de plexiglass ($n = 1,51$)

4-1 Sens du déplacement : Pour le rayon rouge, $n(P) = 1,51 > n(R) = 1,412$. Le rayon réfracté s'approche de la normale dans le bloc de plexiglass. Il se déplace dans le **sens des aiguilles d'une montre** (vers le bas).

4-2 Expression et calcul de la distance x : La tache est déplacée d'une distance x vers le bas. D'après le schéma, on a la relation géométrique : $y_R = x + h + H \implies x = y_R - h - H$. Avec : * $H = R\sin(i_R)$ * $h = (D-R)\tan(r)$ où r est l'angle de réfraction au point J.

Elomrani

L'expression devient : $$x = y_R - (D - R)\tan(r) - R\sin(i_R)$$

Calcul de r au point J : $n(R)\sin(i_R) = n(P)\sin(r)$.

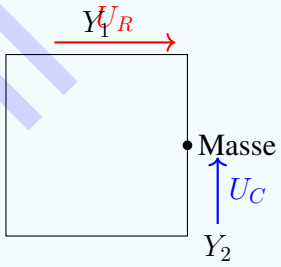
$$1,412\sin(20,73°) = 1,51\sin(r) \implies \sin(r) = \frac{1,412 \times 0,354}{1,51} \simeq 0,33 \implies r = 19,27°$$

PHYSIQUE 2

Électricité : Circuit RC et Circuit RL

1) Étude du Circuit RC (Interrupteur en position 1)

1-1 Branchements de l'oscilloscope : Pour visualiser les tensions aux bornes du condensateur et du conducteur ohmique, on place la **masse** entre le conducteur ohmique R et le condensateur C. La voie Y_1 permet de visualiser U_R, et la voie Y_2 (avec bouton inverseur si nécessaire) permet de visualiser U_C.



1-2 Équation différentielle vérifiée par $i(t)$: D'après la loi d'additivité des tensions : $U_R + U_C = E \implies Ri + \frac{q}{C} = E$. En dérivant par rapport au temps :

$$\frac{d}{dt}(Ri) + \frac{d}{dt}\left(\frac{q}{C}\right) = \frac{d}{dt}E = 0 \implies R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\frac{dq}{dt} = 0$$

Sachant que $i = \frac{dq}{dt}$, on obtient : $$R\tfrac{di}{dt} + \tfrac{1}{C}i = 0 \implies RC\tfrac{di}{dt} + i = 0$$

1-3 Expressions de A et B : On donne $i(t) = Ae^{-Bt} \implies \frac{di}{dt} = -B \cdot Ae^{-Bt}$. On remplace dans l'équation différentielle :

$$RC(-B \cdot Ae^{-Bt}) + (Ae^{-Bt}) = 0 \implies Ae^{-Bt}(-RC \cdot B + 1) = 0$$

Pour que l'équation soit vérifiée $\forall t$, il faut que $-RC \cdot B + 1 = 0 \implies B = \frac{1}{RC}$.

Expression de A (Conditions initiales) : À $t = 0$, $i(0) = Ae^0 = A$ (1). Additivité des tensions : $U_R + U_C = E \implies Ri(0) + U_C(0) = E$. Initialement, le condensateur est non chargé, donc $U_C(0) = 0$.

$$Ri(0) = E \implies i(0) = \frac{E}{R} \quad (2)$$

D'après (1) et (2) : $A = \frac{E}{R}$. L'expression de $i(t)$ s'écrit donc : $i(t) = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$.

Elomrani

1-4 Étude graphique (Figure 2) 1-4-1 Valeurs de R, τ et C : Équation de la courbe : $Y = aX$ avec $Y = -\frac{di}{dt}$ et $X = \frac{dq}{dt} = i$. Le coefficient directeur $a = \frac{2}{2\cdot 10^{-2}} = 100 \implies -\frac{di}{dt} = 100\frac{dq}{dt}$ (1). D'après l'équation différentielle : $\tau\frac{di}{dt} + i = 0 \implies \tau\frac{di}{dt} + \frac{dq}{dt} = 0 \implies -\frac{di}{dt} = \frac{1}{\tau}\frac{dq}{dt}$ (2). Par identification entre (1) et (2) : $\frac{1}{\tau} = 100 \implies \tau = 10^{-2}$ **s**.
* *Calcul de R :* D'après la figure 2, $i_{max} = 12 \cdot 10^{-2}$ A. On sait que $i_{max} = \frac{E}{R} \implies R = \frac{E}{i_{max}} = \frac{12}{12\cdot 10^{-2}} \implies R = 100\,\Omega$. * *Calcul de C :* $\tau = RC \implies C = \frac{\tau}{R} = \frac{10^{-2}}{100} \implies C = 10^{-4}$ **F**.
1-4-2 Énergie emmagasinée à $t = 2,5\tau$: L'énergie électrique est $E_e = \frac{1}{2}CU_C^2$. Sachant que $U_C = E - U_R = E - Ri$.

$$E_e = \frac{1}{2}C(E - Ri)^2 \quad \text{avec} \quad i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

À $t = 2,5\tau \implies i = \frac{E}{R}e^{-2,5} = \frac{12}{100}e^{-2,5} \simeq 9,85 \cdot 10^{-3}$ A.

$$E_e = \frac{1}{2} \cdot 10^{-4}\left(12 - 100(9,85 \cdot 10^{-3})\right)^2 \simeq 6 \cdot 10^{-4}\ \textbf{J}$$

.

2) Étude du Circuit RL (Interrupteur en position 2)

2-1 Équation différentielle du circuit : D'après la loi d'additivité des tensions : $U_L + U_R = E$.

$$L\frac{di}{dt} + ri + Ri = E \implies L\frac{di}{dt} + (R + r)i = E$$

En divisant par $(R + r)$:

$$\frac{L}{R+r}\frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R+r} \implies \alpha\frac{di}{dt} + i = \beta$$

Par identification : $\alpha = \frac{L}{R+r}$ et $\beta = \frac{E}{R+r}$.
2-2 Vérification de la solution : La solution proposée est $i(t) = \beta(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{E}{R+r}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$. On dérive cette expression et on la remplace dans l'équation différentielle pour vérifier qu'elle est bien solution (la dérivée vérifie l'égalité).
2-3 Détermination des grandeurs L, α, et r : * *Calcul de L :* À $t = 0, i(0) = 0$. L'équation différentielle s'écrit : $L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} + (R+r)\cdot 0 = E \implies L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = E$. D'après la courbe 3, $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = 10$ A/s. Donc $L \cdot 10 = 12 \implies L = 1,2$ **H**.

Elomrani

* *Calcul de* $\alpha = \tau$ *:* D'après la figure 3, l'intersection de la tangente à l'origine donne $\tau = 0,01$ **s** $= 10^{-2}$ **s** .
* *Calcul de r :* On a $\tau = \frac{L}{R+r} \implies R + r = \frac{L}{\tau} \implies r = \frac{L}{\tau} - R.$

$$r = \frac{1,2}{0,01} - 100 = 120 - 100 \implies r = 20\,\Omega$$

.
2-4 Démonstration de l'expression de τ en fonction de $E_b(t)$: L'énergie magnétique est $E_b(t) = \frac{1}{2}Li^2$. On sait que $i(t) = I_p(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ avec $I_p = \frac{E}{R+r}$.

$$E_b(t) = \frac{1}{2}L\left(I_p(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})\right)^2 = \frac{L}{2}I_p^2(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})^2$$

On isole le terme exponentiel :

$$(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})^2 = \frac{2E_b(t)}{LI_p^2} \implies 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} = \sqrt{\frac{2E_b(t)}{LI_p^2}}$$

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = 1 - \sqrt{\frac{2E_b(t)}{LI_p^2}} \implies -\frac{t}{\tau} = \ln\left(1 - \sqrt{\frac{2E_b(t)}{LI_p^2}}\right)$$

D'où l'expression finale :

$$\tau = \frac{-t}{\ln\left(1 - \sqrt{\frac{2E_b(t)}{LI_p^2}}\right)}$$

Elomrani

PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Expérience de Millikan et Mouvement d'un pendule simple

Partie 1 : Expérience de Millikan

1) Calcul du rayon de la gouttelette d'huile (cas $U = 0$)
1-1 Équation différentielle vérifiée par la vitesse V : D'après la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen :

$$\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} + \vec{f} + \vec{F}_A = m\vec{a}_G$$

Projection sur l'axe Oz (orienté vers le bas) :

$$mg - f - F_A = m\frac{dV}{dt}$$

$$mg - (6\pi\eta \cdot r \cdot V) - (\rho_A \cdot V_S \cdot g) = m\frac{dV}{dt}$$

En divisant par m :

$$\frac{dV}{dt} = g - \frac{6\pi\eta \cdot r \cdot V}{m} - \frac{\rho_A \cdot V_S \cdot g}{m} \implies \frac{dV}{dt} + \left(\frac{6\pi\eta \cdot r}{m}\right) V = g\left(1 - \frac{\rho_A \cdot V_S}{m}\right)$$

Sachant que la masse de la gouttelette est $m = \rho_H \cdot V_S = \rho_H \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$. On remplace m dans le terme de frottement : $\frac{6\pi\eta \cdot r}{\rho_H \cdot \frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{9\eta}{2\rho_H r^2}$. On remplace le rapport $\frac{V_S}{m} = \frac{1}{\rho_H}$ dans la parenthèse.

$$\frac{dV}{dt} + \frac{9\eta}{2\rho_H r^2} \cdot V = g\left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H}\right)$$

1-2 Expression de la vitesse limite V_L : En régime permanent, $V = V_L =$ cte $\implies \frac{dV}{dt} = 0$.

$$0 + \frac{9\eta}{2\rho_H r^2} \cdot V_L = g\left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H}\right) \implies V_L = \frac{2\rho_H r^2 \cdot g(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H})}{9\eta}$$

1-3 Calcul du rayon r : À partir de l'expression précédente, on déduit $r^2 = \frac{9\eta \cdot V_L}{2\rho_H \cdot g(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H})}$.

$$r = \sqrt{\frac{9\eta \cdot V_L}{2\rho_H \cdot g(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H})}}$$

Application numérique :

$$r = \sqrt{\frac{9 \times 1,8 \cdot 10^{-5} \times 2,0 \cdot 10^{-4}}{2 \times 1,3 \cdot 10^3 \times 9,8 \times (1 - \frac{1,3}{1,3 \cdot 10^3})}} \simeq 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$r \simeq 3,6\,\mu\text{m}$$

1-4 Expression de τ : On a $V(t) = V_L(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \implies \frac{dV}{dt} = V_L\left(\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$. On remplace dans l'équation différentielle :

$$\frac{V_L}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{9\eta}{2\rho_H r^2}V_L(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = g\left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H}\right)$$

$$V_L e^{-\frac{t}{\tau}}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{9\eta}{2\rho_H r^2}\right) + \frac{9\eta V_L}{2\rho_H r^2} = g\left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H}\right)$$

Pour que la fonction soit vérifiée pour tout t, il faut que le terme exponentiel s'annule :

$$\frac{1}{\tau} - \frac{9\eta}{2\rho_H r^2} = 0 \implies \tau = \frac{2\rho_H r^2}{9\eta}$$

Elomrani

2) Calcul de la charge de la gouttelette d'huile (cas $U \neq 0$)

2-1 Expression de la charge q : La gouttelette s'immobilise au repos, donc $\vec{v} = \vec{0}$ et $\vec{a} = \vec{0}$. La force de frottement fluide est nulle : $\vec{f} = \vec{0}$. Bilan des forces : $\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F}_e = \vec{0}$. Projection sur Oz : $mg - F_A - F_e = 0 \implies mg - F_A - |q|E = 0$ (avec $\vec{F}_e$ orientée vers le haut).

$$|q|E = mg - F_A \implies |q|\frac{U_0}{d} = \rho_H V_S g - \rho_A V_S g$$

$$|q| = \frac{V_S g d(\rho_H - \rho_A)}{U_0} \quad \text{avec} \quad V_S = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$|q| = \frac{4\pi r^3 g d(\rho_H - \rho_A)}{3U_0}$$

2-2 Nombre de charges élémentaires N :

$$|q| \simeq 7,94 \cdot 10^{-17} \text{ C}$$

Puisque $|q| = N \cdot e \implies N = \frac{|q|}{e} = \frac{7,94 \cdot 10^{-17}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$. $N \simeq 496$

Partie 2 : Mouvement d'un pendule simple

1-1 Expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} : Par définition : $E_{pp}(z) = mgz + C$. En prenant le plan horizontal passant par S comme référence ($E_{pp}(0) = 0$), on a $C = 0$. D'après la géométrie du pendule : $z = \ell - \ell\cos\theta = \ell(1 - \cos\theta)$. Donc $E_{pp} = mg\ell(1 - \cos\theta)$. Pour les petites oscillations ($\theta_m = 8° \leq 15°$), on utilise l'approximation $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$.

$$E_{pp} = mg\ell\left[1 - \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)\right] \implies E_{pp} = \frac{1}{2}mg\ell\theta^2$$

1-2 Détermination de l'énergie mécanique E_m : L'énergie mécanique est : $E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}mg\ell\theta^2$. Puisque $J_\Delta = m\ell^2$, on a $E_m = \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}mg\ell\theta^2$. Au point d'amplitude maximale A, on a $\theta = \theta_m$ et $\dot{\theta} = 0$, donc $E_m = \frac{1}{2}mg\ell\theta_m^2$.

$$E_m = \frac{1}{2} \times 20 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times 24,8 \cdot 10^{-2} \times \left(8° \times \frac{\pi}{180°}\right)^2$$

$$E_m \simeq 4,74 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Elomrani

1-3 Équation différentielle vérifiée par l'abscisse angulaire $\theta(t)$: En négligeant les frottements, l'énergie mécanique est conservée ($E_m = \text{cte} \implies \frac{dE_m}{dt} = 0$).

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2}m\ell^2(2\dot{\theta}\ddot{\theta}) + \frac{1}{2}mg\ell(2\theta\dot{\theta}) = m\ell^2\dot{\theta}\ddot{\theta} + mg\ell\theta\dot{\theta} = 0$$

$$m\ell^2\dot{\theta}\left(\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell}\theta\right) = 0$$

Puisque $m\ell^2\dot{\theta} \neq 0$ à tout instant, on obtient l'équation différentielle :

$$\ddot{\theta}(t) + \frac{g}{\ell}\theta(t) = 0$$

2-1 Expression de la période propre T_0 et Analyse dimensionnelle : Par identification : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$. * Vérification des dimensions : $[T_0] = \left(\frac{[\ell]}{[g]}\right)^{1/2}$. Sachant que $[\ell] = L$ et $[g] = L \cdot T^{-2}$.

$$[T_0] = \left(\frac{L}{L \cdot T^{-2}}\right)^{1/2} = (T^2)^{1/2} = T$$

La grandeur T_0 est bien homogène à un temps.

2-2 Calcul de T_0 et nombre de signaux émis :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{24,8 \cdot 10^{-2}}{9,81}} = 0,999 \text{ s} \implies T_0 \simeq 1 \text{ s}$$

La durée pour que la bille aille de A vers B (demi-oscillation) est $\Delta t' = \frac{T_0}{2} = 0,5$ s. Le nombre de passages (demi-oscillations complètes) durant $\Delta t = 10,25$ s est :

$$n = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \frac{10,25}{0,5} \implies n = 20,5$$

La bille atteint une extrémité (A ou B) 20 fois complètes durant cet intervalle. Le nombre de signaux émis est donc $n = 20$ signaux.

3) Démonstration de l'expression de la vitesse angulaire : On sait que l'énergie mécanique est : $E_m = \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}mg\ell\theta^2$. Au point d'équilibre S, on a $\theta = 0$ et la vitesse angulaire est maximale $\dot{\theta} = \dot{\theta}_S$. Donc $E_m = \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}_S^2$. Par conservation de l'énergie ($E_m(\theta) = E_m(S)$) :

$$\frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}_S^2 = \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}mg\ell\theta^2$$

Elomrani

En divisant par $\frac{1}{2}m\ell^2$:

$$\dot{\theta}_S^2 = \dot{\theta}^2 + \frac{g}{\ell}\theta^2 \implies \dot{\theta}^2 = \dot{\theta}_S^2 - \frac{g}{\ell}\theta^2 \implies \dot{\theta} = \pm\sqrt{\dot{\theta}_S^2 - \frac{g}{\ell}\theta^2} = \pm\dot{\theta}_S\sqrt{1 - \frac{g}{\ell}\frac{\theta^2}{\dot{\theta}_S^2}}$$

D'autre part, la conservation de E_m entre A et S donne :

$$\frac{1}{2}mg\ell\theta_m^2 = \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}_S^2 \implies \frac{g}{\ell} = \frac{\dot{\theta}_S^2}{\theta_m^2}$$

En remplaçant ce rapport dans l'expression de la vitesse :

$$\dot{\theta} = \pm\dot{\theta}_S\sqrt{1 - \frac{\dot{\theta}_S^2}{\theta_m^2}\frac{\theta^2}{\dot{\theta}_S^2}}$$

En simplifiant :

$$\dot{\theta}(t) = \pm\dot{\theta}_S\sqrt{1 - \left(\frac{\theta}{\theta_m}\right)^2}$$

Elomrani

Chimie

Partie 1

On travail à 25°C et on donne :

- le produit ionique de l'eau : $\mathbf{pK_e = 14}$
- les couples $(\mathbf{NH_4^+/NH_3})$ et $(\mathbf{CH_3COOH/CH_3COO^-})$
- les conductivités molaires ioniques

$\lambda(\mathbf{NH_4^+}) = \lambda_1 = \mathbf{7,35}$ mS.m$^{\mathbf{2}}$.mol$^{\mathbf{-1}}$; $\lambda(\mathbf{H_3O^+}) = \lambda_2 = \mathbf{35}$ mS.m$^{\mathbf{2}}$.mol$^{\mathbf{-1}}$; $\lambda(\mathbf{Cl^-}) = \lambda_3 = \mathbf{7,63}$mS.m $^{\mathbf{2}}$

I) On dissout une quantité du composé ionique chlorure d'ammonium $(\mathbf{NH_4Cl})$ dans l'eau , on obtient un volume $\mathbf{V_1}$ d'une solution $(\mathbf{S_1})$ de concentration molaire $\mathbf{C_1 = 10^{-2}}$ mol.L^{-1} et de conductivité $\boldsymbol{\sigma}$**= 150** mS.m^{-1}

1- Ecrire l'équation de la réaction acide-base qui se produit, puis compléter le tableau descriptif

2- Exprimer la concentration des ions $[\mathbf{H_3O^+}]$ dans la solution $(\mathbf{S_1})$ en fonction de : $\boldsymbol{\sigma}$, $\mathbf{C_1}$, $\boldsymbol{\lambda_1}$, $\boldsymbol{\lambda_2}$ et $\boldsymbol{\lambda_3}$

3- Calculer le pH de la solution $(\mathbf{S_1})$

4- Déterminer la valeur de la constante d'acidité $\mathbf{KA_1}$ du couple $(\mathbf{NH_4^+/NH_3})$ et déduire la valeur de $\mathbf{pKA_1}$

5- la valeur réelle du $\mathbf{pKA_1}$ du couple $(\mathbf{NH_4^+/NH_3})$ est **9,22** . Comparer cette valeur à celle calculée , conclure

II) On dissout une quantité du composé ionique éthanoate de sodium $(\mathbf{CH_3COONa})$ dans l'eau pure , on obtient un volume $\mathbf{V_2}$ d'une solution $(\mathbf{S_2})$ de concentration molaire $\mathbf{C_2 = 10^{-2}}$ mol.L^{-1} et de $\mathbf{pH_2 = 8,4}$

1- écrire l'équation de la réaction acide-base qui se produit et donner le tableau descriptif

2- Montrer que l'expression de la constante d'acidité $\mathbf{KA_2}$ du couple $(\mathbf{CH_3COOH/CH_3COO^-})$ est :

$\mathbf{KA_2 = 10^{pKe-2pH_2}(C_2 - 10^{pH_2-pKe})}$; calculer $\mathbf{KA_2(CH_3COOH/CH_3COO^-)}$ et déduire $\mathbf{pKA_2}$

III) on prélève un volume de la solution $(\mathbf{S_1})$ contenant une quantité de matière $\mathbf{n_0}$ mol de $\mathbf{CH_3COOH}$ et un autre volume de $(\mathbf{S_2})$ contenant la même quantité de matière $\mathbf{n_0}$ mol de $\mathbf{NH_3}$ on mélange les deux volumes , on obtient alors une nouvelle solution $(\mathbf{S_3})$

1- Ecrire l'équation de la réaction qui se produit au cours du mélange entre $\mathbf{CH_3COOH}$ et $\mathbf{NH_3}$

2- Exprimer la constante d'équilibre $\mathbf{K}$ de la réaction précédente en fonction de $\mathbf{pKA_1}$ et $\mathbf{pKA_2}$. Calculer $\mathbf{K}$

3- Exprimer en fonction de $\mathbf{K}$ le taux d'avancement final $\boldsymbol{\tau}$ de la réaction précédente . Calculer $\boldsymbol{\tau}$, ce résultat est-il en accord avec la valeur de $\mathbf{K}$? Justifier

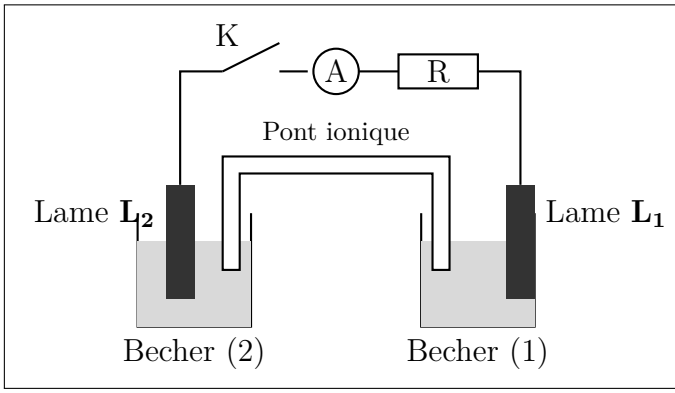
4- Montrer que l'expression du pH de la solution $(\mathbf{S_3})$ est : $\mathbf{pH_3 = \frac{1}{2}(pKA_1 + pKA_2)}$. calculer sa valeur

Partie 2 l'étude d'une pile de concentration cuivre-cuivre .

Les piles électriques sont des dispositifs électrochimiques qui transforment l'énergie de la réaction chimique en énergie électrique . on cite parmi elles les piles de concentration dont l'énergie provient de la différence des concentrations des ions de deux solutions . Ce type de pile électrique est utilisé essentiellement dans l'industrie au niveau de la galvanisation et l'étude de la corrosion .

Elomrani

La pile représentée dans la figure à coté est constituée de :
- Un bécher (1) contenant un volume $\mathbf{V_1 = 50mL}$ de solution $(\mathbf{S_1})$ de sulfate de cuivre (II) $(\mathbf{Cu^{2+} + SO_4^{2-}})$ de concentration $\mathbf{C_1}$ dans laquelle est plongée une partie d'une lame de cuivre $(\mathbf{L_1})$.
- Un bécher (2) contenant un volume $\mathbf{V_2 = V_1}$ de solution $(\mathbf{S_2})$ de sulfate de cuivre (II) $(\mathbf{Cu^{2+} + SO_4^{2-}})$ de concentration $\mathbf{C_2}$ dans laquelle est plongée une partie d'une lame de cuivre $(\mathbf{L_2})$.
- Un pont ionique qui relie les deux solutions $(\mathbf{S_1})$ et $(\mathbf{S_2})$.
On relie les deux lames de cuivre $(\mathbf{L_1})$ et $(\mathbf{L_2})$ par un conducteur Ohmique de résistance $\mathbf{R}$, un ampèremètre et un interrupteur $\mathbf{K}$.



On représente par $\mathbf{Cu^{2+}_{(1)}}$ les ions $\mathbf{Cu^{2+}_{(aq)}}$ dans le bécher (1) et par $\mathbf{Cu^{2+}_{(2)}}$ les ions $\mathbf{Cu^{2+}_{(aq)}}$ dans le bécher (2)
Lorsqu'on ferme l'interrupteur K , il se produit dans la pile une réaction d'oxydo-réduction d'équation :

$$\mathbf{Cu^{2+}_{(aq)(1)} + Cu_{(S)(2)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} Cu_{(S)(1)} + Cu^{2+}_{(aq)(2)}}$$

On réalise deux expériences **(a)** et **(b)** en utilisant les valeurs des concentrations indiquées dans le tableau ci-dessous.
On mesure l'intensité du courant **I** qui passe dans le conducteur ohmique lorsqu'on ferme l'interrupteur dans chacune des expériences et on note le résultat obtenu dans le même tableau :

	Experience (a)	**Experience (b)**
Concentration (en mol.L^{-1})	$C_1 = 0,010$ $C_2 = 0,10$	$C_1 = 0,10$ $C_2 = 0,10$
Intensité I de courant (en mA)	$I_1 = 140$	$I_2 = 0$

Donnée : constante de Faraday : $\mathbf{F = 9,65.10^4}$ C.mol^{-1}.

1- Déduire à partir des résultats expérimentaux indiqués dans le tableau ci-dessus la valeur de la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction .

2- On s'intéresse à l'expérience (a) et on prend pour origine des dates (t=0) l'instant où l'on ferme l'interrupteur.

2.1- indiquer le pôle positif de la pile en justifiant la réponse

2.2- Etablir l'expression de l'avancement $\boldsymbol{x}$ de la réaction qui a eu lieu en fonction du temps t en considérant que l'intensité du courant $\mathbf{I_1}$ reste constante au cours du fonctionnement de la pile .
Calculer le taux d'avancement de la réaction à l'instant **t=30min**.

2.3- Calculer les concentrations $[\mathbf{Cu^{2+}_{(1)}}]_{(eq)}$ et $[\mathbf{Cu^{2+}_{(2)}}]_{(eq)}$ dans les béchers (1) et (2) lorsque la pile est consommée (ne débite pas de courant)

Elomrani

Physique 1

Partie 1 Ondes ultrasonores Taraiter chez soi

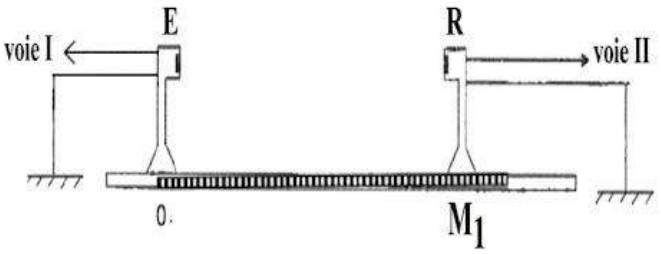


figure 1

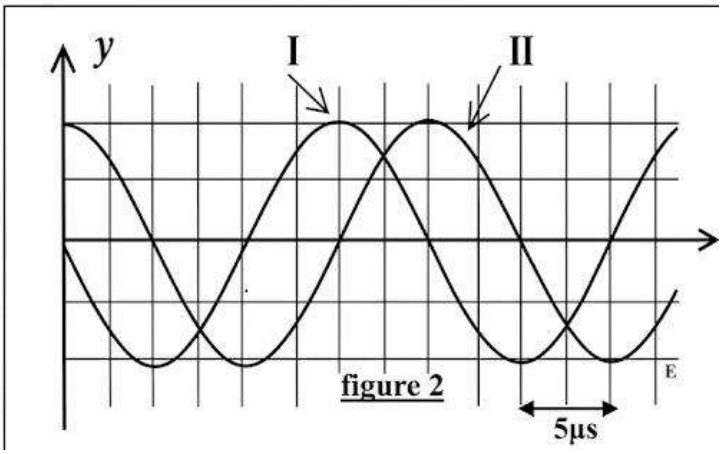


figure 2

On pose un émetteur **E** et un récepteur **R** des ondes ultrasonores dans l'air de façon à ce que l'émetteur et le récepteur sont alignés suivant une règle graduée ; L'émetteur **E** émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'air et arrive au récepteur **R** . le signal émis par l'émetteur **E** et celui capté par le récepteur **R** sont appliqués successivement aux entrées d'un oscilloscope .

Lorsque le récepteur **R** se trouve au point $\mathbf{M_1}$, on obtient sur l'écran de l'oscilloscope , les deux sinusoïdes **I** et **II** décrivant les vibrations émises et captées respectivement par l'émetteur **E** et le récepteur **R** . (figure 2)

1- Preciser la nature des ondes ultrasonores

2- Calculer la fréquence de l'onde émise par l'émetteur . s'agit-il bien d'ultrasons ?

3- Lorsqu'on approche le récepteur de l'émetteur à partir de $\mathbf{M_1}$ les deux courbe sont en phase pour la deuxième fois quand on atteint le point $\mathbf{M_2}$ tel que $\mathbf{M_1M_2 = 1,36cm}$.

Lorsqu'on éloigne le récepteur de l'émetteur à partir de $\mathbf{M_1}$ les deux courbes sont en phase pour la cinquième fois quand on atteint le point $\mathbf{M_3}$ tel que $\mathbf{M_1M_3 = 3,4}$ cm.

3.1 Déterminer la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$ d'ultrason émis .

3.2 En déduire la célérité **V** de l'onde ultrasonore émise dans l'air .

Partie 2 détermination de l'indice de réfraction d'un matériau

Taraiter chez soi

1) On éclaire une fente de largeur **a**, par une lumiere monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\boldsymbol{\lambda_0}$, et on obtient sur un écran des taches lumineuses séparées par des extinctions **(voir fig.1)**

Données : $\mathbf{L = 16,0}$ mm ; $\mathbf{D = 1,50}$ m ; $\mathbf{a = 0,100}$ mm ; $\mathbf{c = 3.10^8}$ m/s.

1.1. Définir une radiation monochromatique. Comment peut-on s'assurer qu'elle est monochromatique ?

1.2. Déterminer la valeur de $\boldsymbol{\lambda_0}$ puis calculer sa fréquence $\boldsymbol{\nu}$.

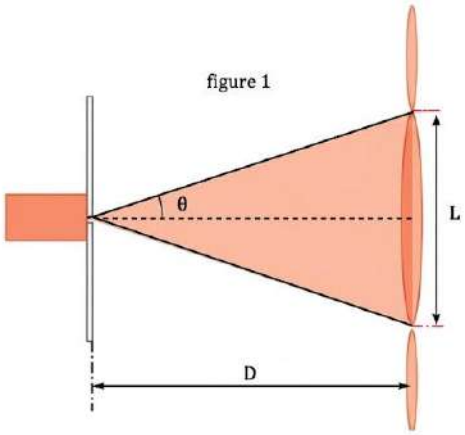
2) On intercale un bloc en plexiglas de forme parallélogramme et de largeur **D'**, tangent au plan de l'écran **(voir fig 2)** ; La largeur de la tache centrale devient **L'** . Données : $\mathbf{L' = 13}$ mm ; $\mathbf{D' = 0,90}$ m.

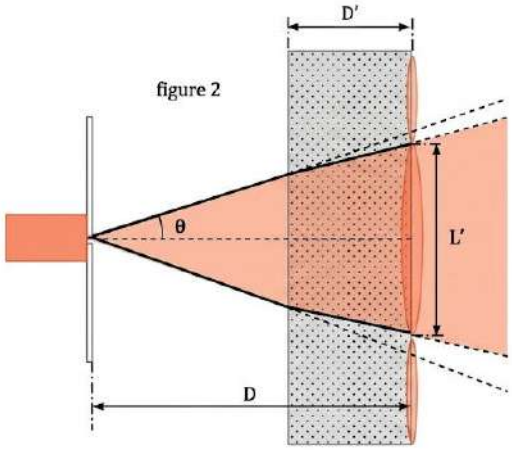
2.1. Montrer que l'indice de réfraction du plexiglas s'écrit sous forme : $\mathbf{n = \dfrac{L.D'}{L'.D - L(D - D')}}$

(On rappelle que pour un angle $\boldsymbol{\alpha}$ petit, on a $\sin(\alpha) \approx \tan(\alpha) \approx \alpha$ (rad))

2.2. Calculer la valeur de **n** puis déduire la valeur de la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$ de la radiation dans le plexiglas

Elomrani



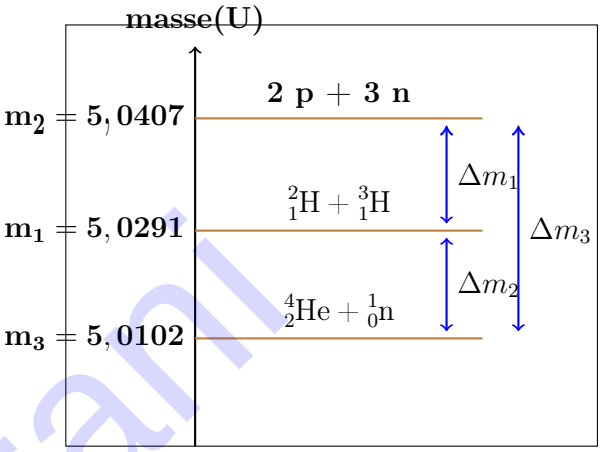


Partie 3 étude de la réaction de Fusion nucléaire

On considère la réaction de Fusion nucléaire :

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

La figure ci-jointe représente le diagramme massique de cette réaction.



1- Un échantillon nucléaire contient du Tritium ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ radioactif.
L'activité initiale de cet échantillon à la date $t = 0$ est $\mathbf{a_0 = 2,00}$ MBq.
A la date $\mathbf{t_1 = 4}$ ans, l'activité devient $\mathbf{a_1 = 1,60}$ MBq.
Déterminer le nombre $\mathbf{a_2}$ de désintégration par unité de temps à la date $\mathbf{t_2 = 12}$ ans.

2- Que représentent : $\mathbf{\Delta m_1}$, $\mathbf{\Delta m_2}$ et $\mathbf{\Delta m_3}$?
2- Calculer en MeV l'énergie libérée lors de cette réaction nucléaire.
3- On utilise un mélange de ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ et ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ contenant une masse $\mathbf{m_1 = 2g}$ de deutérium ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$. Calculer la masse minimale $\mathbf{m_2}$ de tritium ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ qu'il faut utiliser pour fusionner la totalité des ions deutérium.
4- On considère un mélange (deutérium - tritium) contenant le même nombre **N** de chaque nucléide. Calculer l'énergie libérée par la fusion d'une masse $\mathbf{m = 1Kg}$ du mélange et déduire le nombre de fusions produites.
5- Une masse $\mathbf{m_0}$ de pétrole libère la même énergie libérée par la masse $\mathbf{m = 1Kg}$ du mélange (deutérium - tritium) sachant que la puissance thermique de pétrole est $\mathbf{E_p = 42}$ MJ.Kg^{-1}.
Déterminer la valeur de $\mathbf{m_0}$.

Elomrani

Données

- masses atomiques : $m({}^{2}_{1}\mathrm{H}) = 2,013355$ U ; $m({}^{3}_{1}\mathrm{H}) = 3,0155$ U
- masses Molaires : $M({}^{2}_{1}\mathrm{H}) = 2$ g.mol^{-1} ; $M({}^{3}_{1}\mathrm{H}) = 3$ g.mol^{-1}
- 1 U $= 1,66 \cdot 10^{-27}$ Kg ; 1 U.C^2 $= 931,5$ MeV ; 1 MeV $= 1,6 \cdot 10^{-13}$ J

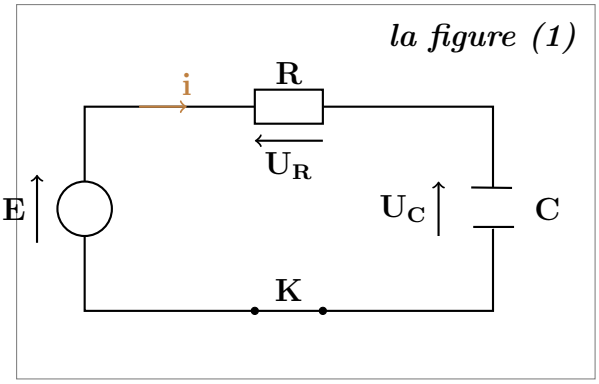
Physique 2 Electricité

Partie 1 Circuit RC

Le montage de la figure **(1)** comporte :

- Un condensateur initialement déchargé de capacité **C**
- Un conducteur ohmique de résistance **R**
- Un générateur parfait de tension de force électromotrice $\mathbf{E = 10V}$

On ferme l'interrupteur **K** à la date t=0.

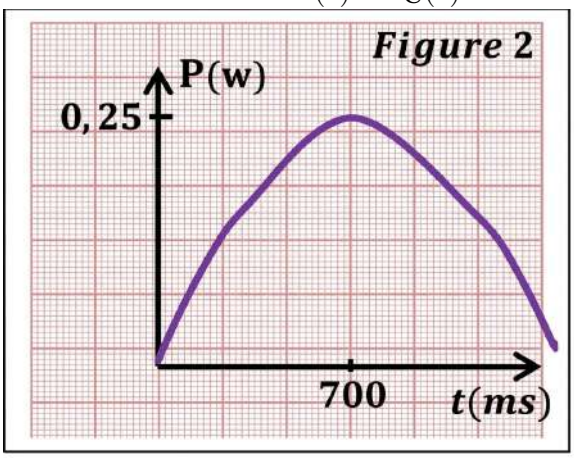


Données

– L'expression de la tension aux bornes du condensateur :
$\mathbf{U_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$ $(\tau = \mathbf{R \cdot C})$

– L'expression de l'intensité du courant électrique dans le circuit : $\mathbf{i(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}}$

– L'expression de la puissance électrique consommée par le condensateur est : $\mathbf{P = i(t) \cdot U_C(t)}$



1- Donner l'expression de la puissance électrique consommée par le condensateur en fonction de : $\mathbf{E}, \mathbf{R}, \tau$ et $\mathbf{t}$.
2- Déduire l'expression de $\frac{\mathbf{dP}}{\mathbf{dt}}$ en fonction de : $\mathbf{E}, \mathbf{R}, \tau$ et $\mathbf{t}$.
3- Pour une date $\mathbf{t = t_m}$, la puissance $\mathbf{P}$ prend une valeur maximale $\mathbf{P_{max}}$.

3-1 Déterminer l'expression de $\mathbf{t_m}$ en fonction de τ.

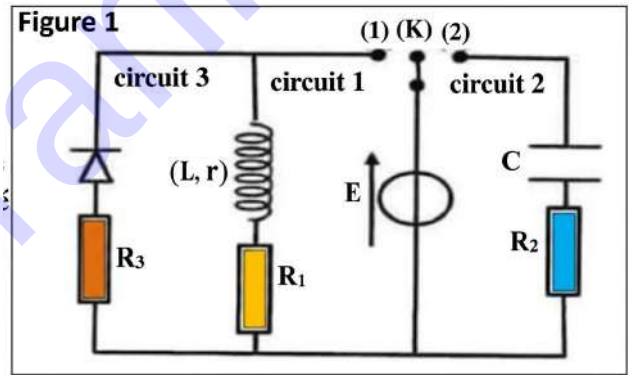
3-2 Déduire l'expression de $\mathbf{P_{max}}$ en fonction de $\mathbf{E}$ et $\mathbf{R}$.

4- La courbe de la figure 2 donne les variations de $\mathbf{P}$ en fonction de $\mathbf{t}$.
Déterminer les valeurs de : $\tau, \mathbf{R}$ et $\mathbf{C}$.

Physique 2

Partie 2 Circuit RC

Le montage de **la figure 1** comporte :
- Un générateur parfait de tension de force électromotrice $\mathbf{E}$
- une bobine d'inductance $\mathbf{L}$ et de résistance interne $\mathbf{r}$
- une diode a jonction de tension seuil en sens passant $\mathbf{U_S = 0}$
- trois conducteurs ohmiques de résistances $\mathbf{R_1 = 50\Omega}$, $\mathbf{R_2}$ et $\mathbf{R_3}$
- Un condensateur de capacité $\mathbf{C = 2\mu F}$ non initialement chargé
- Un inverseur $\mathbf{K}$ a double position



I) A la date t=0, on bascule l'inverseur (K) en position **(1)**
1- Recopier le montage de la figure 1 et représenter le sens du courant dans toutes les branches du circuit.

2- Démontrer que l'équation différentielle que vérifie la tension $\mathbf{U_{R1}(t)}$ aux bornes de la résistance $\mathbf{R_1}$ est :

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{U_{R1}} + \frac{\mathbf{R_1 + r}}{\mathbf{L}} \cdot \mathbf{U_{R1}} = \frac{\mathbf{R_1 E}}{\mathbf{L}}$$

3- la solution de l'équation différentielle précédente s'écrit : $\mathbf{U_{R1}(t) = A \cdot (1 - e^{-t/\tau_1})}$
- préciser les expressions des constantes $\mathbf{A}$ et $\mathbf{B}$, que représente $\mathbf{A}$ pour le circuit ?
- Ecrire l'expression de $\mathbf{U_{R1}(t)}$ en fonction de $\mathbf{E}, \mathbf{R_1}, \mathbf{r}, \mathbf{t}$, et la constante de temps $\boldsymbol{\tau_1}$ du circuit

Elomrani

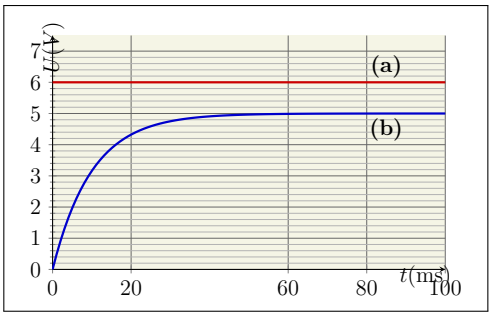
4) un oscilloscope numérique permet de visualisé les tensions représentées sur le graphe de la figure (2)

4-1 Préciser , en justifiant votre réponse le dipôle correspondant à chaque courbe

4-2 Déterminer les valeurs de : **E** et l'intensité maximale du courant électrique $\mathbf{I_{01}}$ puis déduire la valeur de **r**

4-3 Déterminer graphiquement la valeur de la constante du temps $\boldsymbol{\tau_1}$ du Circuit et déduire la valeur de **L**

4-4 démontrer que $\mathbf{E} \cdot \tau_1 = \mathbf{L} \cdot \mathbf{I_{01}}$ et déduire la valeur de **L**



5) Calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine a la date $\mathbf{t = 0,25\tau_1}$

II) une fois le courant électrique dans le circuit est constant , on bascule (K) vers la position **(2)** a une date considérée comme nouvelle origine des temps

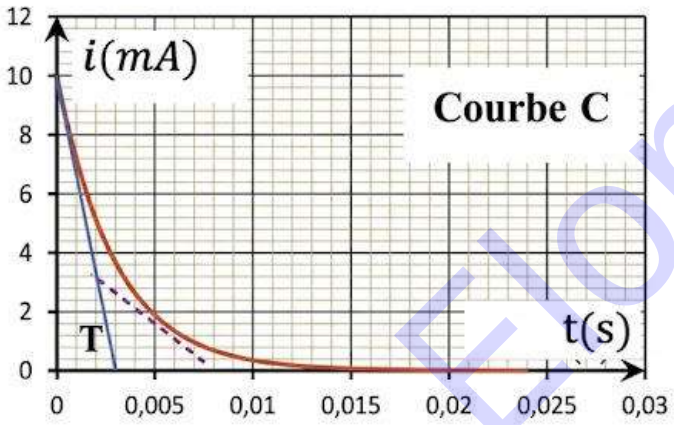
Les courbes de la figure (3) donnent l'évolution de l'intensité du courant électrique dans les circuits (2) et (3)

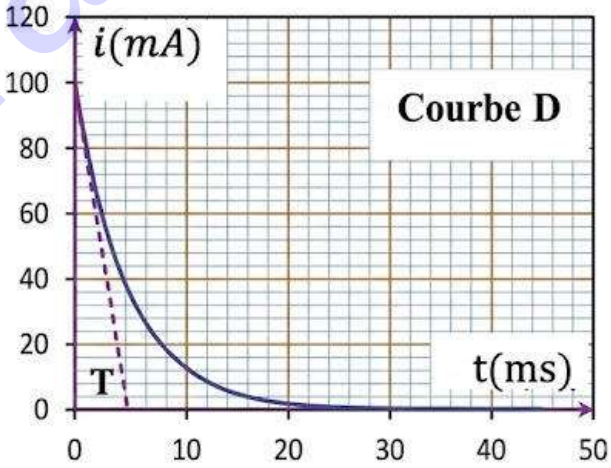
T représente les tangentes a la date t=0

1- Identifier en justifiant votre réponses la courbe qui correspond Au circuit (2) et celle du circuit (3)

2- Déterminer la constante de temps $\boldsymbol{\tau_3}$ du circuit (3) et déduire la valeur de la résistance $\mathbf{R_3}$

3- Déterminer la constante de temps $\boldsymbol{\tau_2}$ du circuit (2) et déduire les valeurs de $\mathbf{R_2}$ et **C**





Elomrani

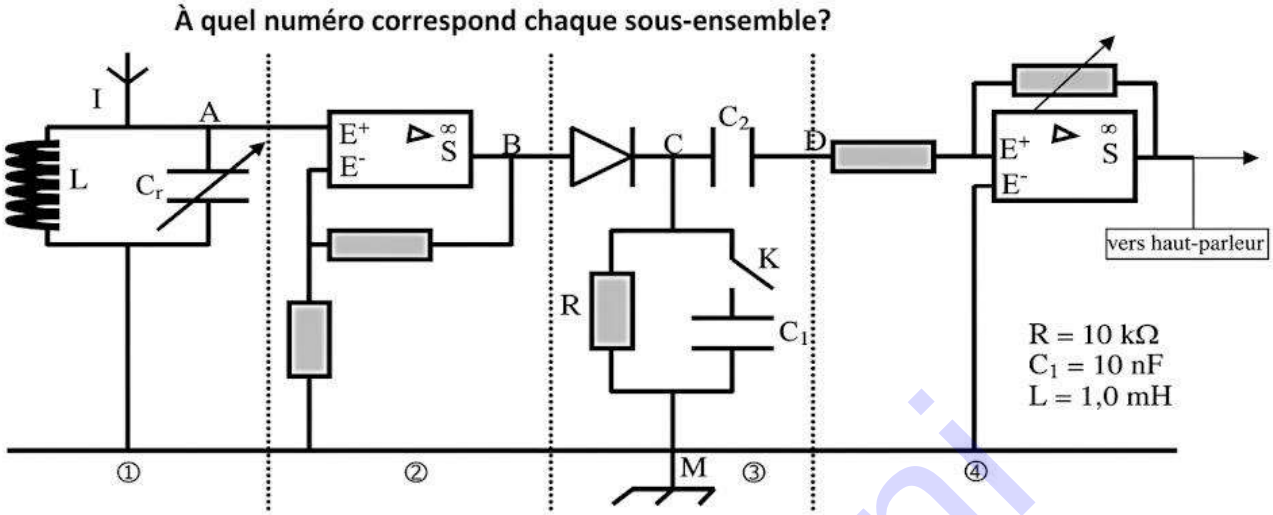
Physique 3

Partie 3 récepteur radio à modulation d'amplitude

le schéma de récepteur radio à modulation d'amplitude est divisé en quatre sous-ensembles numérotés de 1 à 4

I) ANALYSE DU RÉCEPTEUR

Les quatre sous-ensembles sont les suivants : $\boldsymbol{\alpha}$: démodulateur ; $\boldsymbol{\beta}$: amplificateur du signal modulé ; $\boldsymbol{\gamma}$: amplificateur du signal modulant ; $\boldsymbol{\delta}$: circuit oscillant accordé sur la fréquence **f** telle que $\mathbf{4\pi^2.f^2.L.C_r = 1}$



II) LA GAMME D'ONDES

Le circuit oscillant est accordé sur la fréquence que l'on veut capter. Quelles devraient être les limites de la capacité $\mathbf{C_v}$ du condensateur pour balayer la plage de fréquences qui va, en modulation d'amplitude, de **150 kHz** à **280 kHz** pour les stations les plus écoutées ?

III) ÉTUDE DES TENSIONS

On peut visualiser les cinq tensions $\mathbf{U_{AM}}$, $\mathbf{U_{BM}}$, $\mathbf{U_{CM}}$ (K ouvert), $\mathbf{U_{CM}}$ (K fermé) et $\mathbf{U_{DM}}$ sur un oscilloscope, M étant la masse du circuit. Les cinq oscillogrammes obtenus sont numérotés (a), (b), (c), (d) et (e).

En absence de signal sur l'oscilloscope, les traces obtenues sur l'écran coïncident avec la ligne horizontale médiane.

1) Identifier $\mathbf{U_{AM}}$ en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.
Calculer le taux de modulation en utilisant la courbe $\mathbf{U_{AM}}$.

2) a- Identifier $\mathbf{U_{BM}}$ en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.

b- On note **G** le coefficient d'amplification du premier étage amplificateur : $\mathbf{G = U_{(BM)\,max}/U_{(AM)\,max}}$
Évaluer **G** en utilisant les oscillogrammes.

3) a- Identifier $\mathbf{U_{CM}}$ (K ouvert) en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.

b- Quel est le rôle de la diode ?

4) a- Identifier $\mathbf{U_{CM}}$ (K fermé) en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.

b- Déterminer la tension de décalage du signal modulant $\mathbf{U_0}$.

c- Expliquer pourquoi le phénomène de surmodulation a été évité lors de la propagation du signal modulé.

5) a- Identifier $\mathbf{U_{DM}}$ en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.

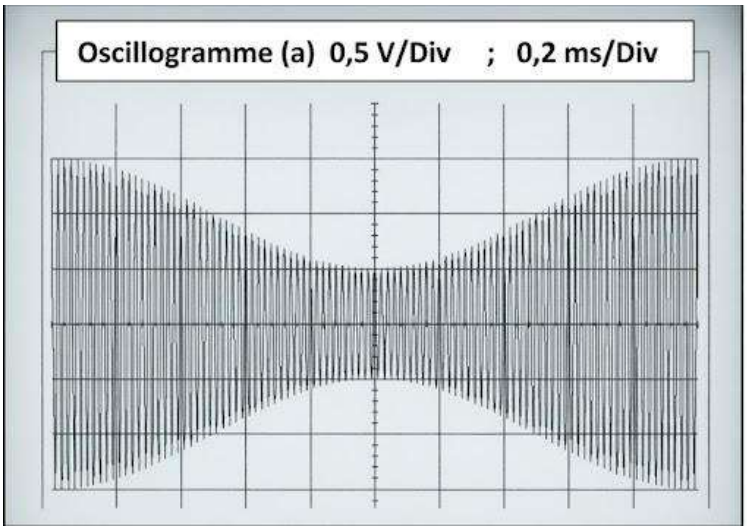
b- Quel est le rôle du condensateur $\mathbf{C_2}$?

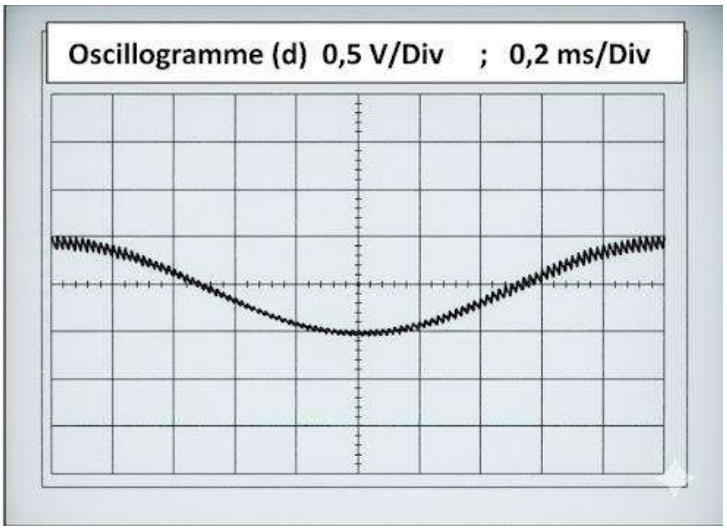
6) a- Déterminer la période $\mathbf{T_S}$ et la fréquence $\mathbf{f_S}$ du signal modulant à l'aide d'un des oscillogrammes.

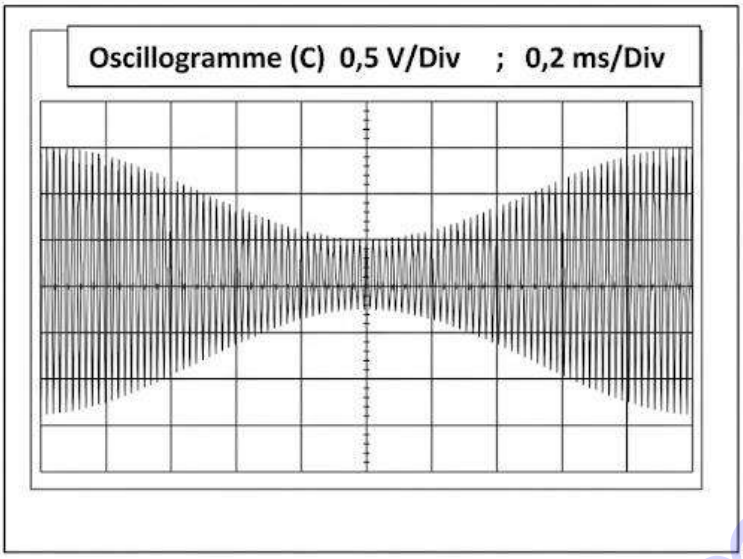
b- Évaluer la période $\mathbf{T_P}$ et la fréquence $\mathbf{f_P}$ de l'onde porteuse à l'aide de l'oscillogramme (a).

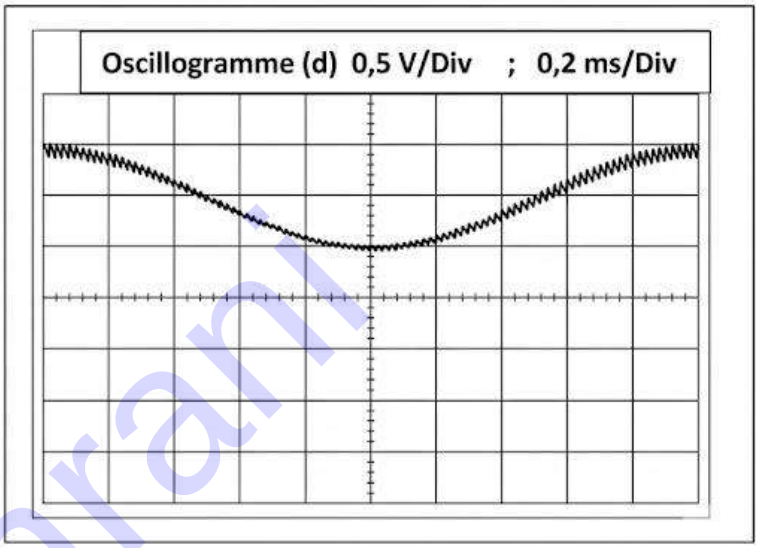
C- Comparer la constante de temps du dipôle $(\mathbf{R}, \mathbf{C_1})$ à la période de l'onde porteuse et à la période du signal modulant.
Conclure sur la qualité du montage de démodulation. Qu'en est-il réellement lorsqu'on observe l'oscillogramme (d).

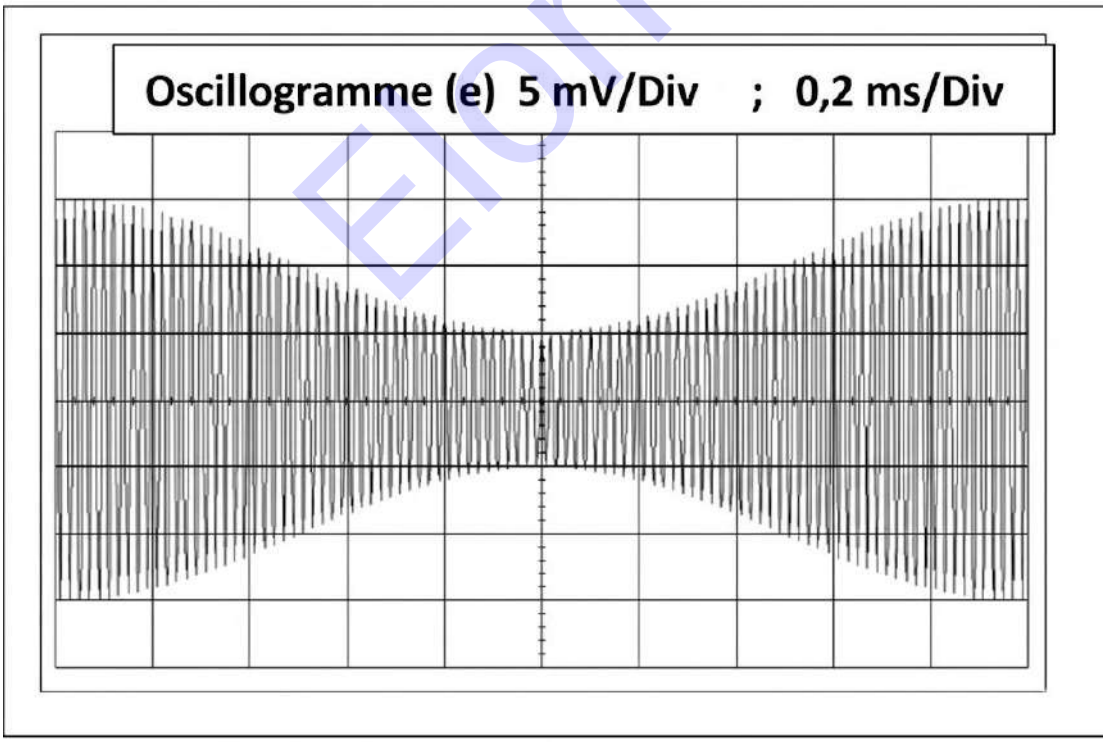
Elomrani


Oscillogramme (a) 0,5 V/Div ; 0,2 ms/Div


Oscillogramme (d) 0,5 V/Div ; 0,2 ms/Div


Oscillogramme (C) 0,5 V/Div ; 0,2 ms/Div


Oscillogramme (d) 0,5 V/Div ; 0,2 ms/Div


Oscillogramme (e) 5 mV/Div ; 0,2 ms/Div

Elomrani

Physique 3 Mécanique

Partie 1 Mouvement d'une luge Taraiter chez soi

On étudie le mouvement d'une luge modélisée par un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m dans deux phases de son parcours :
- Première phase : Mouvement rectiligne de (S) sur un plan incliné ;
- Deuxième phase : Chute verticale de (S) dans l'eau .
Données : - Masse de la luge : $\mathbf{m = 20}$ kg ; - Intensité de la pesanteur : $\mathbf{g = 10 m.s^{-2}}$.

1- Première phase : Mouvement de la luge sur un plan incliné.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans le repère $(\mathbf{A}; \tilde{\mathbf{i}}; \tilde{\mathbf{j}})$ lié à un référentiel terrestre Galiléen (figure 1)
Après la phase de poussée vers le bas, le solide (S) atteint une vitesse $\mathbf{V_A = 5,0 m.s^{-1}}$ au point A et glisse sans frottement le long de la piste rectiligne AB faisant un angle $\boldsymbol{\alpha}$ avec l'horizontale La pente est inclinée à **20**% ($\sin\alpha = \mathbf{0,20}$).
1-1- En appliquant la deuxième loi de Newton déterminer la valeur de l'accélération $\mathbf{a_{th}}$ du centre d'inertie G de (S) .
1-2- L'origine des dates (t=0) est choisie à l'instant du passage par le point A
Trouver la distance parcourue, à partir du point A, lorsque la luge atteint la vitesse $\mathbf{V_1 = 25 m.s^{-1}}$
1-3 On filme le mouvement de la luge, puis on exploite la vidéo avec un logiciel adapté. Ceci a permis de tracer la courbe représentant les variations de la vitesse de G en fonction du temps $\mathbf{V_{exp} = f(t)}$ (figure 2).
1-3-1- Déterminer graphiquement la valeur expérimentale $\mathbf{a_{exp}}$ de l'accélération du centre d'inertie G.
1-3-2- On interprète la différence entre $\mathbf{a_{th}}$ et $\mathbf{a_{exp}}$ par l'existence de frottements.
On rappelle que lorsque le contact entre le plan incliné et la luge se fait avec frottement solide, la piste exerce sur (S) une force $\vec{\mathbf{R}}$ ayant une composante tangentielle $\vec{\mathbf{R_T}}$ et une composante normale $\vec{\mathbf{R_N}}$. Lors du mouvement de (S) , les intensités de $\mathbf{R_T}$ et de $\mathbf{R_N}$ sont liées par la relation $\mathbf{R_T = \mu . R_N}$, avec $\boldsymbol{\mu}$ une constante appelée coefficient de frottement qui dépend des matériaux en contact et de leur état de surface.
Exprimer le coefficient $\boldsymbol{\mu}$ en fonction de $\mathbf{a_{th}}$, $\mathbf{a_{exp}}$, **g et** $\boldsymbol{\alpha}$. Calculer sa valeur.

2- Deuxième phase : Chute verticale de (S) dans l'eau.

La luge quitte la piste en B et tombe dans un lac au point C (figure 1). Après s'être immobilisée quelques instants, la luge se met à couler verticalement sans vitesse initiale depuis le point C. On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans un repère $(\mathbf{C}, \tilde{\mathbf{k}})$ lié à un référentiel terrestre considéré comme galiléen (figure 1).
On repère la position de G à tout instant par la cote z de l'axe vertical $(\mathbf{C}, \tilde{\mathbf{k}})$ dirigé vers le bas.
L'origine des dates 0 (t = 0) est prise au point C. Au cours de sa chute dans l'eau, la luge est soumise, en plus de son poids, à la force de frottement fluide $\vec{\mathbf{f}} = -\mathbf{k}\vec{\mathbf{V}}$ où $\mathbf{k = 200 S.I}$ et $\mathbf{v}$ la vitesse de G à un instant t.
On note que la poussée d'Archimède est négligée.
2-1- Montrer que l'équation différentielle du mouvement de G vérifiée par la vitesse $\mathbf{v}$ s'écrit :
$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{v_z} + \frac{\mathbf{1}}{\tau}\mathbf{v_z} = \frac{\mathbf{v_l}}{\tau}$$
avec $\vec{\mathbf{v}} = \mathbf{v_z}.\tilde{\mathbf{k}}$. On donnera $\boldsymbol{\tau}$ et $\mathbf{v_l}$ en fonction des paramètres de l'exercice.
2-2- La solution de l'équation différentielle du mouvement de G s'écrit $\mathbf{v_z(t) = v_L\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right)}$

Elomrani

Trouver , à l'instant $\mathbf{t = 41\tau}$, la profondeur atteinte par la luge depuis le point C , origine de la cote z .

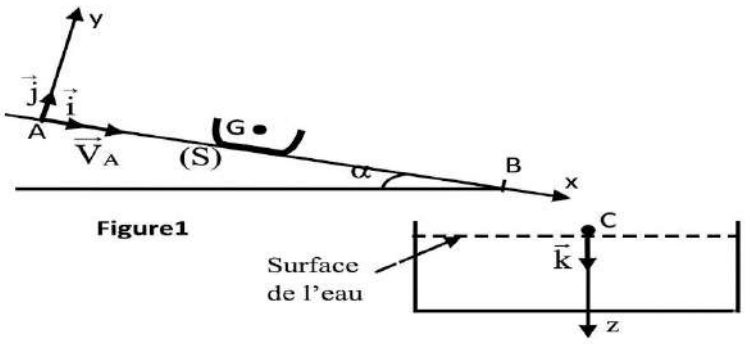


Figure1

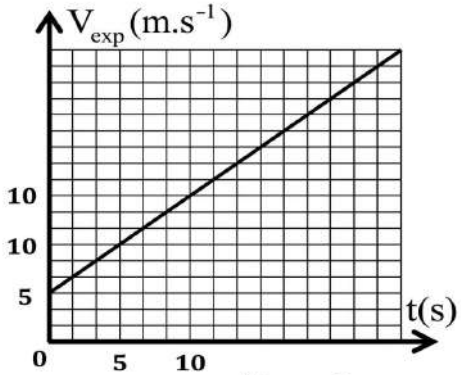
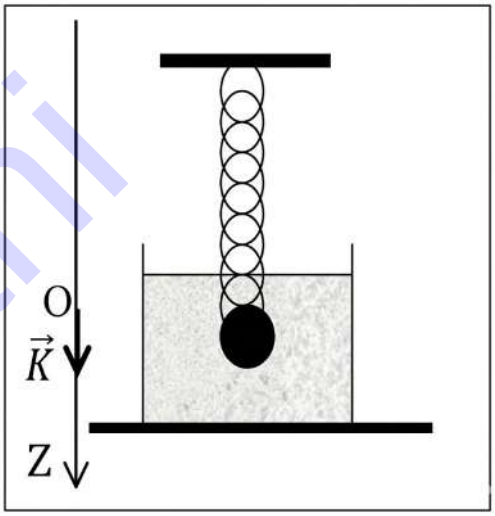


Figure 2

Partie 2

Une sphère (S) de rayon $\mathbf{r = 1cm}$ et de masse $\mathbf{m = 100g}$ est suspendue à un ressort de constante de raideur $\mathbf{k = 100N.m^{-1}}$ et de longueur à vide $\mathbf{l_0}$, l'autre extrémité du ressort étant attachée à un support fixe.
On plonge la sphère dans un liquide visqueux de viscosité $\boldsymbol{\eta}$ Variable.
à l'equilibre de (S) le ressort est déformé et le centre d'inértie de la sphère
coincide avec l'origine de l'axe $\mathbf{O\tilde{Z}}$;
on écarte (S) de sa position d'équilibre vers le bas et on l'abandonne sans vitesse initiale
On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la sphère dans le repère $\mathbf{R(O,\tilde{K})}$ lié au référentiel terrestre considéré comme galiléen.



On repère la position de G à un instant t par l'abscisse **Z** sur l'axe $(\mathbf{O,\tilde{K}})$
l'expression de la force de frottement fluide que subit la sphère est donnée par la formule de Stokes :
$\vec{\mathbf{f}} = -\mathbf{6\pi r\eta V_Z\tilde{K}}$
$\mathbf{V_Z}$ représente la copmosate du vecteur vitesse de G sur l'axe **OZ**
on donne $\mathbf{g = 10m.s^{-2}}$ et $\boldsymbol{\pi^2 = 10}$

1) Déterminer l'expression de l'allongement du ressort à l'équilibre $\boldsymbol{\Delta l_{éq}}$ en fonction des parametres de l'exercice

2) Montrer que l'équation différentielle du mouvement de la sphère s'écrit sous la forme

$$\frac{\mathbf{d^2}}{\mathbf{dt^2}}\mathbf{Z} + \mathbf{2}\lambda\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{Z} + \frac{\mathbf{4\pi^2}}{\mathbf{T_0^2}}\mathbf{Z} = \mathbf{0}$$

$\mathbf{T_0}$ Représente la période propre des oscillations , donner les expressions de $\mathbf{T_0}$ et $\boldsymbol{\lambda}$

3) la solution de cette équation différentielle s'écrit de la fomre $\mathbf{Z(t) = A\cdot e^{-\lambda t}\cdot\cos\left(\frac{2\pi.t}{T} + \varphi\right)}$

avec **T** est la pseudo-période des oscillations $\mathbf{T = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2}}}}$

3-1 Etablir la formule $\eta = \frac{\mathbf{2m}}{\mathbf{3r}}\sqrt{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{T_0^2}} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{T^2}}}$

3-2 Determiner la valeur maximale approximative de la viscosité $\boldsymbol{\eta}$ du liquide pour que $\mathbf{T \approx T_0}$

Elomrani

CHIMIE

Correction du Bacc Blanc 11 - Partie 1 & Partie 2

Partie 1 : Étude de solutions aqueuses

I/ 1) NH_4Cl est un produit ionique, donc il se dissocie dans l'eau en ions. Cl^- ion spectateur ne réagit pas, donc NH_4^+ (acide) réagit avec H_2O selon une réaction Acide-Base.
Équation de la réaction :

$$NH_{4\,(aq)}^+ + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$$

État	**Avancement**	NH_4^+	NH_3	H_3O^+
Initial	0	C_1V_1	0	0
Final	x_f	$C_1V_1 - x_f$	x_f	x_f

2) Expression de la conductivité :

$$\sigma = \lambda_1[NH_4^+] + \lambda_2[H_3O^+] + \lambda_3[Cl^-]$$

On a $[Cl^-] = C_1$ et d'après le tableau $[NH_4^+] = C_1 - [H_3O^+]$:

$$\sigma = \lambda_1(C_1 - [H_3O^+]) + \lambda_2[H_3O^+] + \lambda_3 C_1$$

$$\sigma = [H_3O^+](\lambda_2 - \lambda_1) + C_1(\lambda_1 + \lambda_3)$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma - C_1(\lambda_1+\lambda_3)}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

3) Calcul de $pH(S_1)$:

$$[H_3O^+] = \frac{150 \times 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}(14,98 \cdot 10^{-3})}{27,65 \cdot 10^{-3}}$$

$$[H_3O^+] = 7,23 \cdot 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-3} = 7,23 \cdot 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$pH = -\log([H_3O^+]) \implies pH \approx 5,14$$

4) Constante d'acidité KA_1 :

$$KA_1 = \frac{[H_3O^+]_f[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C_1 - [H_3O^+]_f}$$

$$KA_1 = \frac{(7,23 \cdot 10^{-6})^2}{10^{-2} - 7,23 \cdot 10^{-6}} = 5,23 \cdot 10^{-10}$$

Elomrani

$$pKA_1 \approx 9,28$$

5) $pKA_1 = 9,22 \neq 9,28$. pKA_1 dépend de KA_1 qui dépend de C_1 et pH. Le pH dépend de $[H_3O^+]$ et $[H_3O^+]$ dépend de σ et C_1. Donc la différence des valeurs est due aux incertitudes expérimentales lors de la mesure de C_1 et σ.

II/ 1) $CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$

État	**Avancement**	CH_3COO^-	CH_3COOH	HO^-
Initial	0	C_2V_2	0	0
Final	x_f	$C_2V_2 - x_f$	x_f	x_f

2) Expression de KA_2 :

$$KA_2 = \frac{[H_3O^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H_3O^+](C_2 - [HO^-])}{[HO^-]}$$

Sachant que $[HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = 10^{pH-pK_e}$, on trouve :

$$KA_2 = 10^{(pK_e-2pH_2)}(C_2 - 10^{pH_2-pK_e})$$

$$KA_2 = 10^{14-16,8}(10^{-2} - 10^{8,4-14}) = 1,58 \cdot 10^{-5} \implies pKA_2 = 4,8$$

III/ 1) $CH_3COOH + NH_3 \rightleftharpoons CH_3COO^- + NH_4^+$

2) Constante K :

$$K = \frac{[CH_3COO^-][NH_4^+]}{[CH_3COOH][NH_3]} \cdot \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{KA_2}{KA_1} = \frac{10^{-pKA_2}}{10^{-pKA_1}} = 10^{pKA_1-pKA_2}$$

$$K = 3 \cdot 10^4$$

3) Taux d'avancement τ :

$$K = \left(\frac{x_f}{n_0 - x_f}\right)^2 \implies \sqrt{K} = \frac{x_f}{n_0 - x_f} \implies x_f = \frac{n_0\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{x_f}{n_0} = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}} \implies \tau \approx 0,98 = 98\%$$

$\tau < 1$, la réaction est limitée ($K = 3 \cdot 10^4 < 10^4$

Elomrani

4) pH de la solution :

$$pH = pKA_1 + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = pKA_1 + \log\left(\frac{n_0 - x_f}{x_f}\right) = pKA_1 + \log\left(\frac{1}{\sqrt{K}}\right)$$

$$pH = pKA_1 - \frac{1}{2}\log K = pKA_1 - \frac{1}{2}(pKA_1 - pKA_2)$$

$$pH = \frac{pKA_1 + pKA_2}{2} = 6,54$$

Partie 2 : Pile de concentration

1) Constante d'équilibre K : À l'état final (expérience b), la pile ne débite pas de courant ($I = 0$).

$$K = Q_{r,eq} = \frac{[Cu^{2+}]_{2,f}}{[Cu^{2+}]_{1,f}} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{0,10}{0,10} = 1$$

$K = 1 < 10^4$, la réaction est limitée.

2) 2-1 Polarité de la pile : Dans l'expérience (a) :

$$Q_{r,i} = \frac{[Cu^{2+}]_{2,i}}{[Cu^{2+}]_{1,i}} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{0,10}{0,01} = 10$$

$Q_{r,i} = 10 > K$. Le système évolue dans le sens inverse (sens 2), c'est-à-dire le sens de formation de $Cu^{2+}_{(1)}$. Oxydation anodique au niveau de la lame 1 :

$$Cu_{(s,1)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(1)} + 2e^-$$

La lame 1 est l'**anode** ($\ominus$), la lame 2 est la **cathode** ($\oplus$).

2-2 Avancement $x = f(t)$ **:** On a $n(e^-) = \frac{I\cdot\Delta t}{F}$ et $n(e^-) = 2x$.

$$x = \frac{I \cdot t}{2F}$$

Application numérique à $t = 30$ min :

$$x = \frac{140 \cdot 10^{-3} \times 30 \times 60}{2 \times 96500} \Longrightarrow x = 7,25 \cdot 10^{-5} \textbf{ mol}$$

Calcul de τ : $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ $x_{max} = n_i(Cu^{2+})_{(1)} = C_1V_1 = 0,01 \times 50 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4}$ mol

$$\tau = 0,26 = 26\%$$

Elomrani

2-3 Concentrations à l'équilibre :

$$[Cu^{2+}]_{1,eq} = \frac{C_1V_1 + x_f}{V_1} \quad \text{et} \quad [Cu^{2+}]_{2,eq} = \frac{C_2V_2 - x_f}{V_2}$$

À l'équilibre, on a $K = 1$, donc $[Cu^{2+}]_{1,eq} = [Cu^{2+}]_{2,eq}$. Comme $V_1 = V_2 = V$:

$$C_1V + x_f = C_2V - x_f \implies 2x_f = V(C_2 - C_1) \implies \frac{x_f}{V} = \frac{C_2 - C_1}{2}$$

En remplaçant :

$$[Cu^{2+}]_{1,eq} = C_1 + \frac{C_2 - C_1}{2} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$[Cu^{2+}]_{1,eq} = \frac{0,01 + 0,10}{2} = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[Cu^{2+}]_{1,eq} = [Cu^{2+}]_{2,eq} = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

PHYSIQUE 1

Ondes ultrasonores, Ondes lumineuses et Décroissance radioactive

Partie 1 : Ondes ultrasonores

1) La nature des ultrasons : C'est une onde mécanique **longitudinale**.
2) D'après le graphe (figure 2) :

$$T = 4 \text{ div} \times 5\,\mu\text{s/div} = 20\,\mu\text{s} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-5}} = 5 \cdot 10^4 \text{ Hz} = 50 \text{ kHz}$$

Comme $N = 50$ kHz > 20 kHz, **il s'agit bien d'ultrasons**.

---

3) 3-1 Longueur d'onde λ : D'après la figure 2, le décalage horaire τ correspond à $\frac{T}{4}$ ($\tau \to 2$ div et $T \to 8$ div sur la nouvelle échelle).

$$\tau_{min} = \frac{T}{4} \implies d = ER = EH_1 = \frac{\lambda}{4}$$

La distance générale s'écrit : $ER = \frac{\lambda}{4} + K\lambda$ avec $K \in \mathbb{N}$ (où K est inconnu, car on n'a pas d'information sur le nombre de fois).

Elomrani

— **Schéma 2** : On approche le récepteur à M_2 (courbes en phase pour la $2^{\text{ème}}$ fois).

$$EM_2 = 2\lambda$$

On a $ER = EM_2 + M_1M_2 \implies \frac{\lambda}{4} + K\lambda = 2\lambda + 1,36$ **(Équation A)**

— **Schéma 3** : On éloigne le récepteur à M_3 (E et R en phase pour la $5^{\text{ème}}$ fois).

$$EM_3 = 5\lambda$$

On a $ER = EM_1 + M_1R \implies 5\lambda = (\frac{\lambda}{4} + K\lambda) + 2,04$ **(Équation B)**

On remplace la valeur de $(\frac{\lambda}{4} + K\lambda)$ de l'équation A dans l'équation B :

$$2\lambda + 1,36 = 5\lambda - 2,04 \implies 3\lambda = 1,36 + 2,04 = 3,40$$

$$\lambda \simeq 1,13 \text{ cm}$$

3-2 Célérité de l'onde V :

$$V = \frac{\lambda}{T} = \frac{1,133 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-5}}$$

$$V \simeq 565 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Elomrani

Partie 2 : Détermination de l'indice de réfraction

1-1 Une radiation monochromatique est une lumière composée d'une seule longueur d'onde λ (monocouleur). Elle ne subit **pas de dispersion** en traversant un prisme.

1-2 D'après l'expression de la diffraction :

$$\frac{\lambda_0}{a} = \frac{L}{2D} \implies \lambda_0 = \frac{a \cdot L}{2D} = \frac{0,100 \cdot 10^{-3} \times 16,0 \cdot 10^{-3}}{2 \times 1,50}$$

$$\lambda_0 \simeq 5,33 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 533 \text{ nm} \quad \text{et} \quad \nu = \frac{c}{\lambda_0} \simeq 5,63 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

2-1 Expression de l'indice n : La lumière se propage dans l'air, rencontre le verre et subit une réfraction (changement de direction). Selon la loi de Descartes : $n_a \sin i_1 = n \sin i_2$. Pour des angles petits : $\sin\theta \simeq \tan\theta \simeq \theta$. Donc $1 \cdot \theta = n \cdot i_2$.

D'après le schéma géométrique : * Sans plexiglas : $\tan\theta = \frac{L}{2D}$ * Avec plexi-

glas : La largeur devient L'. En notant x la distance projetée dans l'air : $\frac{L}{2D} = \frac{x}{D-D'} \implies x = \frac{L(D-D')}{2D}$
Dans le plexiglas :

$$\tan\theta = n \cdot \tan i_2 \implies \left(\frac{L}{2D}\right) = n\left(\frac{\frac{L'}{2} - x}{D'}\right) = n\left(\frac{L' - 2x}{2D'}\right)$$

En remplaçant x par son expression :

$$\frac{L}{2D} = n\left(\frac{L' - 2\frac{L(D-D')}{2D}}{2D'}\right) = n\left(\frac{L'D - L(D-D')}{2D \cdot D'}\right)$$

En simplifiant par $2D$ des deux côtés : $\boxed{n = \frac{L \cdot D'}{L'D - L(D-D')}}$

2-2 Calcul de n :

$$n = \frac{16 \cdot 10^{-3} \times 0,90}{13 \cdot 10^{-3} \times 1,50 - 16 \cdot 10^{-3}(1,50 - 0,90)} = \frac{14,4 \cdot 10^{-3}}{19,5 \cdot 10^{-3} - 9,6 \cdot 10^{-3}}$$

$$\boxed{n \simeq 1,45}$$

Partie 3 : Étude de la réaction de fusion nucléaire

1) Calcul de l'activité a_2 à $t_2 = 12$ ans : Loi de décroissance radioactive : $a_1 = a_0 e^{-\lambda t_1} \implies \frac{a_1}{a_0} = e^{-\lambda t_1}$.

$$\lambda = -\frac{\ln(a_1/a_0)}{t_1} = -\frac{\ln(1,6/2,0)}{4} \implies \lambda = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ ans}^{-1}$$

Pour $t_2 = 12$ ans :

$$a_2 = a_0 e^{-\lambda t_2} = 2,00 \times e^{-5,6 \cdot 10^{-2} \times 12} = 2 \times e^{-0,672} = 1,02 \text{ MBq}$$

$$\boxed{a_2 \simeq 1 \text{ MBq}}$$

2) Signification et Énergie libérée :

- Δm_1 : Défaut de masse des noyaux réactifs (${}_1^2H + {}_1^3H$).
- Δm_2 : Défaut de masse de la réaction de fusion ($\Delta m_2 = -0,0189$ U).
- Δm_3 : Défaut de masse des produits (${}_2^4He + {}_0^1n$).

Elomrani

Énergie libérée par une réaction :

$$E_{lib} = |\Delta m_2| \cdot c^2 = |-0,0189\ \text{U}| \cdot c^2 = 0,0189 \times 931,5\ \text{MeV}$$

$$E_{lib} \simeq 17,6\ \text{MeV}$$

3) Masse minimale m_2 de Tritium : Pour fusionner la totalité, on a besoin du même nombre de noyaux : $N(^2_1H) = N(^3_1H)$.

$$\frac{m(^2_1H) \cdot N_A}{M(^2_1H)} = \frac{m(^3_1H) \cdot N_A}{M(^3_1H)} \Longrightarrow \frac{m_1}{M_1} = \frac{m_2}{M_2}$$

$$m_2 = \frac{m_1 \cdot M_2}{M_1} = \frac{2\ \text{g} \times 3\ \text{g/mol}}{2\ \text{g/mol}} \Longrightarrow m_2 = 3\ \textbf{g}$$

4) Énergie libérée par une masse $m = 1$ kg de mélange : Le mélange contient le même nombre de noyaux $N_1 = N_2 = N$. La masse totale est $m = m_1 + m_2 = N \cdot m(^2_1H) + N \cdot m(^3_1H) = N(m(^2_1H) + m(^3_1H))$.

$$N = \frac{m}{m(^2_1H) + m(^3_1H)} = \frac{1\ \text{kg}}{(2,01355 + 3,0155) \times 1,66 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$N \simeq \frac{1}{5,02905 \times 1,66 \cdot 10^{-27}} \Longrightarrow N \simeq 1,20 \cdot 10^{26}\ \textbf{noyaux (fusions)}$$

Énergie totale libérée :

$$E_{lib(T)} = N \cdot E_{lib} = 1,20 \cdot 10^{26} \times 17,6\ \text{MeV}$$

$$E_{lib(T)} \simeq 2,112 \cdot 10^{27}\ \text{MeV}$$

Elomrani

PHYSIQUE 2

Circuits RC, RL et Récepteur radio (Modulation d'amplitude)

Partie 1 : Circuit RC

1) Expression de la puissance $P(t)$ La puissance consommée par le condensateur est : $P = i(t) \cdot U_C(t)$.

$$P(t) = \left(\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \cdot \left(E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})\right)$$

$$P(t) = \frac{E^2}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \implies P(t) = \frac{E^2}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{E^2}{R}e^{-\frac{2t}{\tau}}$$

2) Dérivée de la puissance $\frac{dP(t)}{dt}$

$$\frac{dP(t)}{dt} = \frac{E^2}{R}\left(-\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}\right) - \frac{E^2}{R}\left(-\frac{2}{\tau}e^{-\frac{2t}{\tau}}\right)$$

$$\frac{dP(t)}{dt} = -\frac{E^2}{R\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{2E^2}{R\tau}e^{-\frac{2t}{\tau}}$$

3) Étude du maximum 3-1 Expression de t_m **:** Si P est maximale, alors sa dérivée s'annule : $\frac{dP}{dt}(t_m) = 0$.

$$-\frac{E^2}{R\tau}e^{-\frac{t_m}{\tau}} + \frac{2E^2}{R\tau}e^{-\frac{2t_m}{\tau}} = 0 \implies \frac{2E^2}{R\tau}e^{-\frac{2t_m}{\tau}} = \frac{E^2}{R\tau}e^{-\frac{t_m}{\tau}}$$

En simplifiant par $\frac{E^2}{R\tau}e^{-\frac{t_m}{\tau}}$:

$$2e^{-\frac{t_m}{\tau}} = 1 \implies e^{\frac{t_m}{\tau}} = 2 \implies \frac{t_m}{\tau} = \ln 2 \implies t_m = \tau \ln 2$$

3-2 Expression de P_m **:** On remplace t_m dans l'expression de $P(t)$:

$$P_m = \frac{E^2}{R}e^{-\frac{\tau \ln 2}{\tau}} - \frac{E^2}{R}e^{-\frac{2\tau \ln 2}{\tau}} = \frac{E^2}{R}e^{-\ln 2} - \frac{E^2}{R}e^{-2\ln 2}$$

Sachant que $e^{-\ln 2} = 2^{-1}$ et $e^{-2\ln 2} = e^{\ln(2^{-2})} = 2^{-2}$:

$$P_m = \frac{E^2}{R}(2)^{-1} - \frac{E^2}{R}(2)^{-2} = \frac{E^2}{2R} - \frac{E^2}{4R}$$

$$P_m = \frac{E^2}{4R}$$

4) Détermination graphique de τ, R **et** C * D'après la courbe : $t_m = 700\text{ ms} = \tau \ln 2 \implies \tau = \frac{t_m}{\ln 2} \approx 10^3$ **ms** $= 1$ **s**. * D'après la courbe : $P_{max} = 0,25\text{ W} = \frac{E^2}{4R} \implies R = \frac{E^2}{4P_{max}}$. Avec $E = 10\text{ V}$: $R = \frac{100}{4\times 0,25} \implies R = 100\,\Omega$. * On sait que $\tau = RC \implies C = \frac{\tau}{R} = \frac{1}{100} \implies C = 10^{-2}$ **F**.

Elomrani

Partie 2 : Circuit RL et RC (Dipôles)

I/ (K) en position (1) 1) La diode est branchée en sens inverse (bloquée) $\Longrightarrow$ elle ne laisse pas passer le courant dans la branche 3.

2) Équation différentielle pour U_{R1} Loi d'additivité des tensions : $U_L + U_{R1} = E \implies (ri + L\frac{di}{dt}) + U_{R1} = E$. On sait que $U_{R1} = R_1 i \implies i = \frac{U_{R1}}{R_1}$.

$$r\left(\frac{U_{R1}}{R_1}\right) + L\frac{d}{dt}\left(\frac{U_{R1}}{R_1}\right) + U_{R1} = E$$

$$\frac{L}{R_1}\frac{dU_{R1}}{dt} + \left(\frac{r}{R_1} + 1\right)U_{R1} = E \implies \frac{L}{R_1}\frac{dU_{R1}}{dt} + \left(\frac{r+R_1}{R_1}\right)U_{R1} = E$$

En multipliant par $\frac{R_1}{L}$:

$$\boxed{\frac{d}{dt}U_{R1} + \left(\frac{R_1+r}{L}\right)U_{R1} = \frac{E\cdot R_1}{L}}$$

3) Détermination des constantes A et B La solution est $U_{R1}(t) = A \cdot B(1 - e^{-\frac{t}{A}}) \implies \frac{dU_{R1}}{dt} = Be^{-\frac{t}{A}}$. On remplace dans l'équation différentielle :

$$\left(Be^{-\frac{t}{A}}\right) + \left(\frac{R_1+r}{L}\right)A\cdot B(1 - e^{-\frac{t}{A}}) = \frac{E\cdot R_1}{L}$$

$$Be^{-\frac{t}{A}}\left(1 - \frac{R_1+r}{L}A\right) + \frac{R_1+r}{L}A\cdot B = \frac{E\cdot R_1}{L}$$

Pour que cela soit vrai à tout instant t :

$$1 - \frac{R_1+r}{L}A = 0 \implies A = \frac{L}{R_1+r} = \tau_1 \quad \text{(Constante de temps)}$$

$$\frac{R_1+r}{L}A\cdot B = \frac{E\cdot R_1}{L} \implies \left(\frac{R_1+r}{L}\right)\left(\frac{L}{R_1+r}\right)B = \frac{E\cdot R_1}{L} \implies B = \frac{E\cdot R_1}{L}$$

L'expression de $U_{R1}(t)$ devient : $U_{R1}(t) = \frac{E\cdot R_1}{R_1+r}(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$.

4) Étude graphique (Figure 2) 4-1 Identification des courbes : On a 3 dipôles dans le circuit : bobine, résistance R_1, générateur. * À $t = 0$, $i = 0$ (la bobine retarde l'établissement du courant), donc $U_{R1}(0) = 0 \implies$ **Courbe (b)** correspond à U_{R1}. * La **Courbe (a)** (U = cte) correspond au **générateur** E.

4-2 Valeurs de E**,** I_{01} **et** r **:** * D'après la courbe (a) : $E = 6$ V. * En régime permanent, $U_{R1(max)} = 5$ V. $I_{max} = I_{01} = \frac{U_{R1(max)}}{R_1} = \frac{5}{50} \implies I_{01} = 0,1$ **A** . * Calcul de r : En régime permanent ($t \to +\infty$), $U_{R1(Rp)} = \frac{E\cdot R_1}{R_1+r}$. $R_1 + r = \frac{E\cdot R_1}{U_{R1(max)}} \implies r = \frac{E\cdot R_1}{U_{R1(max)}} - R_1 = \frac{6\times 50}{5} - 50 = 60 - 50 \implies r = 10\,\Omega$.

4-3 Détermination de τ_1 **et** L **:** À $t = \tau_1$, $U_{R1}(\tau_1) = 5(1 - e^{-1}) = 5 \times 0,63 = 3,15$ V. Par projection sur la courbe (b) : $\tau_1 \approx 8$ **ms** $= 8 \cdot 10^{-3}$ **s** .

$$\tau_1 = \frac{L}{R_1+r} \implies L = \tau_1(R_1+r) = 8\cdot 10^{-3} \times (50+10) \implies L = 0,48\ \mathbf{H}$$

Elomrani

4-4 Démonstration $E \cdot \tau_1 = L \cdot I_{01}$ **:** On a : $\tau_1 = \frac{L}{R_1+r} \implies R_1 + r = \frac{L}{\tau_1}$ (eq a). Et en régime permanent : $I_{01} = \frac{E}{R_1+r} \implies R_1 + r = \frac{E}{I_{01}}$ (eq b). D'après (a) et (b) : $\frac{L}{\tau_1} = \frac{E}{I_{01}} \implies E \cdot \tau_1 = L \cdot I_{01} \implies L = \frac{6\times 8\cdot 10^{-3}}{0{,}1} = 0{,}48$ H.

5) Énergie magnétique à $t = 0{,}25\tau_1$ **:**

$$E_m = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}L\left(\frac{U_{R1}}{R_1}\right)^2 = \frac{L}{2R_1^2}(U_{R1}(t))^2$$

D'après la courbe, à $t = 0{,}25\tau_1 = 2$ ms, on a $U_{R1} \approx 1$ V (selon lecture graphique approchée). $E_m \simeq 2{,}4 \cdot 10^{-5}$ J

II/ Basculement de (K) en position (2) 1) Identification des courbes (C) et (D) : Le basculement provoque une **rupture du courant** dans la bobine (Circuit 3 : RL) et la **charge** du condensateur (Circuit 2 : RC). La bobine assure la continuité du courant : $i(\text{avant}) = i(\text{après rupture})$. Donc pour le circuit (3) à $t = 0$, $i = I_{01} = 0{,}1$ A $= 100$ mA. Ceci correspond à la **Courbe (D)** ($i(0) = 100$ mA). La **Courbe (C)** ($i(0) = 10$ mA) correspond au circuit (2) (Charge RC).

2) Calcul de R_3 **:** D'après la Courbe (D), la tangente à l'origine donne $\tau_3 \approx 5$ ms.

$$\tau_3 = \frac{L}{r + R_1 + R_3} \implies R_3 = \frac{L}{\tau_3} - (R_1+r) = \frac{0{,}48}{0{,}005} - 60 = 96 - 60 \implies R_3 = 36\,\Omega$$

3) Calcul de R_2 **:** D'après la Courbe (C), la tangente donne $\tau_2 \approx 0{,}003$ s.

$$\tau_2 = R_2 C \implies R_2 = \frac{\tau_2}{C} = \frac{0{,}003}{2 \cdot 10^{-6}} \implies R_2 = 1500\,\Omega$$

Elomrani

Partie 3 : Récepteur radio à modulation d'amplitude

I/ Identification des sous-ensembles * **Circuit 1** (δ) : Circuit oscillant d'accord (sélectionne le signal modulé de fréquence f_p). Tension $\rightarrow U_{AM}$. * **Circuit 2** (β) : Amplificateur du signal modulé. L'amplification augmente l'amplitude U_{max} sans changer la fréquence. Tension $\rightarrow U_{BM}$. * **Circuit 3** (α) : Démodulateur (récupère le signal modulant). Tension $\rightarrow U_{DM}$. * **Circuit 4** (γ) : Amplificateur du signal modulant. Tension $\rightarrow U_{XM}$.

II/ Gamme d'ondes (Calcul de la plage de C_v**)** On a $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_v}} \implies f^2 =$

$\frac{1}{4\pi^2 LC_v}$. La plage de fréquences est : $150\text{ kHz} \leq f \leq 280\text{ kHz}$.

$$(150\cdot 10^3)^2 \leq f^2 \leq (280\cdot 10^3)^2 \implies 22,5\cdot 10^9 \leq \frac{1}{4\pi^2 LC_v} \leq 78,4\cdot 10^9$$

En inversant :

$$\frac{1}{78,4\cdot 10^9\cdot 4\pi^2 L} \leq C_v \leq \frac{1}{22,5\cdot 10^9\cdot 4\pi^2 L}$$

Avec $L = 10^{-3}$ H et $\pi^2 \approx 10$:

$$3,18\cdot 10^{-10}\text{ F} \leq C_v \leq 1,1\cdot 10^{-9}\text{ F}$$

III/ Étude des tensions (Oscillogrammes) 1) Tension U_{AM} et Taux de modulation m : U_{AM} est le signal modulé **non amplifié**, ce qui correspond à l'oscillogramme avec la plus petite amplitude $\implies$ **Courbe (e)**. Amplitude $U_{max(e)} = 3\text{ div}\times 5\text{ mV/div} = 15\text{ mV} = 0,015\text{ V}$. $U_{min(e)} = 1\text{ div}\times 5\text{ mV/div} = 5\text{ mV}$.

$$m = \frac{U_{max}-U_{min}}{U_{max}+U_{min}} = \frac{15-5}{15+5} = \frac{10}{20} \implies m = 0,5$$

2) a- U_{BM} **:** Signal modulé amplifié $\implies$ **Courbe (a) b- Coefficient d'amplification** G **:**

$$G = \frac{U_{BM(max)}}{U_{AM(max)}} = \frac{1,5\text{ V}}{0,015\text{ V}} \implies G = 100$$

3) a- U_{CM} **(K ouvert) :** C'est le signal à la sortie de la diode (signal modulé redressé, absence d'alternances négatives) $\implies$ **Courbe (c). b- Rôle de la diode :** Elle élimine les parties négatives du signal.

4) a- U_{CM} **(K fermé) :** Élimination de la porteuse (détection d'enveloppe), on obtient le signal modulant avec sa composante continue $\implies$ **Courbe (d). b- Tension de décalage** U_0 **:** D'après la courbe, le décalage vertical est de $U_0 = 1$ **V**. **c- Surmodulation évitée :** Car $U_0 = 1\text{ V} > U_m = 0,5\text{ V}$ (l'amplitude du signal modulant), donc $m = 0,5 < 1$, ce qui garantit une bonne modulation.

5) a- U_{DM} **:** Signal modulant sans composante continue (après le condensateur de liaison C_2) $\implies$ **Courbe (b). b- Rôle de** C_2 **:** Il élimine la composante continue U_0.

6) a- Période et fréquence du signal modulant (T_s, f_s) **:** D'après la courbe (b) : $T_s = 10\text{ div}\times 0,2\text{ ms/div} = 2\text{ ms} = 2\cdot 10^{-3}$ s. $f_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{2\cdot 10^{-3}} \implies f_s = 500$ **Hz**.

b- Période et fréquence de la porteuse (T_p, f_p) **:** Sur une période T_s, on compte environ 100 périodes T_p (d'après l'enveloppe) $\implies T_s = 100T_p$. $T_p = \frac{T_s}{100} = \frac{2\cdot 10^{-3}}{100} = 2\cdot 10^{-5}$ s. $f_p = \frac{1}{T_p} \implies f_p = 5\cdot 10^4$ **Hz** $= 50$ **kHz**.

c- Qualité du circuit de démodulation : On a $\tau = R\cdot C_1$. La condition de bonne démodulation est vérifiée si $T_p \ll \tau < T_s$.

Elomrani

PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Mouvement d'une luge, Oscillateur élastique vertical et Chute dans un fluide

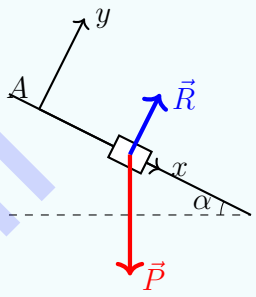
Partie 1 : Mouvement d'une luge

1) Mouvement sur le plan incliné

1-1 Étude théorique de l'accélération a_{th} :
Deuxième loi de Newton : $\vec{P}+\vec{R}=m\vec{a}_G$ Projection sur l'axe Ox :

$$P_x + R_x = ma_x \implies mg\sin\alpha + 0 = ma$$

$$a_{th} = g\sin\alpha = 2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$



1-2 Distance parcourue d_1 lorsque $V_1 = 25$ m/s :
Équation de la vitesse : $\frac{dV}{dt} = a = 2 \implies V(t) = 2t + V_A$ Avec $V_A = 5$ m/s : $V(t) = 2t + 5$. Équation horaire : $\frac{dx}{dt} = 2t + 5 \implies x(t) = t^2 + 5t$ (avec $x_0 = 0$). Lorsque $V_1 = 25$ m/s :

$$2t_1 + 5 = 25 \implies 2t_1 = 20 \implies t_1 = 10\,\text{s}$$

$$d_1 = x(t_1) = 10^2+5(10) = 100+50 \implies d_1 = 150\,\textbf{m}$$

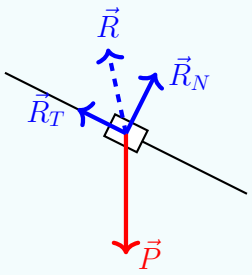
Elomrani

1-3 Étude expérimentale (Frottements)

1-3-1 Valeur de a_{exp} :

$$a_{exp} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10-5}{5-0} \implies a_{exp} = 1\,\mathbf{m\cdot s^{-2}}$$

1-3-2 Coefficient de frottement μ : $\vec{R}+\vec{P} = m\vec{a}_{exp} \implies \vec{R}_N + \vec{R}_T + \vec{P} = m\vec{a}_{exp}$. * Projection sur Ox : $-R_T + mg\sin\alpha = ma_{exp}$ (1) * Projection sur Oy : $R_N - mg\cos\alpha = 0$ (2) D'après (1) : $R_T = m(g\sin\alpha - a_{exp}) = m(a_{th} - a_{exp})$. D'après (2) : $R_N = mg\cos\alpha$. On sait que $\mu = \frac{R_T}{R_N}$:



$$\mu = \frac{m(a_{th}-a_{exp})}{mg\cos\alpha} = \frac{a_{th}-a_{exp}}{g\cos\alpha}$$

Avec $\sin\alpha = 0,20 \implies \alpha = 11,54°$.

$$\mu = \frac{2-1}{10\cdot\cos(11,54°)} \implies \mu \simeq 0,1$$

---

2) Chute verticale dans l'eau

2-1 Équation différentielle : Bilan des forces : $\vec{P}+\vec{f} = m\vec{a}_G$. Projection sur Oz (vers le bas) : $mg - kV_z = m\frac{dV_z}{dt}$. En divisant par m :

$$\frac{dV_z}{dt} + \frac{k}{m}V_z = g$$

Par analogie avec $\frac{dV_z}{dt} + \frac{1}{\tau}V_z = \frac{V_L}{\tau}$, on identifie :

$$\tau = \frac{m}{k} \quad \text{et} \quad V_L = \tau\cdot g = \frac{mg}{k}$$

2-2 Profondeur atteinte à $t = 4\,\mathbf{s}$: On a $V_z(t) = V_L(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$. Or $V_z = \frac{dz}{dt}$, d'où en intégrant :

$$z(t) = V_L\left(t + \tau e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + C$$

À $t=0$, la luge est en C ($z_0=0$) : $0 = V_L(0+\tau)+C \implies C = -V_L\tau$. L'équation horaire devient : $z(t) = V_L\left(t - \tau(1-e^{-\frac{t}{\tau}})\right)$. Calcul des paramètres : $\tau = \frac{m}{k} = \frac{20}{200} = 0,1\,\text{s}$ et $V_L = \tau\cdot g = 0,1\times 10 = 1\,\text{m/s}$. À $t = 4\,\text{s}$:

$$z(4) = 1\left(4 - 0,1(1-e^{-\frac{4}{0,1}})\right) = 4 - 0,1(1-e^{-40})$$

Elomrani

Puisque $e^{-40} \approx 0$, on obtient $z(4) = 4 - 0,1 = 3,9\,\text{m}$. $\boxed{z \simeq 4\,\text{m}}$

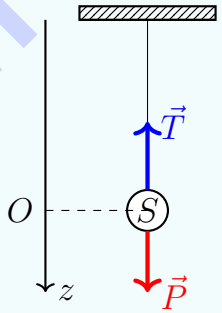
Partie 2 : Oscillateur Mécanique (Pendule élastique vertical)

1) À l'équilibre de (S) :

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{0} \implies \vec{P} + \vec{T}_0 + \vec{f} = \vec{0}$$

(Attention : force de frottement fluide $\vec{f} = -6\pi\eta r\vec{v} = \vec{0}$ car la vitesse $v = 0$ à l'équilibre).
Projection sur l'axe Oz :

$$mg - T_0 = 0 \implies mg = K\Delta l_0 \implies \Delta l_0 = \frac{mg}{K}$$



2) Équation différentielle du mouvement :

Deuxième loi de Newton : $\Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P}+\vec{T}+\vec{f} = m\vec{a}_G$. Projection sur Oz : $P_z+T_z+f_z = ma_z$

$$mg - K(z + \Delta l_0) - 6\pi\eta r\dot{z} = m\ddot{z}$$

$$\underbrace{mg - K\Delta l_0}_{=0} - Kz - 6\pi\eta r\dot{z} = m\ddot{z}$$

$$m\ddot{z}+6\pi\eta r\dot{z}+Kz = 0 \implies \frac{d^2z}{dt^2}+\frac{6\pi\eta r}{m}\frac{dz}{dt}+\frac{K}{m}z = 0$$

Par analogie avec l'équation différentielle classique : $\frac{d^2z}{dt^2} + 2\lambda\frac{dz}{dt} + \frac{4\pi^2}{T_0^2}z = 0$, on identifie :

$$\boxed{\lambda = \frac{3\pi\eta r}{m} \quad \text{et} \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}}$$

---

3) Exploitation de la pseudo-période T

3-1 Expression de la viscosité η : On a $T = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2}}} \implies T^2 = \frac{1}{\frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2}}$. En inversant :

$$\frac{1}{T^2} = \frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2} \implies \frac{\lambda^2}{4\pi^2} = \frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T^2}$$

Elomrani

On remplace λ par son expression ($\lambda = \frac{3\pi\eta r}{m}$) :

$$\frac{1}{4\pi^2}\left(\frac{3\pi\eta r}{m}\right)^2 = \frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T^2} \implies \frac{9\pi^2\eta^2 r^2}{4\pi^2 m^2} = \frac{9\eta^2 r^2}{4m^2} = \frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T^2}$$

$$\eta^2 = \frac{4m^2}{9r^2}\left(\frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T^2}\right) \implies \eta = \frac{2m}{3r}\sqrt{\frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T^2}}$$

3-2 Valeur maximale approximative de η pour avoir $T \simeq T_0$: Pour que $T \simeq T_0$, il faut que le terme de frottement soit négligeable : $\frac{\lambda^2}{4\pi^2} \ll \frac{1}{T_0^2}$. Mathématiquement, on traduit "$\ll$" par une inégalité stricte (ex : facteur 100).

$$\frac{\lambda^2}{4\pi^2} < \frac{1}{100}\frac{1}{T_0^2} \implies \frac{9\eta^2 r^2}{4m^2} < \frac{1}{100}\frac{K}{4\pi^2 m}$$

La note indique la condition calculée :

$$\eta^2 < \frac{K \cdot m}{9\pi^2 r^2 \cdot 100} \ldots \text{qui donne } \eta^2 < \frac{100 \times 0,1 \times 10^{-4}}{\ldots} = 1111,11 \cdot 10^{-3}$$

$$\implies \eta^2 < 1111,11 \implies \eta < 33,33$$

$\eta_{max} \simeq 33,33\,\text{Pa}\cdot\text{s}$ (ou $\text{V}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$)

Elomrani

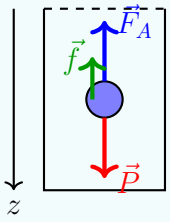
Partie 2 (Suite) : Chute verticale d'une bille dans un fluide (Archimède)

1) Équation différentielle de la vitesse : Deuxième loi de Newton : $\vec{P}+\vec{f}+\vec{F}_A = m\vec{a}_G$. Projection sur Oz (orienté vers le bas) : $mg - f - F_A = m\frac{dv}{dt}$.

$$mg - 6\pi\eta r v - \rho_L V_S g = m\frac{dv}{dt}$$

En divisant par la masse $m = \rho_S V_S$:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{6\pi\eta r}{\rho_S V_S} v = g - \frac{\rho_L V_S g}{\rho_S V_S} = g\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_S}\right)$$



Sachant que le volume de la sphère est $V_S = \frac{4}{3}\pi r^3$:

$$\frac{6\pi\eta r}{\rho_S(\frac{4}{3}\pi r^3)} = \frac{18\pi\eta r}{4\pi\rho_S r^3} = \frac{9\eta}{2\rho_S r^2}$$

L'équation s'écrit donc : $\frac{dv}{dt} + \frac{9\eta}{2\rho_S r^2} v = g\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_S}\right)$.

On pose $\frac{1}{\tau} = \frac{9\eta}{2\rho_S r^2} \implies \tau = \frac{2\rho_S r^2}{9\eta}$.

2) Calcul de la viscosité η : En régime permanent, $v = V_L = \text{cte} \implies \frac{dv}{dt} = 0$. L'équation différentielle devient : $0 + \frac{V_L}{\tau} = g\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_S}\right) \implies V_L = \tau g\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_S}\right)$. En remplaçant τ :

$$V_L = \frac{2\rho_S r^2 g}{9\eta}\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_S}\right) \implies \eta = \frac{2\rho_S r^2 g}{9V_L}\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_S}\right)$$

Application numérique d'après les notes : $\eta \simeq 0,314\,\text{Pa}\cdot\text{s}$

3) Le tube est-il convenable ? L'équation horaire est $z(t) = V_L\left(t + \tau(e^{-\frac{t}{\tau}} - 1)\right)$. Le régime permanent est atteint pratiquement à $t = 7\tau > 5\tau$. On calcule la distance parcourue à $t = 7\tau$:

$$z(7\tau) = V_L\left(7\tau + \tau(e^{-7} - 1)\right) = \tau V_L(7 + e^{-7} - 1) \simeq 6\tau V_L$$

Le calcul numérique donne : $z = 80,3\,\textbf{cm}$. La hauteur totale du tube est $h = 90\,\text{cm}$. Puisque $z(t = 7\tau) = 80,3\,\text{cm} < 90\,\text{cm}$, la bille **atteint sa vitesse limite avant d'arriver au fond** du tube. $\implies$ **Le tube est convenable** pour mesurer la vitesse limite V_{lim}.

Elomrani

Chimie

Partie 1 : Dosage des bases

Données

- le produit ionique de l'eau $\mathbf{Ke = 10^{-14}}$
- Intervalles de virages de quelques indicateurs colorés

Indicateur	Hélianthine	Rouge de Méthyl	Bleu de Bromothymol
Zone de virage	3,1 – 4,4	4,2 – 6,2	6,1 – 7,6

Au laboratoire un technicien prépare deux solutions aqueuses basiques, l'une $(\mathbf{S_1})$ d'une amine $\mathbf{RNH_2}$ et l'autre $(\mathbf{S_2})$ d'éthanoate de sodium $(\mathbf{C_2H_5O^- + Na^+})$.
la réaction de $\mathbf{C_2H_5ONa}$ avec l'eau est Totale.
On réalise le dosage de même volume $\mathbf{V = 10mL}$ de chaque solution par une solution $(\mathbf{Sa})$ d'acide chlorhydrique $(\mathbf{H_3O^+ + Cl^-})$, de concentration $\mathbf{Ca = 0,1 mol.L^{-1}}$. Le suivi de variations de pH en fonction de volume versé $\mathbf{Va}$ d'acide chlorhydrique au cours du dosage nous permet d'obtenue les deux courbes (A) et (B) représentées ci-contre.

1) Ecrire l'équation de réaction du dosage pour chaque base

2) Déterminer le **pH** à l'équivalence pour chaque courbe et déterminer en justifiant votre réponse la courbe correspondante à la solution $(\mathbf{S_1})$

3) Déterminer la concentration $\mathbf{C_b}$ de la solution $(\mathbf{S_1})$

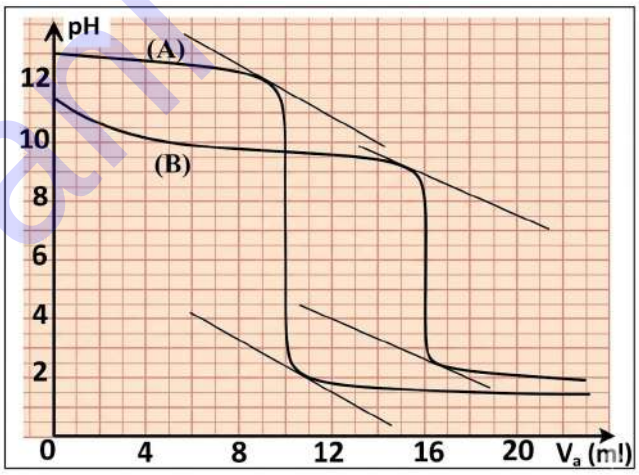
4) Déterminer pour chaque base l'indicateur coloré approprié pour le dosage ;

Dans la suite de cette partie on étudie la solution $(\mathbf{S_1})$

et on pose $\mathbf{x = \dfrac{V_a}{V_{ae}}}$

avec $\mathbf{V_{ae}}$ le volume versé à l'équivalence

on désigne par $\boldsymbol{x}$ l'avancement de la réaction



5) pour $0 < x < 1$

5-1 A l'aide de tableau d'avancement de la réaction du dosage pour la solution $(\mathbf{S_1})$. lorsque on ajoute le volume **Va** , montrer que le taux d'avancement de la réaction s'écrit sous la forme $\tau = \mathbf{1 - 10^{-pH}} \cdot \left(\dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{C_a}} + \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{x.C_b}}\right)$; calculer la valeur de $\boldsymbol{\tau}$ pour $\mathbf{x = 0,25}$ et conclue

5-2 Montrer que $\mathbf{pH = pK_A + Log\left(\dfrac{1-x}{x}\right)}$ et déduire graphiquement la valeur de $\mathbf{pK_A}$ du couple $\mathbf{RNH_3^+/RNH_2}$

6) Pour $x > 1$, montrer que $\mathbf{pH = -Log\left(C_a \cdot C_b \cdot \dfrac{x-1}{xC_b + C_a}\right)}$

et déduire le volume **Va** versé lorsque $\mathbf{pH = 1,6}$

Elomrani

Partie 2 Hydrolyse basique d'un ester

Taraiter chez soi

L'éthanoate de propyle est un ester, que l'on note **E**, caractérisé par son odeur de poire. Il est utilisé dans l'industrie de la parfumerie , des arômes, des peintures, des lubrifiants ..

1- Ecrire la formule semi développée de l'ester **E**.

2- On réalise, à l'instant de date t=0, deux mélanges équimolaires de l'ester **E** et d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium . Chaque mélange est constitué d'un volume $\mathbf{V_E}$ d'une solution de l'ester **E** de concentration molaire $\mathbf{C_1 = 10^{-2}}$ mol.L^{-1} et d'un volume $\mathbf{V_B = V_E}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de même concentration. Dans des conditions expérimentales déterminées chaque mélange réactionnel est le siège d'une réaction modélisée par l'équation :

$$\mathbf{E_{(L)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + A_{(L)}}$$

Pour l'un des mélanges l'expérience est réalisée à la température $\boldsymbol{\theta_1}$, pour l'autre, elle est réalisée à la température $\boldsymbol{\theta_2}$ avec $\boldsymbol{\theta_2 > \theta_1}$

Les courbes **E** et **E'** de la figure 2 représentent l'évolution de la concentration $[\mathbf{CH_3COO^-_{(aq)}}]$ au cours du temps à la température $\boldsymbol{\theta_1}$ et à la température $\boldsymbol{\theta_2}$.

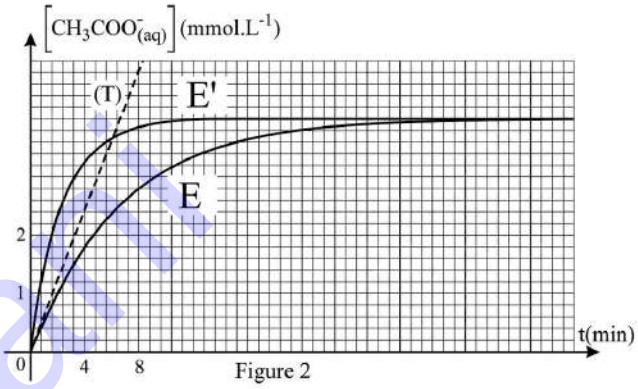


Figure 2

2-1- Déterminer $\mathbf{t_{1/2}}$ le temps de demi réaction de l'hydrolyse basique de l'ester **E** correspondant à la courbe **E**.

2-2- Déduire, en comparant les temps de demi réaction, la courbe correspondant à la température $\boldsymbol{\theta_2}$.

2-3- Déterminer en unité $\mathbf{mmol.L^{-1}.min^{-1}}$ la vitesse volumique de réaction à l'instant t=0 correspondant à la courbe **E**.

(T) étant la tangente à la courbe au point d'abscisse t=0

Physique 1

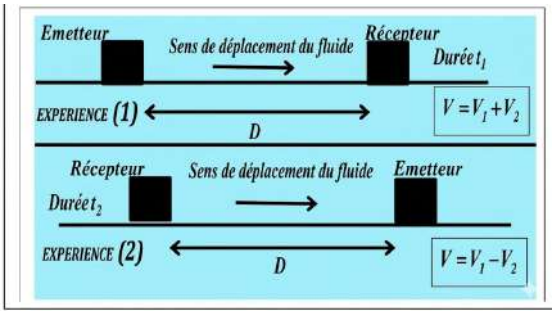
Partie 1 ondes mécanique

Taraiter chez soi

On admet que la vitesse de propagation $\vec{\mathbf{V}}$ d'une onde ultrasonore dans un fluide , lui-même en mouvement à la vitesse $\vec{\mathbf{V}}_2$, est donnée par la relation $\vec{\mathbf{V}} = \vec{\mathbf{V}}_1 + \vec{\mathbf{V}}_2$ où $\vec{\mathbf{V}}_1$ est la celerité d'une onde ultrasonore dans le fluide au repos .

Un émetteur et un récepteur sont introduits , en deux points de l'axe d'une canalisation d'eau , et séparés par une distance **D** (voir schéma) .

on mesure la durée $\mathbf{t_1}$ de propagation d'un train d'onde entre l'émetteur et le récepteur .



Quand on permute les positions de récepteur et de l'émetteur , la durée de propagation est $\mathbf{t_2}$

1- déterminer L'expression de $\mathbf{t_1}$ et $\mathbf{t_2}$ en fonction de $\mathbf{V_1}$ et $\mathbf{V_2}$ et **D**

2- Etablir la relation entre $\mathbf{V_1}$, $\mathbf{V_2}$, **D** et $\boldsymbol{\Delta t}\mathbf{= t_2 - t_1}$

3- calculer La valeur de la vitesse $\mathbf{V_2}$

On donne $\boldsymbol{\Delta t}\mathbf{= 2\mu s}$; $\mathbf{D = 2m}$; $\mathbf{V_1 = 1500}$ m.s^{-1} ; $\mathbf{V_2 \ll V_1}$

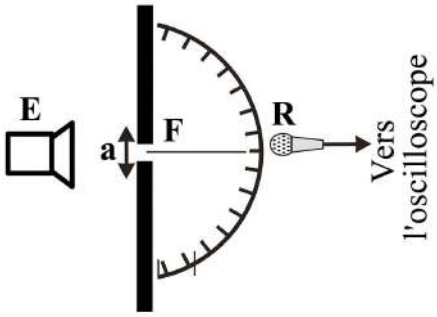
Elomrani

Partie 2 Diffraction de l'onde ultrasonore dans l'air

Taraiter chez soi

Le schéma expérimental représenté sur la figure a coté comporte :
- l'émetteur **E** émettant l'onde ultrasonore de fréquence $\mathbf{N = 40\ kHz}$,
- le récepteur **R** lié à un oscilloscope.
- une plaque métallique **(P)** percée d'une fente rectangulaire de largeur **a** très petite devant sa longueur,
- une feuille graduée permettant de mesurer les angles en degrés.

On déplace le récepteur **R** dans le plan horizontal d'un angle $\boldsymbol{\theta}$ sur l'arc de cercle de centre **F** et de rayon $\mathbf{r = 40cm}$ et on note pour chaque amplitude $\mathbf{U_m}$ de l'onde reçue par **R**, l'angle $\boldsymbol{\theta}$ correspondant.



1- Comparer la longueur d'onde de l'onde incidente avec celle de l'onde diffractée.

2- Trouver la distance du déplacement du récepteur pour observer le premier minimum d'amplitude $\mathbf{U_m}$ de la tension du récepteur. On donne $\mathbf{a = 2,6cm}$.

On donne la célérité des ondes ultrasonore dans l'air selon les conditions de l'expérience $\mathbf{V = 340}$ m.s^{-1}

Partie 3

I)

Les réactions de fusion et de fission sont considérées parmi les réactions qui produisent une grande énergie qu'on peut exploiter dans divers domaines.

1) On donne dans le tableau ci-dessous les équations de quelques réactions nucléaires :

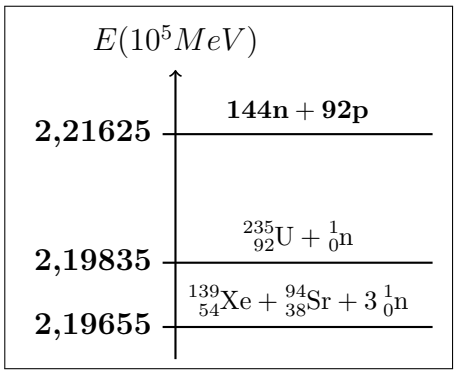
1.1- Identifier, parmi ces équations, celle correspondant à la réaction de fusion.

1.2- En utilisant le diagramme d'énergie ci-contre, calculer :

1.2.1- L'énergie de liaison par nucléon du noyau $^{235}_{92}U$

1.2.2- L'énergie $|\mathbf{\Delta E_0}|$ produite par la réaction **D**.

A	$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$
B	$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e$
C	$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{90}Th$
D	$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{139}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 3\,{}^{1}_{0}n$



2) CONSIDÉRATIONS ÉNERGÉTIQUES. LE SOLEIL "MAIGRIT-IL" ?

On considère désormais la réaction suivante : $\mathbf{4\,{}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{1}e + 2\gamma}$

On donne les masses des noyaux, en unité de masse atomique : $^{1}_{1}H$: $\mathbf{1,0073}$ u ; $^{4}_{2}He$: $\mathbf{4,0026}$ u ; $^{0}_{1}e$: $\mathbf{0,0}$

$\mathbf{1U}$ correspond à une énergie de $\mathbf{935}$ MeV ($\approx \mathbf{1000}$ MeV) $\mathbf{1U = 1,66.10^{-27}}$ Kg

2-1 Calculer la perte de masse correspondant à cette fusion.

2-2 En déduire une estimation, en **MeV**, de la valeur de l'énergie libérée par nucléon lors de cette fusion.

2-3 Le soleil transforme, chaque seconde, 720 millions de tonnes d'hydrogène en hélium 4. Estimer la perte de masse subie, chaque seconde, par le soleil

Elomrani

II) étude du perce maker

Données

$\mathbf{M(Pu) = 239}$ g.mol^{-1} , $\mathbf{1U = 931,5}$ Mev.C^{-2} ,
$\mathbf{N_A = 6,02.10^{23}}$ mol^{-1}
$\mathbf{1Mev = 1,6.10^{-13}}$ J

$\mathbf{m}(\alpha)$	$\mathbf{m}(^{239}_{94}\text{Pu})$	$\mathbf{m}(^{235}_{92}\text{U})$
$4,0028U$	$239,8568U$	$235,0439U$

Le perce maker est appareil implanté dans le cœur d'un patient qui permet de réguler les poules de cœur et activer les muscles lies au cœur.
On alimente l'appareil par une batterie contenant une matière radioactif du plutonium ^{239}Pu émetteur des particules $\boldsymbol{\alpha}$.
la batterie est de forme cylindrique fermé contient un échantillon radioactive de plutonium de masse $\mathbf{m_0}$ de plutonium ^{239}Pu a t=0s.

1) Écrire l 'équation de la désintégration du noyau de plutonium ^{239}Pu sachant que le noyau fils obtenu est $^{A}_{Z}$Y , déterminer les valeurs de **A** et de **Z** et le symbole du noyau fils.

2) la courbe ci-contre donne les variations de l'énergie totale libéré en fonction du temps.

2-1 calculer l'énergie $\mathbf{E_{lib}}$ libéré par la désintégration d'un seul noyau de plutonium.

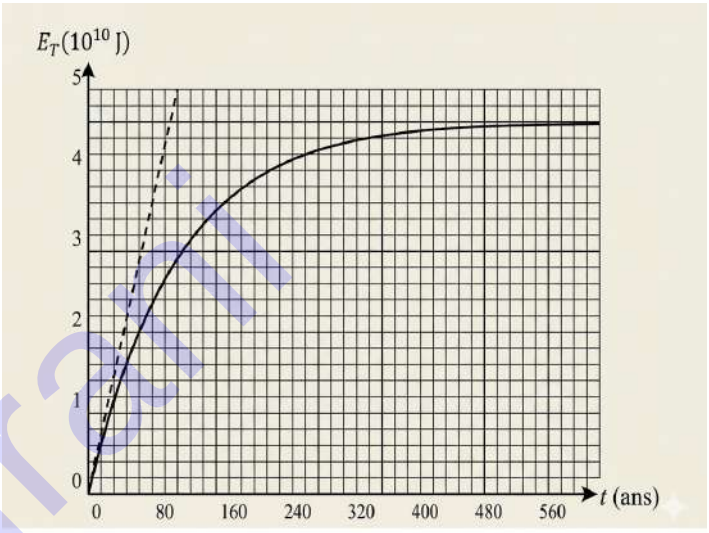
2-2 Déterminer graphiquement le temps de demi-vie $\mathbf{t_{1/2}}$ De plutonium et déduire la constante radioactive $\boldsymbol{\lambda}$ et calculer la méthode de $\mathbf{m_0}$

2-3 on donne $\mathbf{r = \dfrac{N(^{235}_{92}U)}{N(^{239}_{94}Pu)} = 7,98}$ a l'instantant $\mathbf{t_1}$

a- montrer que l'énergie libéré par l'échantillon entre t=0s et $\mathbf{t = t_1}$ s'écrit sous la forme $\mathbf{E' = E_{lib} \cdot N_0 \cdot \dfrac{r}{1+r}}$

b- calculer $\mathbf{t_1}$

3) l 'appareil fonctionne correctement si l'énergie libéré de l'échantillon se diminue de **30%** .
l'appareil est implanté au patient a l'âge de **50ans**.
quelle sera l'âge du patient pour changer l'appareil ?



Elomraoui

Physique 2 Electricité

Partie 1

Les bobines sont des dipôles électriques qui se caractérisent par leur inductance qui rend leur comportement dans les circuits électriques différent de celui des conducteurs ohmiques.
Le but de cet exercice est d'étudier la réponse d'une bobine dans un circuit électrique libre puis forcé.
On réalise le montage électrique représenté dans la figure 1 qui est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice $\mathbf{E = 12V}$, d'un condensateur de capacité **C** non chargé, d'une bobine d'inductance **L** et de résistance négligeable, de deux conducteurs ohmiques $(\mathbf{D_1})$ et $(\mathbf{D_2})$ de résistance respective $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2 = 30\Omega}$ et d'un interrupteur **K**.

1- Réponse du dipôle RC à un échelon de tension ascendant
A la date $\mathbf{t = 0}$, on met l'interrupteur à la position **1**, un courant électrique passe alors dans le circuit, son intensité **i** varie au cours du temps comme le montre la figure 2.

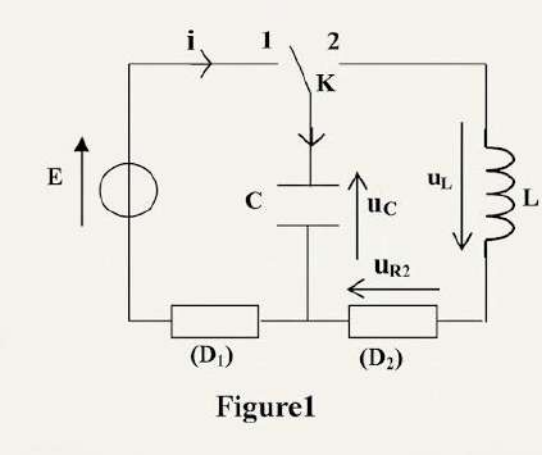


Figure1

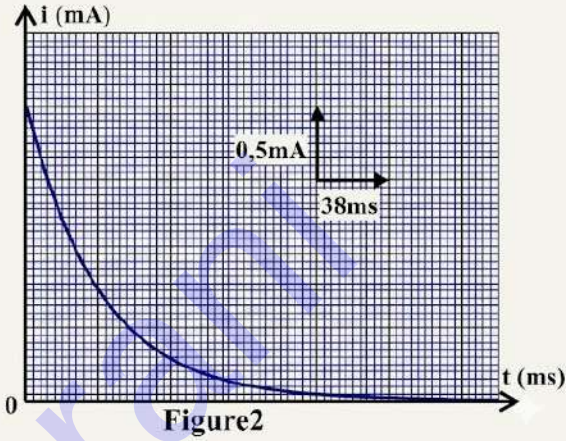


Figure2

1.1- Montrer que l'équation différentielle que vérifie l'intensité du courant i s'écrit sous la forme : $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{i} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{R_1 C}}\mathbf{i} = \mathbf{0}$
1.2- la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme $\mathbf{i(t)} = \mathbf{A}.\mathbf{e}^{-\lambda.\mathbf{t}}$.
Déterminer l'expression de chacune des deux constantes **A** et λ en fonction des paramètres du circuit.
1.3- Déterminer la valeur de la résistance $\mathbf{R_1}$. Vérifier que $\mathbf{C = 6,3\mu F}$.

2- Etude des oscillations électriques libres amorties
Après avoir chargé complètement le condensateur, on bascule l'interrupteur K à l'instant t=0 à la position 2.(figure 1).
On visualise sur l'écran d'un oscilloscope à mémoire la variation de la tension $\mathbf{U_{R2}}$ entre les bornes du conducteur ohmique $(\mathbf{D_2})$ en fonction du temps,
on obtient alors la courbe représentée sur la figure 3.
La droite T représentée sur le graphe est la tangente à la courbe $\mathbf{U_{R2}(t)}$ à la date t=0.
2.1- Trouver l'équation différentielle que vérifie la tension $\mathbf{U_{R2}}$.
2.2- Quelle est à t = 0 la valeur de la tension $\mathbf{U_L}$ entre les bornes de la bobine ?
2.3- Déterminer graphiquement la valeur de $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{i(t)}$ a la date t=0.
Déduire la valeur de l'inductance **L**.

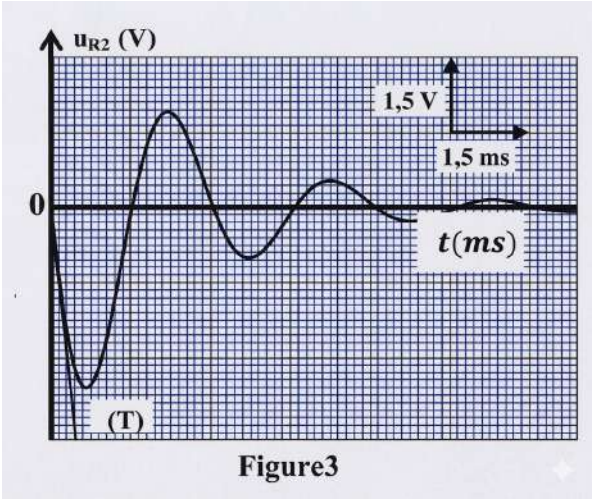


Figure3

Partie 2

Elomraoui

le circuit a coté, comporte :

- une bobine (b) d'inductance $\mathbf{L = 160}$ mH de resistance $\mathbf{r}$,
- un conducteur ohmique de résistance réglable $\mathbf{R}$,
- un condensateur de capacité $\mathbf{C = 2\mu F}$: et un Ampèremètre.

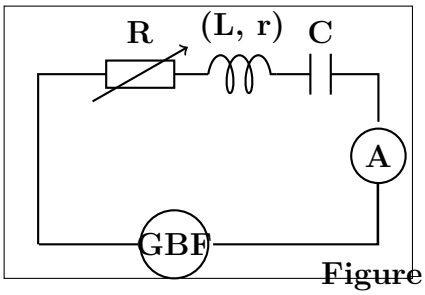


Figure 1

on alimente le circuit par un générateur GBF délivrant une tension alternative sinusoïdale $\mathbf{U(t) = U_m \cos\left(2\pi N.t - \frac{\pi}{6}\right)}$ de fréquence $\mathbf{N}$ variable (figure 1).
L'intensité du courant passant dans le circuit s'écrit : $\mathbf{i(t) = I_m \cos(2\pi N.t + \varphi)}$

On ajuste la résistance $\mathbf{R}$ sur la valeur $\mathbf{R_1}$.
On fixe la fréquence de GBF sur une valeur $\mathbf{N_1}$. On visualise, à l'aide d'un système d'acquisition informatique adéquat, la tension $\mathbf{U_R(t)}$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie $\mathbf{Y_A}$ et la tension $\mathbf{U(t)}$ aux bornes du générateur sur la voie $\mathbf{Y_B}$.
On obtient l'oscillogramme représenté sur la figure 2.

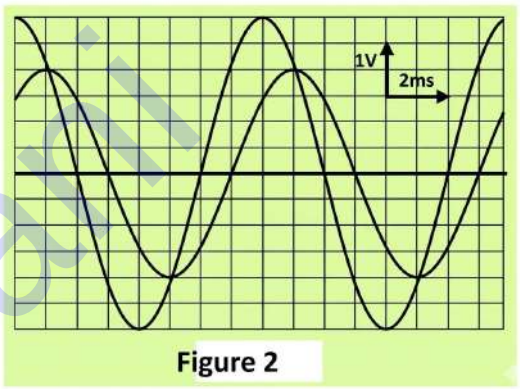


Figure 2

1- le circuit RLC est il en état de résonnance ? justifier vote reponse
2- Déterminer graphiquement les valeurs de : $\mathbf{U_m}$, $\mathbf{U_{Rmax}}$, $\mathbf{N_1}$ et φ
3- Déterminer l'intensité indiquée par l'ampèremètre sachant que l'impédance du circuit mesurée est $\mathbf{Z \approx 390,4\Omega}$
4- Calculer la valeur de $\mathbf{R_1}$
5- Ecrire l'expression numérique de la tension $\mathbf{U(t)}$ et du courant $\mathbf{i(t)}$

6- on fait varier la fréquence de GBF à partir de $\mathbf{N_1}$, faut il augmenter ou diminuer $\mathbf{N}$ pour atteindre la résonance ? Calculer la variation de fréquence correspondance.

Elomrani

Physique 3 mécanique

Partie 1

on néglige tout les frottements

On considère un corps solide $(\mathbf{S_1})$ de masse $\mathbf{m_1 = 1kg}$ capable de glisser sur une piste horizontale, $(\mathbf{S_1})$ est lié à un corps $(\mathbf{S_2})$ de masse $\mathbf{m_2}$ au moyen d'un fil inextensible de masse négligeable passant par la gorge d'une poulie **(B)** homogène rayon $\mathbf{r = 4cm}$ capable de tourner autour d'un axe (Δ) passe son centre, au cours du mouvement le fil ne glisse pas sur la poulie **(B)**.
(Figure 1)

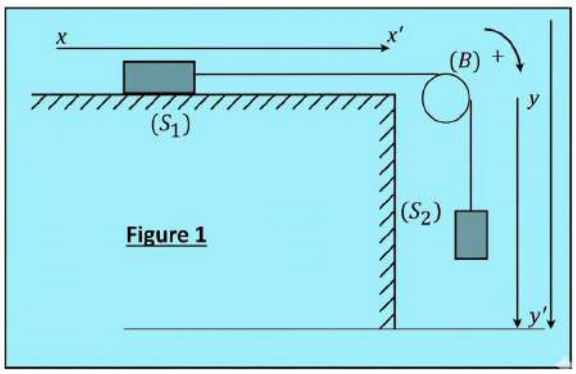


Figure 1

$\mathbf{J_\Delta}$ représente le moment d'inertie de la poulie par rapport à (Δ).
On libère le système formé par $(\mathbf{S_1})$ et $(\mathbf{S_2})$ et **(B)** sans vitesse initiale à l'instant t=0.
La figure 2 représente la variation de la vitesse angulaire $\dot{\boldsymbol{\theta}}$ de la poulie en fonction du temps.

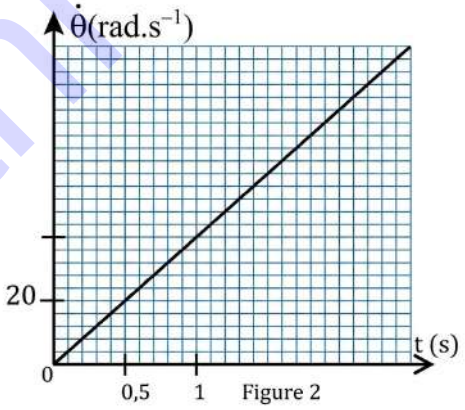


Figure 2

1- Trouver graphiquement l'équation de la vitesse angulaire.
Quelle est la nature du mouvement de la poulie.

2- Déterminer l'expression du nombre de tours **n** effectuée par **(B)** à l'instant **t** en fonction de **t** et $\ddot{\boldsymbol{\theta}}$ l'accélération angulaire de **(B)** , calculer **n** à l'instant $\mathbf{t = 1,25s}$.

3- Calculer la valeur de l'accélération **a** de $(\mathbf{S_1})$ et $(\mathbf{S_2})$.

4- Le contact entre $(\mathbf{S_1})$ et la piste se fait avec frottement ;
Montrer que l'expression de l'accélération **a** s'écrit sous la forme

$$\mathbf{a} = \frac{(\mathbf{m_2} - \mathbf{m_1 K})\mathbf{g}}{\mathbf{m_2} + \mathbf{m_1} + \frac{\mathbf{J_\Delta}}{\mathbf{r^2}}}$$

g l'intensité de la pesanteur et $\mathbf{K} = \tan\varphi$ le coefficient de frottement , avec $\boldsymbol{\varphi}$ l'angle de frottement.

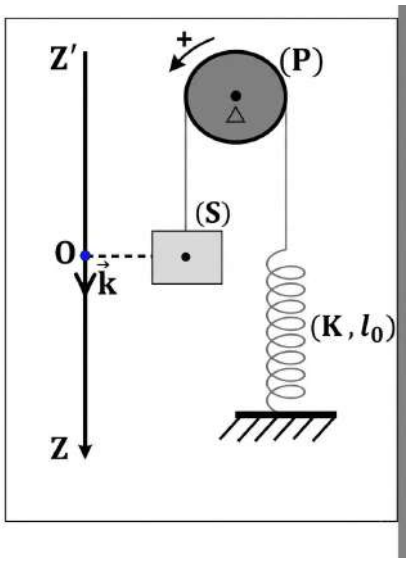
5- Montrer que le mouvement de $(\mathbf{S_1})$ n'est possible que si la masse $\mathbf{m_2}$ de $(\mathbf{S_2})$ est supérieure à une valeur qu'il faut déterminer.
on donne $\mathbf{K} = \tan\varphi = \mathbf{0,16}$.

Elomrani

Partie 2 détermination du moment d'inertie d'un cylindre d'une poulie homogène (P)

Taraiter chez soi

Le but de cet exercice est de déterminer le moment d'inertie $\mathbf{J_\Delta}$ d'un cylindre d'une poulie homogène de rayon $\mathbf{r = 15cm}$ qui peut tourner autour de son axe (Δ) fixe passant par le centre d'inertie **G** .
On considère un ressort à spire non jointives de masse négligeable , de raideur **K** et de longueur à vide $\mathbf{l_0 = 20}$ cm.
On relie l'extrémité mobile du ressort à un corps solide **(S)** ponctuel de masse $\mathbf{m = 300}$ g par un fil inextensible et de masse négligeable passant par la gorge de la poulie **(P)** sans glissement.
on néglige les frottements et on donne $\mathbf{g = 10}$ (S.I) et $\pi^2 = 10$



1) À l'équilibre la longueur finale du ressort est $\mathbf{l = 25cm}$, déterminer l'expression de la raideur du ressort en fonction des paramètres du montage et calculer sa valeur .

2) On écarte le corps **(S)** de sa position d'équilibre vers le bas et on l'abandonne sans vitesse initiale.

2.1 a l'aide une étude dynamique sur le système mécanique, établir l'équation différentielle que vérifie la cote **Z** du centre d'inertie du solide (S) au cours du mouvement .

2.2 Déterminer l'expression du moment d'inertie de la poulie **(P)** $\mathbf{J_\Delta}$ en fonction de **m, r, K** et la période propre $\mathbf{T_0}$ des oscillations

2.3 Calculer $\mathbf{J_\Delta}$ sachant que la période propre $\mathbf{T_0 = 0,49s}$.

3) étude énergétique du système (**(S)** , poulie **(P)**, ressort et la terre)

- la référence de l'énergie potentielle de pesanteur :
  pour le solide : le plan horizontal auquel appartient **G** à l'équilibre
  pour la poulie : le plan horizontal passant par son centre de gravité **G**
- la référence de l'énergie potentielle élastique : l'état où le ressort est allongé à l'équilibre

3-1 Montrer que l'énergie mécanique du système est : $\mathbf{E_m} = \frac{1}{2}(\mathbf{mr^2} + \mathbf{J_\Delta})\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}\mathbf{KZ^2}$

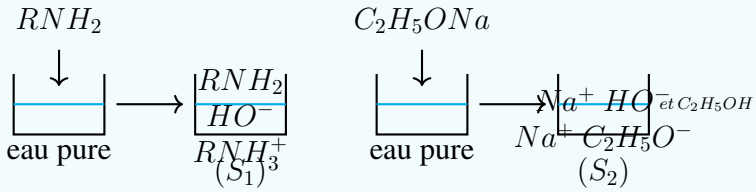
3-2 En déduire l'équation différentielle que que vérifie **Z**

Elomrani

CHIMIE

Examen Blanc 10 (SM) Rép : Dosage Acide-Base, Hydrolyse basique d'un ester

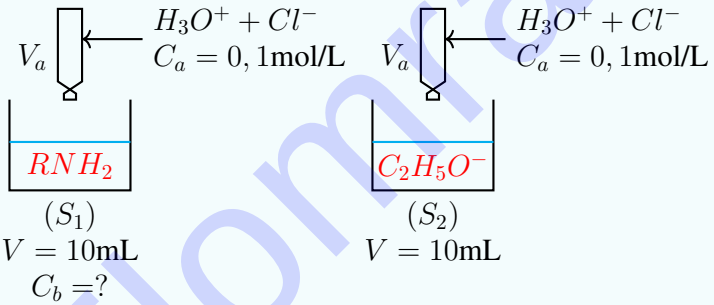
Partie 1 : Étude de solutions aqueuses et Dosage



$$C_2H_5ONa \xrightarrow{H_2O} \underbrace{C_2H_5O^-_{(aq)}}_{\text{base}} + Na^+_{(aq)} \quad (\tau = 1)$$

$$RNH_2 + H_2O \rightleftharpoons RNH_3^+ + HO^- \quad (\tau < 1)$$

Dissociation totale : $C_2H_5O^- + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH + HO^-$.



1) 1-1 Réactions de dosage :

$$RNH_2 + H_3O^+ \longrightarrow \underbrace{RNH_3^+}_{\text{Acide}} + \underbrace{H_2O}_{\text{neutre}}$$

$$C_2H_5O^- + H_3O^+ \longrightarrow \underbrace{C_2H_5OH}_{\text{Alcool neutre}} + \underbrace{H_2O}_{\text{neutre}}$$

1-2 Identification des courbes : * S1 : équivalence milieu Acide $pH_E < 7$. *

Courbe A
$(pH_E = 7) \longrightarrow (S_2)$
Courbe B
$(pH_E = 6) \longrightarrow (S_1)$

S2 : équivalence $pH_E = 7$.

1-3 Concentration C_b de (S_1) :

$$C_a V_{ae} = C_b V \implies C_b = \frac{C_a \cdot V_{ae}}{V}$$

Elomrani

(Courbe B) $\longrightarrow V_{ae} = 16$ mL $\Longrightarrow$ $C_b = 0,16$ **mol · L^{-1}**

1-4 à 1-6 : Étude de S1 (Dosage, Taux d'avancement et pH)

1-4 Étude de (S_1) on pose $x = \frac{V_a}{V_{ae}}$.
1-5 Pour $0 < x < 1$ ($V_a < V_{ae} \longrightarrow$ avant l'équivalence). **1-5-1** $\tau = \frac{x_f}{x_m}$ * avant l'équivalence, H_3O^+ **est le Réactif Limitant** $\Longrightarrow$ $x_m = C_aV_a$. * x_f =?

	RNH_2	+ H_3O^+	$\rightleftharpoons$ RNH_3^+	+ H_2O
Initial	C_bV	C_aV_a	0	excès
Final	$C_bV - x_f$	$C_aV_a - x_f$	x_f	excès

$$[H_3O^+]_f = \frac{C_aV_a - x_f}{V_a + V} \Longrightarrow x_f = C_aV_a - [H_3O^+]_f(V_a + V)$$

$$\tau = \frac{C_aV_a - [H_3O^+]_f(V_a+V)}{C_aV_a} = 1 - \frac{10^{-pH}(V_a+V)}{C_aV_a} = 1 - 10^{-pH}\left(\frac{V_a}{C_aV_a} + \frac{V}{C_aV_a}\right)$$

On a : $x = \frac{V_a}{V_{ae}}$ et $C_aV_{ae} = C_bV \Longrightarrow V = \frac{C_aV_{ae}}{C_b}$.

$$\tau = 1 - 10^{-pH}\left(\frac{1}{C_a} + \frac{V}{C_a \cdot x \cdot V_{ae}}\right) = 1 - 10^{-pH}\left(\frac{1}{C_a} + \frac{C_aV_{ae}/C_b}{C_a \cdot x \cdot V_{ae}}\right)$$

$$\tau = 1 - 10^{-pH}\left(\frac{1}{C_a} + \frac{1}{x \cdot C_b}\right)$$

* Calcul de τ : pH =? pour $x = \frac{V_a}{V_{ae}} = 0,25 \Longrightarrow V_a = 0,25 \times 16 = 4$ mL. À partir du graphe et par projection $\longrightarrow pH \simeq 10$.

$$\tau = 1 - 10^{-10}\left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,25 \cdot 0,16}\right) \simeq 1 \Longrightarrow \text{Réaction de dosage Totale.}$$

1-5-2 $pH = pK_A + \log\left(\frac{1}{x} - 1\right)$

$$pH = pK_A + \log\frac{[RNH_2]}{[RNH_3^+]} \Longrightarrow \frac{[RNH_2]}{[RNH_3^+]} = \frac{\frac{C_bV - x_m}{V_T}}{\frac{x_m}{V_T}} = \frac{C_bV - C_aV_a}{C_aV_a}$$

$$= \frac{C_aV_{ae} - C_aV_a}{C_aV_a} = \frac{V_{ae}}{V_a} - 1 = \frac{1}{x} - 1 \quad \left(x = \frac{V_a}{V_{ae}}\right)$$

Elmrani

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{1}{x} - 1\right)$$

* Choix de 1 valeur de x : par exemple $x = 0,5$.

$$x = 0,5 \implies \begin{cases} pH = pK_A + \log(\frac{1}{0,5} - 1) = pK_A + \log(1) = pK_A \\ x = 0,5 \implies V_a = 0,5 \cdot V_{ae} = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ mL} \xrightarrow{\text{graph}} pH \simeq 10,8 \end{cases}$$

Donc : $pK_A \simeq 10,8$ (Rq : $\forall x$ on trouve la même valeur de pK_A).

1-6 Pour $x > 1$ $(x = \frac{V_a}{V_{ae}} \implies V_a > V_{ae})$ après l'équivalence. Le réactif limitant est $RNH_2 \implies x_m = C_b V$.

$$\begin{cases} x_m = C_b V \\ x = \frac{V_a}{V_{ae}} \implies V_a = x \cdot V_{ae} \\ C_a V_{ae} = C_b V \implies V = \frac{C_a V_{ae}}{C_b} \end{cases}$$

$$[H_3O^+] = \frac{C_a V_a - x_m}{V + V_a} = \frac{C_a(x \cdot V_{ae}) - C_b V}{\frac{C_a V_{ae}}{C_b} + x V_{ae}} = \frac{C_a \cdot x \cdot V_{ae} - C_b\left(\frac{C_a V_{ae}}{C_b}\right)}{V_{ae}\left(\frac{C_a}{C_b} + x\right)}$$

$$= \frac{V_{ae}(C_a \cdot x - C_a)}{V_{ae}\left(\frac{C_a + xC_b}{C_b}\right)} \implies [H_3O^+] = \frac{C_a \cdot C_b(x-1)}{C_a + xC_b}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] \implies pH = -\log\left(\frac{C_a \cdot C_b(x-1)}{C_a + xC_b}\right)$$

$$pH = 1,6 \implies \frac{C_a \cdot C_b(x-1)}{C_a + xC_b} = 10^{-1,6} \simeq 2,5 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{0,1 \cdot 0,16(x-1)}{0,1 + x \cdot 0,16} = 2,5 \cdot 10^{-2} \implies x \simeq 1,54 \implies (V_a = x \cdot V_{ae} = 24,64 \text{ mL})$$

Partie 2 : Hydrolyse basique d'un ester (Saponification)

1) Éthanoate de propyle (E) : $CH_3 - C(=O) - O - CH_2 - CH_2 - CH_3$

Elomrani

2) Équimolaire : même $n_i(E) = n_i(Na^+ + HO^-) = C_1V_E$.

$E_{(l)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + A_{(l)}$ (Alcool propanol)				
C_1V_E	C_1V_E	▮	0	0
$C_1V_E - x$	$C_1V_E - x$		x	x

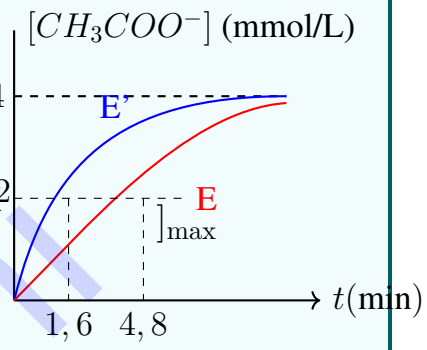
2-1 $t_{1/2}$ On sait que $t = t_{1/2} \longrightarrow x = \frac{x_{\max}}{2}$

$$[CH_3COO^-](t) = \frac{x}{V(E) + V(HO^-)} = \frac{x}{2V_E}$$

$$[CH_3COO^-]_{\max} = \frac{x_m}{2V_E}$$

$$[CH_3COO^-](t = t_{1/2}) = \frac{(x_m/2)}{2V_E} = \frac{x_m}{4V_E} = \frac{1}{2}[CH_3COO^-]_{\max}$$

$$[CH_3COO^-](t = t_{1/2}) = \frac{4 \text{ mmol/L}}{2} = 2 \text{ mmol/L}$$



Par projection : * Courbe E $\longrightarrow t_{1/2}(E) \simeq 4,8$ min * Courbe E' $\longrightarrow t_{1/2}(E') \simeq 1,6$ min

2-2 On sait que : $\theta \nearrow \Longrightarrow V \nearrow \Longrightarrow t_{1/2} \searrow$ $(\theta \nearrow t_{1/2} \searrow)$. Donc puisque $t_{1/2}(E') < t_{1/2}(E) \Longrightarrow \theta(E') > \theta(E)$. Données : $\theta_2 > \theta_1 \Longrightarrow \theta_2 \longrightarrow$ Courbe E'.

2-3 Vitesse volumique

$$v = \frac{1}{V(S)}\frac{dx}{dt} \quad \left([CH_3COO^-] = \frac{x}{V(S)} \Longrightarrow \frac{d}{dt}[CH_3COO^-] = \frac{1}{V_S}\frac{dx}{dt}\right)$$

$$v = \frac{1}{V(S)} \cdot V(S)\frac{d}{dt}[CH_3COO^-] \Longrightarrow v = \frac{d}{dt}[CH_3COO^-] \quad \text{(Coeff Dir Tangente)}$$

$$v = \frac{2,4 \text{ mmol/L} - 0}{4 \text{ min} - 0} \Longrightarrow \boxed{v \simeq 0,6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}}$$

Elomrani

PHYSIQUE : 1

Partie 1 : Onde et milieu en mouvement / Partie 2 : Diffraction ultrasonore

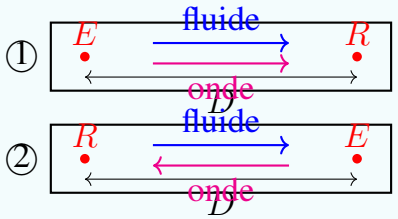
Partie 1 : Propagation d'une onde dans un fluide en mouvement

Exp 1 : Fluide et onde ont même sens du mouvement.

$$V = V_1 + V_2$$

Exp 2 : Fluide et onde sont de sens opposés.

$$V' = V_1 - V_2$$



V : Vitesse de propagation de l'onde dans un fluide en mouvement. V_1 : Vitesse de propagation de l'onde dans le fluide au repos. V_2 : Vitesse de propagation du fluide.

1°) Exp 1

$$V = \frac{d}{\Delta t} \Longrightarrow \frac{D}{t_1} = V_1 + V_2 \Longrightarrow t_1 = \frac{D}{V_1 + V_2}$$

$t_1 = \Delta t(\text{onde})$ (Exp 1) $\quad E \to R.$

$t_2 = \Delta t(\text{onde})$ (Exp 2) $\quad E \to R \Longrightarrow$ $t_2 = \frac{D}{V_1 - V_2}$

2°) $\Delta t = t_2 - t_1$

$$\Delta t = \frac{D}{V_1 - V_2} - \frac{D}{V_1 + V_2} = \frac{D(V_1 + V_2) - D(V_1 - V_2)}{(V_1 - V_2)(V_1 + V_2)} = \frac{DV_1 + DV_2 - DV_1 + DV_2}{V_1^2 - V_2^2} \Longrightarrow$$

$\Delta t = \frac{2DV_2}{V_1^2 - V_2^2}$

3°) données : $V_2 \ll V_1$

$$\text{donc } V_2^2 \ll V_1^2 \Longrightarrow V_1^2 - V_2^2 \simeq V_1^2 \Longrightarrow \Delta t = \frac{2DV_2}{V_1^2} \Longrightarrow V_2 = \frac{\Delta t \cdot V_1^2}{2D}$$

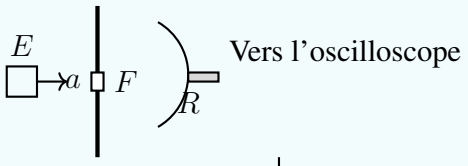
$$V_2 = \frac{2 \cdot 10^{-6} \times (1500)^2}{4} \Longrightarrow V_2 = 1,125 \textbf{ m/s}$$

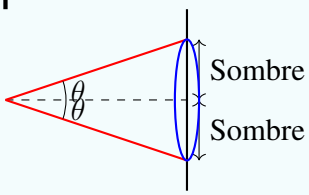
Elomrani

Partie 2 : Diffraction des ondes sonores/ultrasonores

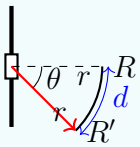
1) La même valeur de λ

2) Rappel : Diffraction : $\theta = \frac{\lambda}{a}$ c'est l'angle entre le centre de l'écran et l'extrémité de la Tache centrale (ou bien entre le centre et la première Tache sombre (absence de lumière)).





donnée : on veut la valeur de d entre la position initiale de R et le premier **minimum** d'amplitude (minimum amplitude = 0 c'est-à-dire fin du son : 1ère Tache sombre ! !) donc l'angle de déviation de R est $\theta = \frac{\lambda}{a}$.



$d =$ mesure de l'arc décrit par R : $d = S = r \cdot \theta$

$$d = r \cdot \theta = r \cdot \frac{\lambda}{a} = \frac{r \cdot V}{N \cdot a} = \frac{0,40 \cdot 340}{40 \cdot 10^3 \times 2,6 \cdot 10^{-2}} \Longrightarrow d \simeq 13 \textbf{ cm}$$

PHYSIQUE : 2

Partie 1 : Étude d'un dipôle RC et d'un circuit RLC

Elomrani

1°) Charge du condensateur (K en position 1)

1) Équation différentielle

$$U_{R1}+U_C = E \quad \left(U_{R1} = R_1 i \text{ et } U_C = \frac{q}{C}\right)$$

$$R_1 i+\frac{q}{C} = E \implies \frac{d}{dt}(R_1 i)+\frac{d}{dt}\left(\frac{q}{C}\right) = \frac{dE}{dt} = 0$$

$$R_1\frac{di}{dt}+\frac{1}{C}\frac{dq}{dt} = 0 \quad \left(\frac{dq}{dt} = i\right)$$

$$\boxed{R_1\tfrac{di}{dt} + \tfrac{1}{C}i = 0}$$

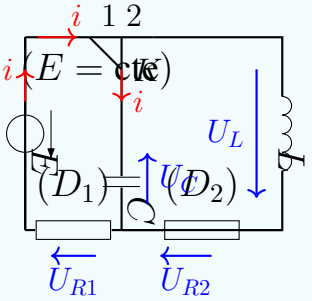


Figure 1

$$R_1\frac{di}{dt}+\frac{1}{C}i = 0 \implies \frac{di}{dt}+\frac{1}{R_1 C}i = 0$$

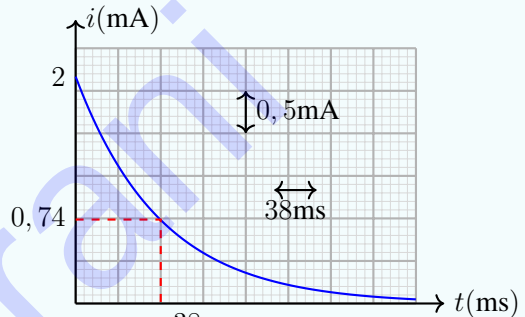


Figure 2

1-2 *** Solution $i(t)$:**

$$i(t) = Ae^{-\lambda t}$$

on dérive $i(t)$ et on remplace dans l'équation différentielle :

$$\boxed{\lambda = \tfrac{1}{R_1 C}}$$

***** A =? Conditions initiales : $t = 0$.

$$U_{R1}(t=0) + 0U_C(t=0) = E \implies U_{R1}(t=0) = E \implies R_1 i(t=0) = E$$

$$\text{donc } i(t=0) = \frac{E}{R_1}$$

On a : $i(t=0) = Ae^{-\lambda\times 0} = A\cdot 1 = A$.

$$\implies \frac{E}{R_1} = A \implies \boxed{A = \tfrac{E}{R_1} = i(0)}$$

1-3 : Détermination des paramètres du circuit

*** Courbe :** $i(t=0) = 4 \text{ div} \times 0,5 \text{ mA} = 2 \text{ mA} = 2\cdot 10^{-3}$ A.
question (1-2) : $i(t=0) = \frac{E}{R_1} \implies R_1 = \frac{E}{i(t=0)} = \frac{12}{2\cdot 10^{-3}} = 6\cdot 10^3\,\Omega$.

Elomrani

$$R_1 = 6 \cdot 10^3\,\Omega$$

* $C = ?$

$$i(t) = Ae^{-\lambda t} = i(0)e^{-\lambda t}$$

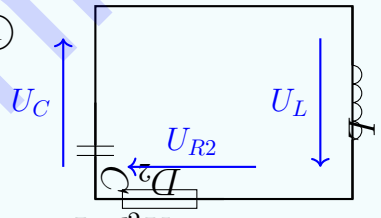
À $t = \tau \implies i(\tau) = i(0)e^{-1} = 0,37 \times i(0) = 0,37 \times 2 = 0,74$ mA. D'après le graphe : $\tau \simeq 38$ ms.

$$\tau = R_1 C \implies C = \frac{\tau}{R_1} \implies C = \frac{38 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^3} \implies C \simeq 6,3 \cdot 10^{-6}\ \mathbf{F}$$

2°) Décharge du condensateur (K en position 2)

2-1 Équation différentielle

$$U_L + U_{R2} + U_C = 0 \implies \frac{d}{dt}U_L + \frac{d}{dt}U_{R2} + \frac{d}{dt}U_C = 0 \quad ①$$



$$U_{R2} = R_2 i \implies i = \frac{U_{R2}}{R_2}$$

$$* U_L = L\frac{di}{dt} = L\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{R_2}U_{R2}\right) = \frac{L}{R_2}\frac{dU_{R2}}{dt} \implies \frac{d}{dt}U_L = \frac{L}{R_2}\frac{d^2U_{R2}}{dt^2}$$

$$\frac{d}{dt}U_C = \frac{i}{C} \quad \left(i = C\frac{dU_C}{dt}\right) \implies \frac{d}{dt}U_C = \frac{U_{R2}}{C \cdot R_2}$$

On remplace dans l'équation ① $\frac{d}{dt}U_L + \frac{d}{dt}U_{R2} + \frac{d}{dt}U_C = 0$: on trouve : $\frac{d^2}{dt^2}U_{R2} + \frac{R_2}{L}\frac{d}{dt}U_{R2} + \frac{1}{LC}U_{R2} = 0$

2-2 $U_L(t = 0) = ?$

$$U_L(0) + \underbrace{U_{R2}(0)}_{\text{courbe}} + \underbrace{U_C(0)}_{E} = 0 \quad \left(\begin{array}{l} t = 0 \text{ condensateur} \\ \text{Totalement chargé } U_C = E \end{array}\right)$$

$$U_L(t = 0) = -E$$

2-3 * $\frac{di}{dt} = ?$ **à** $t = 0$

$$U_{R2} = R_2 i \implies i = \frac{U_{R2}}{R_2} \implies \frac{di}{dt} = \frac{1}{R_2}\frac{dU_{R2}}{dt}$$

Elomrani

donc : $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{1}{R_2} \underbrace{\left(\frac{dU_{R2}}{dt}\right)_{t=0}}_{\text{Coëff D. Tangente}}$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{1}{30}\left(\frac{-4,5-0}{0,45\cdot 10^{-3}-0}\right) \Longrightarrow \left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -333,33\ (\mathbf{A}\cdot\mathbf{s}^{-1})$$

* L =?

$$U_L = L\frac{di}{dt} \Longrightarrow L = \frac{U_L(t=0)}{\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0}} = \frac{-E}{-333,33} = \frac{-12}{-333,33}$$

$L \simeq 3,6\cdot 10^{-2}$ H = 36 mH

PHYSIQUE : 2 (Partie 2)

Circuit RLC en régime forcé (Suite)

Étude du déphasage et de l'impédance

données :

$$u(t) = U_m \cos\left(2\pi N t - \frac{\pi}{6}\right)$$

$$i(t) = I_m \cos(2\pi N t + \varphi)$$

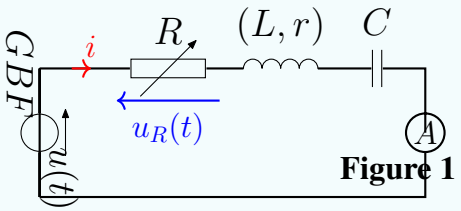


Figure 1

1°) Les courbes $u(t)$ et $U_R(t)$ ne sont pas en phase donc **pas de résonance**.
2°) Courbe de grande Amplitude $\Longrightarrow$ $U(t)$ L'autre courbe $U_R(t)$. * U_m (Tension max de $U(t)$) = 6 V * $U_{R(\max)}$ = 4 V * T = (8 div) × 1 ms = 8 ms. $N = \frac{1}{T}$ = 125 Hz * φ =? d'après les courbes on calcule $\Delta\varphi$

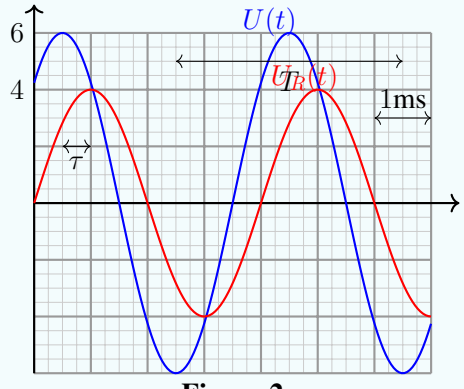


Figure 2

$\Delta\varphi$: déphasage entre $U(t)$ et $i(t)$.

$$|\Delta\varphi| = \frac{2\pi}{T}\cdot\tau \quad \left(\begin{array}{l} T = 8 \text{ div} \\ \tau = 1 \text{ div} \end{array} \Longrightarrow \tau = T/8\right)$$

Elomrani

$$|\Delta\varphi| = \frac{2\pi}{T}\cdot\frac{T}{8} = \frac{\pi}{4} \quad ; \quad \Delta\varphi = \varphi_{u(t)} - \varphi_{i(t)}$$

Quel est le signe de $\Delta\varphi$? $\Delta\varphi = \varphi_{u(t)} - \varphi_{i(t)}$ d'après les courbes $u(t)$ en avance de phase sur $i(t)$ (car $U_R(t)$ est en phase avec $i(t)$) donc $\varphi_{u(t)} > \varphi_{i(t)}$ alors $\Delta\varphi = \varphi_{u(t)} - \varphi_{i(t)} > 0$

$$\Longrightarrow \begin{cases} |\Delta\varphi| = \frac{\pi}{4} \\ \Delta\varphi > 0 \end{cases} \Longrightarrow \Delta\varphi = \frac{\pi}{4}$$

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{4} \Longrightarrow \varphi_{u(t)} - \varphi_{i(t)} = \frac{\pi}{4}$$

$$-\frac{\pi}{6} - \varphi = \frac{\pi}{4} \Longrightarrow \varphi = -\frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{4} = \frac{-2\pi - 3\pi}{12} \Longrightarrow \varphi = -\tfrac{5\pi}{12}\ \textbf{rad}$$

3°) Intensité efficace I_e L'ampèremètre mesure l'intensité efficace : I_e On sait que : $I_e = \frac{U_e}{Z} = \frac{U_e(u(t))}{Z(\text{circuit})} = \frac{U_m/\sqrt{2}}{Z}$

$$I_e = \frac{6}{\sqrt{2}(390,4)} \Longrightarrow I_e \simeq 10^{-2}\ \textbf{A}$$

4°) Calcul de R_1

$$U_{e(R_1)} = R_1 \cdot I_e \quad \text{(même courant dans le circuit)}$$

$$R_1 = \frac{U_{e(R_1)}}{I_e} = \frac{U_{m(R)}/\sqrt{2}}{I_e} = \frac{4}{\sqrt{2}\cdot 10^{-2}} \Longrightarrow R_1 \simeq 283\,\Omega$$

5° à 6° : Équations horaires et Fréquence de résonance

5°)

$$u(t) = U_m\cos\left(2\pi Nt - \frac{\pi}{6}\right) \Longrightarrow u(t) = 6\cos\left(250\pi t - \tfrac{\pi}{6}\right)\ (\textbf{V})$$

$$i(t) = I_m\cos(2\pi Nt + \varphi) \quad \left(I_m = I_e\sqrt{2} = 10^{-2}\sqrt{2} \simeq 1,4\cdot 10^{-2}\ \text{A}\right)$$

$$i(t) = 1,4\cdot 10^{-2}\cos\left(250\pi t - \tfrac{5\pi}{12}\right)\ (\text{A})$$

6°) * $N_1 = 125$ Hz (fréquence de départ) * finale : Résonance $N = N_0 =$

Elomrani

$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$$N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,16 \times 2 \cdot 10^{-6}}} \Longrightarrow N_0 \simeq 281,7 \text{ Hz}$$

$$125 \text{ Hz} \longrightarrow 281,7 \text{ Hz}$$

il faut augmenter la fréquence $\Delta N = N_0 - N_1 = 156,7$ Hz.

Elomrani

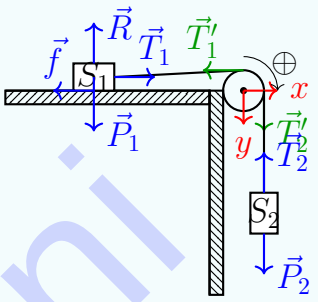
PHYSIQUE : 3

Partie 1 : Mouvement d'un système poulie-masses (Rotation et Translation)

Partie 1 : Étude dynamique du système

1°) Équation de vitesse angulaire $\dot{\theta}(t) = A \cdot t + B$ ($B = 0$ car passe par l'origine). $A = \frac{20}{0,5} = 40$.

$$\ddot{\theta}(t) = 40 \quad (\ddot{\theta} = 40 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2})$$



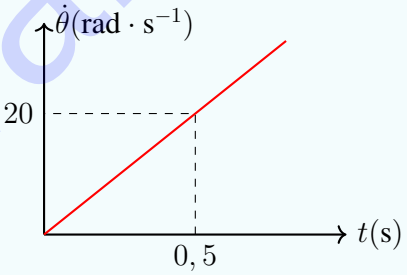
(Mouvement de Rotation accéléré)

2°) équation horaire

$$\theta(t) = \frac{40}{2}t^2 + \theta_0$$

$$\theta(t) - \theta_0 = \frac{1}{2}\ddot{\theta}t^2 \implies \Delta\theta = \frac{1}{2}\ddot{\theta}t^2$$

$$2\pi n = \frac{1}{2}\ddot{\theta}t^2 \implies n = \frac{\ddot{\theta} \cdot t^2}{4\pi}$$



À $t = 1,25$ s $\implies n = \frac{40(1,25)^2}{4\pi} \implies$ $n \simeq 4,98$ **tours**

3°) Accélération linéaire

$$a(S_1) = a(S_2) = r \cdot \ddot{\theta} = 4 \cdot 10^{-2} \times 40 \implies a = 1,6 \text{ m/s}^2$$

4°) (S_1) **:** $\vec{P}_1 + \vec{R} + \vec{T}_1 = m_1\vec{a}_1 \downarrow \vec{Ox} : \quad -f + T_1 = m_1 a \implies -f + T_1 = m_1 a \downarrow \vec{Oy} : \quad R_N - m_1 g = m \cdot 0a_y \implies R_N = m_1 g$ $K = \tan\varphi = \frac{f}{R_N} \implies f = K \cdot R_N$ donc : $-f + T_1 = m_1 a$ donne $-K \cdot R_N + T_1 = m_1 a$

$$-Km_1 g + T_1 = m_1 a \implies T_1 = m_1(a + Kg)$$

(S_2) **:** $\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = m_2\vec{a}_2 \implies m_2 g - T_2 = m_2 a \implies T_2 = m_2 g - m_2 a$

Poulie : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}'_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}'_2) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$

$$-T'_1 \cdot r + T'_2 \cdot r = J_\Delta\ddot{\theta} \implies T'_2 - T'_1 = \frac{J_\Delta\ddot{\theta}}{r} \quad (\text{avec } \ddot{\theta} = \frac{a}{r},\ T'_1 = T_1,\ T'_2 = T_2)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{J_\Delta \cdot a}{r^2}$$

Elomrani

On remplace T_1 et T_2 :

$$(m_2 g - m_2 a) - (m_1 a + m_1 K g) = \frac{J_\Delta \cdot a}{r^2}$$

$$m_2 g - m_1 K g = a\left(m_1 + m_2 + \frac{J_\Delta}{r^2}\right) \Longrightarrow a = \frac{(m_2 - m_1 K)g}{m_1 + m_2 + \frac{J_\Delta}{r^2}}$$

5°) Mouvement de (S_1) **possible c'est-à-dire accéléré** donc $a > 0 \Longrightarrow (m_2 - m_1 K)g > 0 \Longrightarrow m_2 - m_1 K > 0 \Longrightarrow m_2 > m_1 \cdot K.$

$$m_2 > 0,16 \text{ Kg}$$

Elomrani

1) * équilibre de (S)

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Longrightarrow \vec{T}+\vec{P} = \vec{0} \Longrightarrow T = mg \quad ①$$

* **équilibre de la poulie :**
$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0$

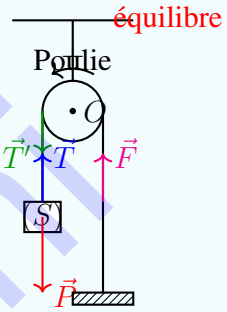
$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T'})+\mathcal{M}_\Delta(\vec{P})+\mathcal{M}_\Delta(\vec{R})+\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0$$

$$T'\cdot r+0+0-F\cdot r = 0 \Longrightarrow T' = F \quad ②$$

fil inextensible $\Longrightarrow$ $T = T'$ $\Longrightarrow$ $mg = F = K\Delta\ell_0$

$$\boxed{mg = K\Delta\ell_0}$$

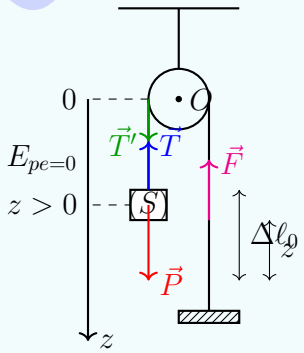
$$K = \frac{0,3\times 10}{(25-20)\cdot 10^{-2}} \Longrightarrow \boxed{K = 60\ \mathbf{N\cdot m^{-1}}}$$



2°) * 2ème loi de Newton sur (S)

2-1 $\vec{P}+\vec{T} = m\vec{a}$ $\downarrow \vec{Oz}$:
$mg - T = m\ddot{z}$

$$T = m(g-\ddot{z}) \quad ①$$



*** R.F.D sur la poulie**

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T'})+\mathcal{M}_\Delta(\vec{R})+\mathcal{M}_\Delta(\vec{P'})+\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = J_\Delta\ddot{\theta}$$

$$T'\cdot r - F\cdot r = J_\Delta\ddot{\theta} \Longrightarrow T' = \frac{J_\Delta\ddot{\theta}}{r}+F$$

$$F = K\Delta\ell = K(\Delta\ell_0+z)$$

$$T' = \frac{J_\Delta\ddot{\theta}}{r}+K(\Delta\ell_0+z) \quad ②$$

$\Delta\ell = \Delta\ell_0+|z|$; $\Delta\ell = \Delta\ell_0+z\ (z>0)$

$s = r\cdot\theta \Longrightarrow \boxed{z = r\cdot\theta}$

On a $T = T' \Longrightarrow m(g-\ddot{z}) = \frac{J_\Delta\ddot{\theta}}{r}+K(\Delta\ell_0+z)$

$$\frac{J_\Delta\ddot{\theta}}{r}+\underbrace{K\Delta\ell_0}_{=mg}+Kz-mg+m\ddot{z} = 0$$

$$\Longrightarrow \frac{J_\Delta}{r}\left(\frac{\ddot{z}}{r}\right)+m\ddot{z}+Kz = 0 \quad \left(\ddot{\theta} = \frac{\ddot{z}}{r}\right)$$

$$\boxed{\ddot{z}+\left(\frac{K\cdot r^2}{J_\Delta+mr^2}\right)z = 0}$$

Elomrani

2-2 Période T_0 et J_Δ

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta + mr^2}{K \cdot r^2}} \implies T_0^2 = 4\pi^2\frac{(J_\Delta + mr^2)}{K \cdot r^2} \implies J_\Delta = \frac{T_0^2 \cdot K \cdot r^2}{4\pi^2} - mr^2 \simeq 1,35 \cdot$$

3) Système { (S) + Poulie + Ressort } 3-1 Énergie Cinétique

$$E_C = E_C(S) + E_C(P) = \frac{1}{2}m\dot{z}^2 + \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 = \frac{1}{2}m\dot{z}^2 + \frac{1}{2}J_\Delta\left(\frac{\dot{z}}{r}\right)^2 \quad \left(v = r\dot{\theta} \implies \dot{z} = r\dot{\theta}\right)$$

$$E_C = \frac{1}{2}\left(m + \frac{J_\Delta}{r^2}\right)\dot{z}^2 \quad \text{ou} \quad E_C = \frac{1}{2}(mr^2 + J_\Delta)\dot{\theta}^2$$

3-2 Énergie Potentielle

$E_{pp} = E_{pp}(S+\text{Terre}) + E_{pp}(\text{Poulie}) \implies E_{pp} = -mgz + 0$ ($E_{pp}(S) = -mgz$ car axe z or

* $E_{pe} = \frac{1}{2}K\Delta\ell^2 + C$ (C.I $E_{pe} = 0$ si $\Delta\ell = \Delta\ell_0 \implies C = -\frac{1}{2}K\Delta\ell_0^2$)

$$E_{pe} = \frac{1}{2}K(\Delta\ell^2 - \Delta\ell_0^2) = \frac{1}{2}K((\Delta\ell_0 + z)^2 - \Delta\ell_0^2) = \frac{1}{2}K(\Delta\ell_0^2 + 2z\Delta\ell_0 + z^2 - \Delta\ell_0^2) = \frac{1}{2}K(2z\Delta\ell_0 + z^2)$$

* $E_m = \frac{1}{2}(mr^2 + J_\Delta)\dot{\theta}^2 - mgz + Kz\Delta\ell_0 + \frac{1}{2}Kz^2 = \frac{1}{2}(mr^2 + J_\Delta)\dot{\theta}^2 + z\underbrace{(K\Delta\ell_0 - mg)}_{=0} + \frac{1}{2}Kz^2$

3-3 $E_m =$ cte $\implies \frac{dE_m}{dt} = 0$

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}(mr^2 + J_\Delta)\dot{\theta}^2 + \frac{Kz^2}{2}\right) = \frac{1}{2}(mr^2 + J_\Delta)(2\dot{\theta}\ddot{\theta}) + \frac{K}{2}(2z\dot{z}) = (mr^2 + J_\Delta)\dot{\theta}\ddot{\theta} + Kz\dot{z}$$

On sait que $z = r\theta \implies \dot{z} = r\dot{\theta}$ et $\ddot{z} = r\ddot{\theta}$.

$$\implies (mr^2 + J_\Delta)\left(\frac{\dot{z}}{r}\right)\left(\frac{\ddot{z}}{r}\right) + Kz\dot{z} = 0 \implies \dot{z}\left[\left(\frac{mr^2 + J_\Delta}{r^2}\right)\ddot{z} + Kz\right] = 0 \implies$$

$$\ddot{z} + \left(\frac{K \cdot r^2}{J_\Delta + mr^2}\right)z = 0$$

Elomrani

Chimie

Partie 1 Etude de quelques réactions de l'acide éthanoïque

Dans cet exercice on se propose d'étudier :
- Une solution aqueuse d'acide éthanoïque ;
- Le dosage d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque ;
- Le suivi temporel d'une réaction de l'acide éthanoïque avec un alcool.

1- L'acide éthanoïque en solution aqueuse

L'acide éthanoïque pur est un liquide incolore, inflammable. Il est naturellement présent dans le vinaigre. C'est un antiseptique et un désinfectant.

Données :
- Toutes les mesures sont effectuées à $\mathbf{25°C}$;
- $\mathbf{pK_A(CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}) = 4,8}$;
- Densité de l'acide éthanoïque : $\mathbf{d = 1,05}$;
- Masse volumique de l'eau : $\boldsymbol{\rho_e = 1 g.cm^{-3}}$;
- Masse molaire de l'acide éthanoïque : $\mathbf{M(CH_3COOH) = 60}$ g.mol^{-1}.

On prépare une solution aqueuse $(\mathbf{S_0})$ d'acide éthanoïque $(\mathbf{CH_3COOH})$ en introduisant, dans une fiole jaugée de volume $\mathbf{V = 500}$ mL , un volume $\mathbf{V_0 = 2}$ mL d'acide éthanoïque pur. On complète au trait de jauge avec de l'eau distillée tout en agitant.

1-1- Vérifier que la concentration apportée en acide éthanoïque dans la solution $(\mathbf{S_0})$ est $\mathbf{C_0 = 7,0.10^{-2}}$ mol.L^{-1}

1-2- Montrer que le pH de la solution a pour expression : $\mathbf{pH = \log 2 - \log\left(\sqrt{K_A^2 + 4K_A.C_0} - K_A\right)}$

avec $\mathbf{K_A}$ la constante d'acidité du couple $\mathbf{CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}}$

1-3- En déduire la valeur du taux d'avancement final de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau

1-4- Dresser le diagramme de prédominance et déduire l'espèce prédominante du couple $(\mathbf{CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}})$

2- Dosage de la solution aqueuse (S_0) de l'acide éthanoïque :

Pour vérifier la valeur de la concentration molaire $\mathbf{C_0}$ de la solution $(\mathbf{S_0})$, on dose un volume $\mathbf{V_A = 25,0}$ mL de la solution $(\mathbf{S_0})$ par une solution aqueuse $(\mathbf{S_B})$ d'hydroxyde de sodium $\mathbf{Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}}$ de concentration molaire $\mathbf{C_B = 8,75.10^{-2}}$ mol.L^{-1}

Pour cela on utilise un montage de dosage pH-métrique. Le volume versé de la solution $(\mathbf{S_B})$ à l'équivalence est $\mathbf{V_{BE} = 20,0}$ mL.

2-1- Faire un schéma légendé du montage expérimental.

2-2- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.

2-3/2-3-1- Choisir l'affirmation juste parmi les affirmations suivantes :

A l'équivalence d'un titrage acido-basique :

a- le volume du réactif titrant est toujours égal à celui du réactif titré.
b- le pH du mélange réactionnel est toujours égal à 7.
c- les quantités de matière des réactifs sont nulles.
d- le réactif titré n'a pas totalement réagi.

2-3-2- La valeur de $\mathbf{C_0}$ est-elle vérifiée ? Justifier la réponse.

2-4- Déterminer le pH du mélange réactionnel quand on a versé le volume $\mathbf{V_B = \frac{2}{3}V_{BE}}$ De la solution $(\mathbf{S_B})$

Elomrani

3- Suivi temporel d'une transformation chimique On étudie la cinétique de la réaction entre l'acide éthanoïque avec un alcool **primaire R-OH**.

L'équation de la réaction qui se produit s'écrit : $\mathbf{CH_3COOH + R - OH \rightleftharpoons CH_3COOR + H_2O}$.

On réalise quatre expériences dont les conditions expérimentales sont décrites dans le tableau ci-dessous.

$\mathbf{n_0(CH_3COOH)}$ et $\mathbf{n_0(R-OH)}$ représentent respectivement les quantités de matière initiales à l'instant t =0 de l'acide éthanoïque et de l'alcool.

Les courbes (1) , (2) , (3) et (4) de la figure ci-dessous représentent l'évolution temporelle de la quantité de matière $\mathbf{n_e}$ de $\mathbf{CH_3COOR}$ formé.

3-1- Indiquer, en justifiant votre réponse , la courbe correspondant à chaque expérience .

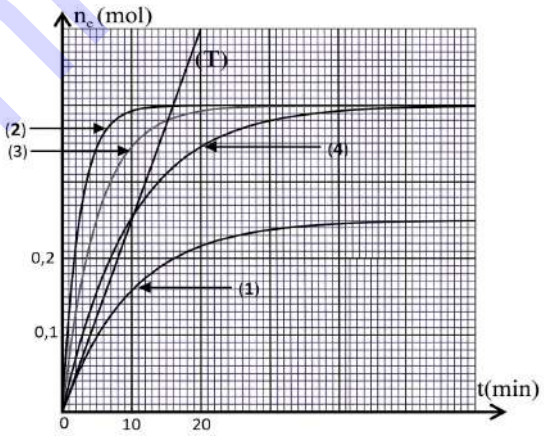
3-2- Indiquer, en justifiant, si la proposition suivante est vraie ou fausse :

Le temps de demi-réaction correspondant à l'expérience (b) est : $\mathbf{t_{1/2} = 13}$ min

3-3- Pour la courbe (1) correspondant à l'une des expériences, déterminer, en unité $\mathbf{mol.L^{-1}.min^{-1}}$, La vitesse volumique de la réaction à l'instant $\mathbf{t = 0}$ ((T) représente la tangente à la courbe (1) à $\mathbf{t = 0}$) . On prendra le volume du mélange réactionnel $\mathbf{V = 62}$ mL .

3-4- Pour l'expérience correspondant à la courbe (1), trouver l'instant où le quotient de réaction $\mathbf{Q_r = 1,6}$. et Déduire la valeur du rendement de la réaction d'estérification étudiée.

Exp	$n_0(CH_3COOH)$ (mol)	n_0(R-OH) (mol)	Temp	Catalyseur
(a)	0,6	0,6	θ_1	Aucun
(b)	0,6	0,6	$\theta_2 > \theta_1$	Aucun
(c)	0,6	0,6	θ_2	Quelques gouttes d'acide sulfurique
(d)	0,3	0,6	θ_1	Aucun



Partie 2

Pour synthétiser un ester **E**, un technicien de laboratoire a préparé une série de tubes à essai contenant chacun un volume $\mathbf{V = 34,5mL}$ d'éthanol pur et **0,6mol** de l'acide éthanoïque. Puis il les a placés simultanément dans un bain-marie régulé à 100°C. Pour suivre l'évolution du système chimique aux divers instants t, le technicien sort un tube du bain-marie et le place dans de l'eau glacée, puis il dose la quantité d'acide restante dans ce tube par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $\mathbf{C_B}$.

La courbe de la figure ci-jointe représente l'évolution de la quantité de matière $\mathbf{n_a}$ de l'acide éthanoïque restante dans le tube en fonction du temps. T représente la tangente a la courbe a la date t=40h.

Elomrani

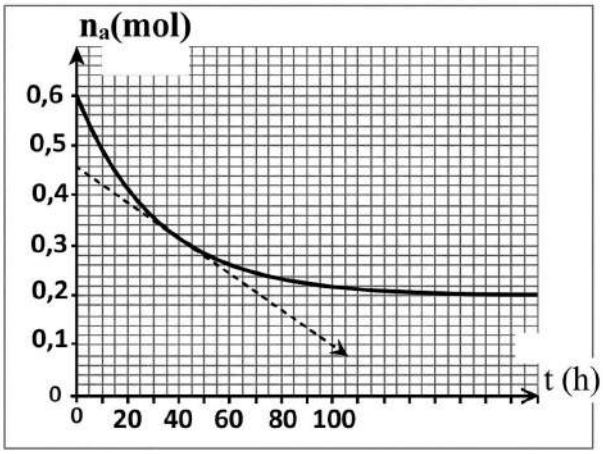
Données :
- La masse molaire de l'éthanol : $\mathbf{M = 46}$ g.mol^{-1} ;
- La masse volumique de l'éthanol : $\boldsymbol{\rho = 0,8}$ g.cm^{-3}.

1- Quel est l'objectif de l'utilisation de l'eau glacée avant Le dosage ?

2- Montrer que le mélange réactionnel dans chaque tube est équimolaire à l'état initial.

3- Ecrire, en utilisant les formules semi développées, l'équation de la réaction produite dans chaque tube, et donner le nom de l'ester E produit.

4- Dresser le tableau descriptif de la réaction de l'estérification.



5- Ecrire l'équation de réaction du dosage, et montrer que l'avancement de la réaction de l'estérification à un instant t est $\mathbf{x = 0,6 - C_B V_{BE}}$ ($\mathbf{V_{BE}}$ le volume ajouté à l'équivalence)

6- Déterminer $\boldsymbol{x}_{éq}$ l'avancement de la réaction d'estérification à l'équilibre, et déduire la composition du mélange réactionnel dans chaque tube.

7- Calculer la constante d'équilibre **K** de la réaction d'estérification.

8- Calculer le rendement de la réaction.

9- Calculer la vitesse volumique de la réaction à l'instant $\mathbf{t}$=**40h**. (le volume du mélange réactionnel dans chaque tube est V 69mL)

10- a la fin de la réaction on recueillit l'ester (E) et on lui ajoute une solution basique d'hydroxyde de sodium ($\mathbf{Na^+ + HO^-}$) de concentration $\mathbf{C_0 = 1,5.10^{-2}}$ mol.l^{-1} et de volume $\mathbf{V_0 = 5ml}$.

10-1 écrire l'équation de la réaction qui se produit et donner son nom et le nom du produit organique (**X**) formé en précisant sa partie hydrophile et hydrophobe

10-2 calculer , à la fin de la réaction la masse du composé (**X**)

Données :
- La masse molaire de l'éthanol : $\mathbf{M = 46}$ g.mol^{-1}
- La masse volumique de l'éthanol : $\boldsymbol{\rho = 0,8}$ g.cm^{-3}.
- la masse molaire d'éthanoate de sodium $\mathbf{M(CH_3COONa) = 82}$ g mol^{-1}

Physique 1 Etude d'une onde ultrasonore

Le dispositif expérimental représenté sur **la figure (1)** est constitué :
- d'un générateur **GBF** lié à un haut parleur **HP** qui émet des ondes ultrasonores , Deux microphones $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$, placés sur la même ligne droite et séparés par une distance **d** .

On connecte chacun des deux microphones $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$ avec les deux entrées $\mathbf{Y_1}$ et $\mathbf{Y_2}$ de l'oscilloscope.
La sensibilité verticale des deux entrées de l'oscilloscope est la même.
La sensibilité horizontale est réglée à la valeur $\mathbf{5\mu s/div}$.
La figure (2) représente l'oscillogramme obtenue pour une distance **d** entre deux microphones.

1) Déterminer l'oscillogramme qui représente L'onde sonore reçue par le microphone $\mathbf{R_2}$. Justifier votre réponse

2) Calculer la fréquence des ondes sonores émis par le haut parleur.

3) La vitesse de propagation des ondes sonores dans l'air est $\mathbf{V = 340}$ m/s.

3.1- Calculer la valeur de la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$,

3.2- Sachant que la distance d entre les deux microphones est telle que $\boldsymbol{d < \lambda}$, déterminer la valeur de **d** parmi les valeurs suivantes :

$d = 4,25mm$	$d = 1,7mm$
$d = 5,1mm$	$d = 6,8mm$

Elomrani

4) On conserve la distance précédente d entre les deux microphones $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$ et on augmente progressivement la fréquence des ondes ultrasonore à partir de la valeur $= \mathbf{40kHz}$. Trouver la première fréquence $\mathbf{f_0}$ telle que $\mathbf{f_0 > f}$, permettant d'obtenir les courbes (a) et (b) en opposition de phase .

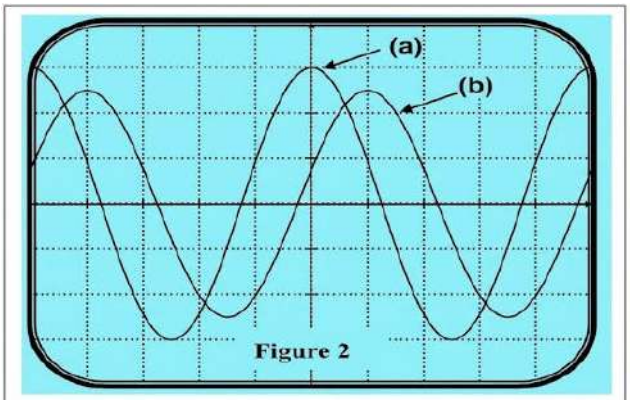


Figure 2

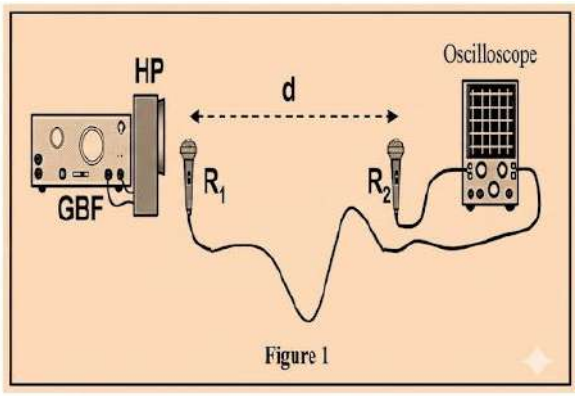


Figure 1

Physique 2

Partie 1 Etude d'un circuit LC

On réalise le montage électrique représenté dans la figure 1 , formé de :

- Un générateur G idéal de tension de force électromotrice $\mathbf{E = 12V}$;
- Deux condensateurs $(\mathbf{C_1})$ et $(\mathbf{C_2})$ de capacités respectives $\mathbf{C_1 = 3\mu F}$ et $\mathbf{C_2 = 0,5C_1}$.
- Une bobine d'inductance $\mathbf{L}$ et de résistance négligeable.

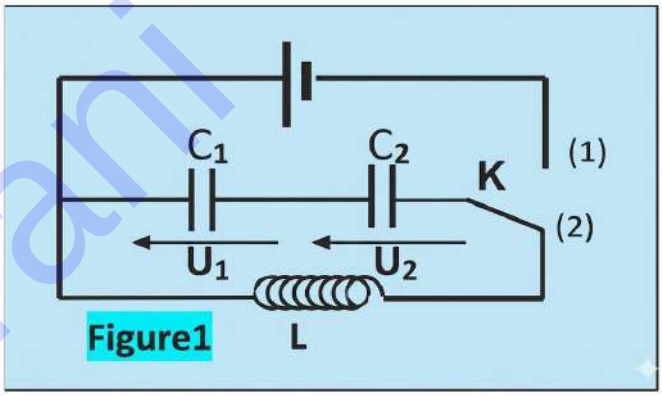


Figure1

1) On place l'interrupteur K dans la position (1), alors les deux condensateurs se chargent instantanément. Soit $\mathbf{U_1}$ la tension aux bornes du condensateur $(\mathbf{C_1})$ et $\mathbf{U_2}$ la tension aux bornes du condensateur $(\mathbf{C_2})$ a la saturation . on donne $\pi^2 = \mathbf{10}$.

1-1 Calculer $\mathbf{U_1}$, et $\mathbf{U_2}$.

1-2 a une date t donnée , on désigne par $\mathbf{E_1}$ l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur ($\mathbf{C_1}$) et $\mathbf{E_2}$ l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur ($\mathbf{C_2}$) . Montrer que $\mathbf{E_2 = 2E_1}$

2) On bascule à l'instant $t = 0$ l'interrupteur K dans la position (2), alors les deux condensateurs se déchargent à travers la bobine.

La figure (2) représente l'évolution temporelle de l'énergie magnétique $\mathbf{E_m}$ emmagasinée dans la bobine.

2-1 Montrer que la tension $\mathbf{U_C}$ que vérifie la tension aux bornes du condensateur équivalent aux condensateurs$(\mathbf{C_1})$ et $(\mathbf{C_2})$ s'écrit sous la forme : $\dfrac{\mathbf{d^2}}{\mathbf{dt^2}}\mathbf{U_C} + \dfrac{\mathbf{3}}{\mathbf{LC_1}}\mathbf{U_C} = \mathbf{0}$

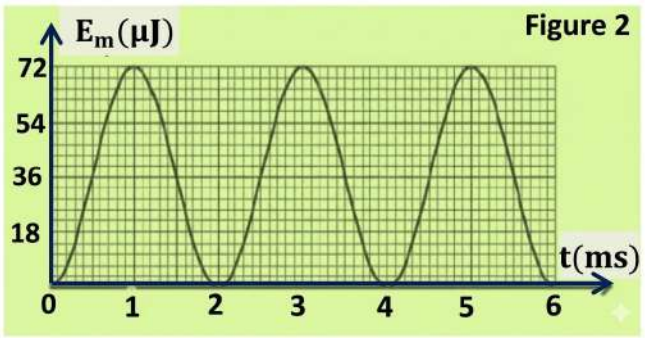


Figure 2

2-2 Trouver l'expression de la période propre $\mathbf{T_0}$ en fonction de $\mathbf{L}$ et $\mathbf{C_1}$ pour que la solution de l'équation différentielle soit : $\mathbf{U_C(t) = E\cos\left(\dfrac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)}$

2-3 En déduire la valeur de $\mathbf{L}$

2-4 Montrer que l'énergie totale $\mathbf{E_T}$ emmagasinée dans le circuit reste constante au cours du temps et que son expression est :

$$\mathbf{E_T = \frac{1}{2}(C_{eq}U_C^2 + Li^2)}$$

Elomrani

2-5 Déterminer à l'aide du graphe **(fig 2)** la valeur de l'énergie emmagasinée dans le condensateur équivalent à l'instant $\mathbf{t = 2ms}$.
2-6 Etablir l'équation différentielle que vérifie la tension $\mathbf{U_1}$

Partie 2 Etude d'un circuit RLC Forcé

On obtient un dipôle AB en montant en série une bobine d'inductance $\mathbf{L = 0,32H}$ de résistance négligeable , un condensateur de capacité $\mathbf{C = 5,0\mu F}$ et un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R}$.
On applique entre les bornes du dipôle AB une tension alternative sinusoïdale de fréquence $\mathbf{N}$ réglable $\mathbf{U(t) = 30\sqrt{2}\cos(2\pi Nt + \varphi)}$, un courant d'intensité $\mathbf{i(t) = I\sqrt{2}\cos(2\pi Nt)}$ traverse le circuit avec $\mathbf{U(t)}$ en Volt et $\boldsymbol{i(t)}$ en Ampère .

- Pour une valeur $\mathbf{N_0}$ de la fréquence $\mathbf{N}$, L'intensité efficace du courant prend une valeur maximale $\mathbf{I_0 = 0,3A}$ et la puissance électrique moyenne consommée par le dipôle AB prend la valeur $\mathbf{P_0}$
- Pour une valeur $\mathbf{N_1}$ de la fréquence $\mathbf{N}$, ($\mathbf{N_1 > N_0}$) l'intensité efficace du courant prend la valeur $\mathbf{I = \dfrac{I_0}{\sqrt{2}}}$ et la phase prend en valeur absolue la valeur $\varphi = \dfrac{1}{4}\pi$. On note par $\mathbf{P}$ la puissance électrique moyenne consommée par le dipôle AB aux limites de la bande passante et à l'extérieur de la bande passante par $\mathbf{P_{ext}}$.

1- Calculer la valeur de $\mathbf{R}$.
2- Calculer la valeur de $\mathbf{N_0}$.
3- Comparer $\mathbf{P}$ avec $\mathbf{P_0}$; Conclure.
4- Comparer $\mathbf{P_{ext}}$ avec $\mathbf{P}$; Conclure.

Elomrani

Physique 3 Mécanique

Partie 1

Un skieur veut s'exercer sur une piste modélisée par **la figure 1**. Avant de faire un premier essai, le skieur étudie les forces qui s'exercent sur lui lors du glissage sur la piste ABC

Données

- Intensité de pesanteur $\mathbf{g = 9,8}$ m/s$^{\mathbf{2}}$.
- AB est un plan incliné d'un angle $\boldsymbol{\alpha}$**= 20°** par rapport au plan horizontal passant par le point B.
- La largeur du lac $\mathbf{C'D' = L = 15m}$.

On modélise le skieur et ses accessoires par un solide (S) de masse **m=80kg** et de centre d'inertie G.

On considère sur la partie AB que les frottements ne sont pas négligeables et on les modélise par une force constante .

1. Etude des forces appliquées sur le skieur entre A et B

Le skieur part du point **A** d'abscisse $\mathbf{x'_A = 0}$ dans le repère $(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{i}}', \tilde{\mathbf{j}}')$ sans vitesse initiale à un instant que l'on considère comme origine des temps **t=0s (Fig1)**. Le skieur glisse sur le plan incliné **AB** suivant la ligne de la plus grande pente avec une accélération constante **a** et passe par le point **B** avec une vitesse $\mathbf{V_B = 20m/s}$.

1-1 En appliquant la deuxième loi de Newton, trouver en fonction de $\boldsymbol{\alpha}$, **a** et **g** l'expression du coefficient de frottement $\mathbf{K} = \tan\varphi$. Avec $\boldsymbol{\varphi}$ l'angle de frottement, défini par la normale à la trajectoire et la direction de la force appliquée par le plan incliné sur le skieur.

1-2 A l'instant $\mathbf{t_B = 10s}$ le skieur passe par le point **B** ; Calculer la valeur de l'accélération **a** . En déduire la valeur du coefficient de frottement .

1-3 Montrer que l'intensité de la force **R** exercée par le plan AB sur le skieur s'écrit sous la forme :

$$\mathbf{R = mg}.\cos\alpha \cdot \sqrt{\mathbf{1} + (\tan\varphi)^{\mathbf{2}}} \quad \text{Calculer } \mathbf{R}.$$

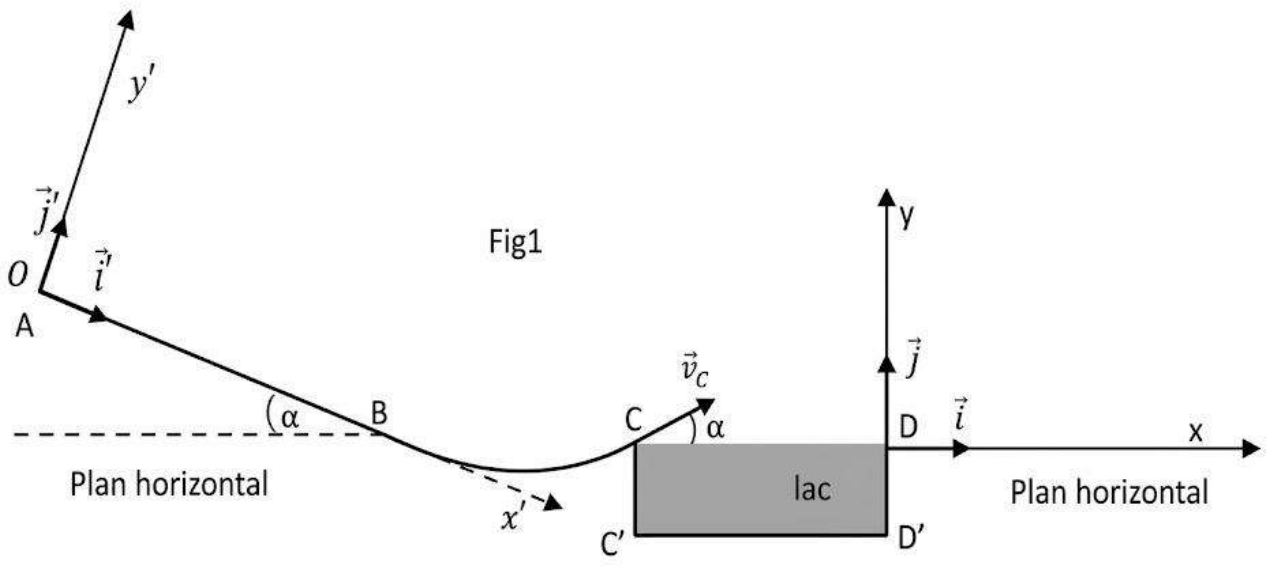
2. L'étape du saut

A l'instant **t=0** que l'on considère comme une nouvelle origine des temps, le skieur quitte la partie **BC** au point **C** avec une vitesse $\mathbf{V_C}$ dont le vecteur $\vec{\mathbf{V}}_C$ forme l'angle $\boldsymbol{\alpha}$**= 20°** avec le plan horizontal. Lors du saut , les équations horaires du mouvement de **(S)** dans le repère $(\mathbf{D}, \tilde{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{j}})$ sont :

$$\mathbf{x(t)} = \mathbf{V_C}.\cos\alpha.\mathbf{t} - \mathbf{15} \quad \text{et} \quad \mathbf{y(t)} = -\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{2}}.\mathbf{t^2} + \mathbf{V_C}\sin\alpha.\mathbf{t}$$

2-1 Déterminer dans le cas où $\mathbf{V_C = 16,27m.s^{-1}}$ les coordonnées du sommet de la trajectoire de **(S)**.

2-2 Déterminer en fonction de **g** et $\boldsymbol{\alpha}$ la condition que doit vérifier la vitesse $\mathbf{V_C}$ pour que le skieur ne tombe pas dans le lac . En déduire la valeur minimale de cette vitesse.



Elomrani

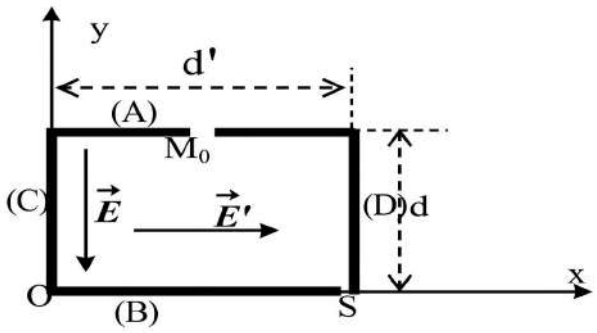
Partie 2 Etude du mouvement d'une particule chargée dans un champ electrique uniforme

Le dispositif ci-contre comprend :

• Deux plaques (A) et (B) horizontales placées dans le vide à une distance $\mathbf{d = 5cm}$ l'une de l'autre et soumises à une tension $\mathbf{U_{AB} = V_A - V_B = 80V}$.

La plaque (A) est trouée en son milieu $\mathbf{M_0}$;

• Deux plaques (C) et (D) verticales placées dans le vide à une distance $\mathbf{d' = 10cm}$ l'une de l'autre et soumises à une tension $\mathbf{U_{CD} = V_C - V_D}$ positive.



Entre les deux paires de plaques règnent les champs électriques $\vec{E}$ et $\vec{E}'$ supposés uniformes.
Un proton est abandonné sans vitesse initiale à partir de $\mathbf{M_0}$ à l'instant $\mathbf{t = 0}$.
Le point $\mathbf{M_0}$ est situé au milieu de la plaque (A).

1) Exprimer en fonction de **e , m , U_{AB} , U_{CD} , d et d'** , les coordonnées du vecteur accélération du proton.

2) En déduire les équations horaires $\mathbf{x(t)}$ **et** $\mathbf{y(t)}$ et l'équation cartésienne de la trajectoire du proton ; Quelle est sa nature ?

3) Quelle doit être la valeur $\mathbf{U_{CD}}$ pour que le proton sorte par le trou **S**.

4) calculer la vitesse du proton au point **S**

5) Déterminer l'angle de déviation du proton par rapport à la verticale passant par $\mathbf{M_0}$

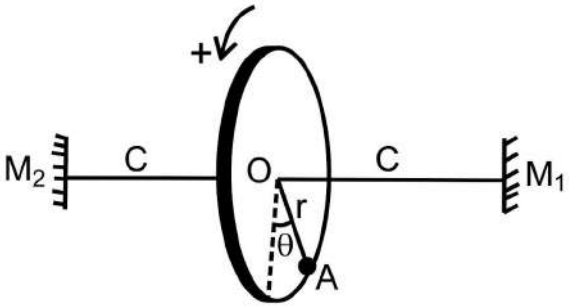
6) on Relie les plaques A et B par un fil métallique de résistance négligeable , les plaques alors se déchargent complétement à travers le fil (**phénomène de Court circuit**)
on considère que le poids de la particule n'est plus négligeable . on conserve les mêmes données de l'exercice .
Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire du proton .

Données : $\mathbf{e = 1,6.10^{-19}C}$; masse du proton $\mathbf{m = 1,6.10^{-27}}$ kg . $\mathbf{g = 10}$ m.s^{-2}
On néglige le poids du proton par rapport aux autres forces

Partie 3 Etude d'un pendule de Tortion

Taraiter chez soi

On considère une poulie **(P)** homogène de rayon **r=6cm** capable de tourner autour d'un axe (Δ) passant par son centre O . son moment d'inertie par rapport à (Δ)
Est $\mathbf{J_0 = 10^{-3}}$ kg .m^2
On fixe la poulie en son centre **O** par deux fils métalliques horizontaux , identiques de masses négligeables ayant chacun une constante de torsion **C**.
On fixe à la périphérie de la poulie une masse ponctuelle **m** en **A**
A l'équilibre les deux fils ne sont pas tordus et le point **A** appartient à la verticale passant par **O**



La position de la masse ponctuelle est repérée a chaque instant t par l'abscisse angulaire $\boldsymbol{\theta}$ que forme **OA** avec la verticale passant par O
On écarte la poulie de sa position d'équilibre dans le sens positif , d'un angle $\boldsymbol{\theta_m}$ puis on la lâche sans vitesse initiale et on constate que la masse oscille autour de sa position d'équilibre stable
On prend **t=0** l'instant de passage de **A** par la position d'équilibre stable pour la première fois

Elomrani

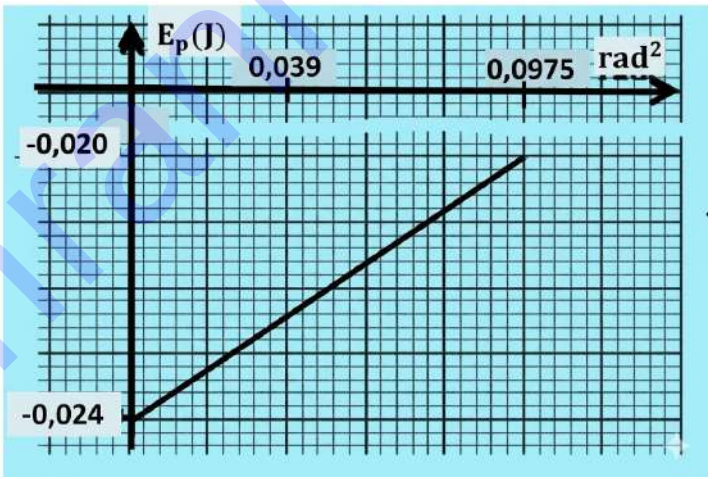
- Les frottements sont négligeables
- On prend $\mathbf{g = 10 m.s^{-2}}$
- On prend le plan horizontal passant par **O** comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur
- On prend comme état de référence de l'énergie potentielle de Tortion lorsque les deux fils ne sont pas tordus
- les oscillations sont faibles donc : $\cos\theta \approx \mathbf{1} - \dfrac{\theta^2}{\mathbf{2}}$ **et** $\sin\theta \approx \theta$ où $\boldsymbol{\theta}$ est exprimé en **radian** ;
- le moment d'inertie de la poulie et la masse **m** par rapport à l'axe (Δ) s'écrit $\mathbf{J_\Delta = J_0 + mr^2}$

On considère le système **(poulie A , les deux fils de tortion)**

1) Montrer que l'énergie potentielle du système , pour un écart angulaire petit , s'écrit $\mathbf{E_p = a\theta^2 + b}$ préciser l'expression littérale des constantes **a** et **b** .
2) Ecrire l'expression de l'énergie mécanique du système
3) Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse angulaire $\boldsymbol{\theta}$ s'écrit $\ddot{\theta} + \alpha\theta = 0$
Préciser l'expression de $\boldsymbol{\alpha}$ en fonction de : $\mathbf{J_0; g; r; m}$ et **C**

4) la solution de l'équation différentielle s'écrit $\theta(\mathbf{t}) = \theta_\mathbf{m} \cos\left(\dfrac{\mathbf{2\pi}}{\mathbf{T_0}}\mathbf{t} + \varphi\right)$
Déterminer l'expression de la période propre $\mathbf{T_0}$ de l'oscillateur en fonction des paramètres du problème.

5) La figure ci-dessous représente les variations de l'énergie potentielle du système en fonction du carré de l'abscisse angulaire $\boldsymbol{\theta^2}$. Déterminer la valeur de :
a- La masse **m**
b- La constante de Tortion **C**
c- L'amplitude des oscillations $\boldsymbol{\theta_m}$
6) Déterminer la valeur de la vitesse angulaire maximale
7) Déterminer l'expression numérique de l'équation horaire du mouvement de la masse ponctuelle



Elomrani

CHIMIE

Bac Blanc 9 (SM) Rép : Acide-Base, Estérification, Suivi Cinétique et Saponification

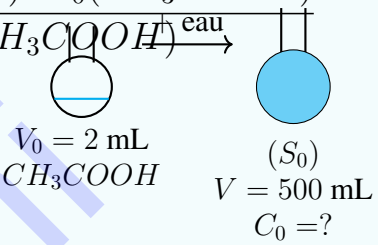
Partie 1 : Étude de l'acide éthanoïque et Dosage

1) 1-1 Concentration C_0

$$C_0 = \frac{n(CH_3COOH)}{V(S_0)}$$

$$n(CH_3COOH) = \frac{m(CH_3COOH)}{M(CH_3COOH)} = \frac{\rho(CH_3COOH) \cdot V_0(CH_3COOH)}{M(CH_3COOH)}$$

$$= \frac{d \times \rho_e \times V_0}{M} \quad \left(d = \frac{\rho}{\rho_e}\right)$$



Donc :

$$C_0 = \frac{d \times \rho_e \times V_0}{M \cdot V(S_0)} = \frac{1,05 \times 1 \text{ g/cm}^3 \times 2 \text{ mL}}{60 \times 500 \text{ mL} \cdot 10^{-3} \text{ L}} \quad (1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3)$$

$$\boxed{C_0 = 7 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

1-2 Équation de la réaction

$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$					
C_0V		$-$		0	0
$C_0V - x_f$		$-$		x_f	x_f

$$K_A = \frac{[H_3O^+]_f[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C_0 - [H_3O^+]_f}$$

$$[H_3O^+]_f^2 = K_A(C_0 - [H_3O^+]_f) \implies [H_3O^+]_f^2 + K_A[H_3O^+]_f - K_AC_0 = 0$$

$$a \cdot x^2 + B \cdot x + C = 0 \implies \Delta = K_A^2 - 4(1)(-K_AC_0) = K_A^2 + 4K_AC_0$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{-K_A + \sqrt{K_A^2 + 4K_AC_0}}{2}$$

$$pH = -\log[H_3O^+]_f = -\log\left(\frac{-K_A + \sqrt{K_A^2 + 4K_AC_0}}{2}\right)$$

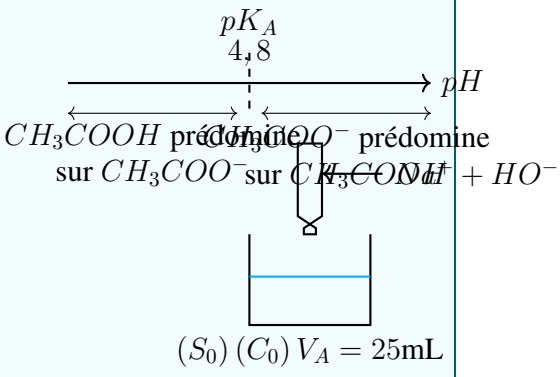
$$= -\left(\log\left(\sqrt{K_A^2 + 4K_AC_0} - K_A\right) - \log 2\right)$$

Elomrani

$$pH = \log 2 - \log\left(\sqrt{K_A^2 + 4K_A C_0} - K_A\right)$$

1-3 $\tau = \frac{x_f}{x_m}$

$\tau = \dfrac{10^{-pH}}{C_0}$ / calcul de $pH \Longrightarrow pH \simeq 2,98$



donc $\tau \simeq 0,015 = 1,5\%$

1-4 Prédominance $pH = 2,98 < pK_A = 4,8$. Donc CH_3COOH **prédomine sur la base** CH_3COO^-.

2°) 2-1 Cours ; 2-2 Équation de dosage

$$CH_3COOH + HO^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2O$$

Suite Dosage et Réponses aux questions

b) $pH = 7$ **(Faux, réaction du dosage produits** CH_3COO^- **(base) et** H_2O **(neutre)** $\Longrightarrow pH_e > 7$**).**
c) $(n(CH_3COOH)_{eq}$ et $n(HO^-)_{eq}) = 0$ **(Vrai, équivalence,** CH_3COOH **et** HO^- **deux réactifs limitants).**
d) $n_{eq}(CH_3COOH) \neq 0$ **(Faux).**

2-3-2 Calcul de C_0

$$C_0 = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{8,75 \cdot 10^{-2} \times 20}{25} \Longrightarrow C_0 = 7 \cdot 10^{-2} \textbf{ mol/L}$$

2-4 $pH = ?$ $V_B = \frac{2V_{BE}}{3}$

	CH_3COOH	$+$ HO^-	$\longrightarrow$ CH_3COO^-	$+$ H_2O
Initial	C_0V_A	C_BV_B	0	
En cours	$C_0V_A - x_m$	$C_BV_B - x_m$	x_m	

$$pH = pK_A + \log\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = pK_A + \log\left(\frac{x_m}{C_0V_A - x_m}\right)$$

calcul de x_m : on a $V_B = \frac{2}{3}V_{BE} = 0,67V_{BE} < V_{BE}$. Puisque $V_B < V_{BE}$ donc on Travaille avant l'équivalence. Donc le réactif limitant est $HO^- \Longrightarrow x_m =$

Elomrani

C_BV_B. Alors :

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{C_BV_B}{C_0V_A - C_BV_B}\right) \quad \text{et } C_0V_A = C_BV_{BE}$$

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{C_BV_B}{C_BV_{BE} - C_BV_B}\right) = pK_A + \log\left(\frac{V_B}{V_{BE} - V_B}\right)$$

données : $V_B = \frac{2}{3}V_{BE}$.

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{\frac{2V_{BE}}{3}}{V_{BE} - \frac{2V_{BE}}{3}}\right) = pK_A + \log\left(\frac{\frac{2V_{BE}}{3}}{\frac{V_{BE}}{3}}\right)$$

$$pH = pK_A + \log(2) = 4,8 + \log 2 \implies pH \simeq 5,1$$

3°/ Estérification

$CH_3COOH + R-OH \rightleftharpoons CH_3COOR + H_2O$				
n_0	n_0		0	0
$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$		x_f	x_f

$n(CH_3COOR)_f = n_e = x_f$.

3-1 Identification des courbes : Rappel : La Vitesse de réaction dépend de : Composition initiale : $n_i(CH_3COOH), n_i(R-OH)$ et la Température (θ) et catalyseur. plus n_i est grande et θ grande et présence de catalyseur $\implies$ V grande.

Courbes : courbe 2 atteint l'état final avant 3 et (3 avant 4) et (4 avant 1) donc $V_{②} > V_{③} > V_{④} > V_{①}$

Tableau : Expérience (c) n_i(Acide) et n_i(alcool) : plus grande par rapport aux autres Exp(a, d) et plus grande Temp ($\theta_2 > \theta_1$) et présence de catalyseur donc V(Exp. c) grande c'est-à-dire : Courbe 2.

Courbe ② $\longrightarrow$ Expérience (c)

Expérience : (d) n_i petite / autre et θ_1 + pas de catalyseur $\implies$ $V(d)$ plus petite $\longrightarrow$ Courbe ①.

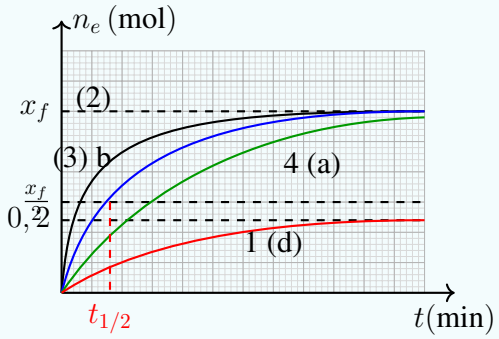
Courbe ① $\longrightarrow$ Expérience (d)

Expériences (a) et (b) : même n_i mais $\theta_2(b) > \theta_1(a) \implies V(b) > V(a)$. donc Courbe ③ > Courbe ④.

$$V_2 > V_3 > V_4 > V_1 \implies \text{(c)} > \text{(b)} > \text{(a)} > \text{(d)}$$

Elomrani

L'expérience	$n_0(Ac)$	$n_0(Al)$	Temp.	Cat.
(a) (Courbe 4)	0,6	0,6	θ_1	Aucun
(b) (Courbe 3)	0,6	0,6	$\theta_2 > \theta_1$	Aucun
(c) (Courbe 2)	0,6	0,6	θ_2	Oui
(d) (Courbe 1)	0,3	0,6	θ_1	Aucun



3-2 à 3-4 : Cinétique et Constante d'équilibre

3-2 à $t = t_{1/2}$ $x = \frac{x_f}{2} = \frac{n_e}{2}$ (Tableau d'AV : $n_e = x$) courbe **(b)** (ou 3) : d'après la courbe $t_{1/2} \simeq 3,5$ min donc la proposition (13 min) est **fausse**.

3-3 Vitesse volumique

$$V = \frac{1}{V_S}\frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_S}\frac{d(n_e)}{dt} = \frac{1}{62 \cdot 10^{-3}}\left(\frac{0,25 \text{ mol} - 0}{10 \text{ min} - 0}\right) \Longrightarrow V = 0,4 \textbf{ mol} \cdot \textbf{L}^{-1} \cdot \textbf{min}^{-1}$$

3-4 Courbe ① (d) $Q_r = 1,6$

$$Q_r = \frac{[CH_3COOR](t) \cdot [H_2O](t)}{[CH_3COOH](t) \cdot [ROH](t)} = \frac{\frac{x}{V} \cdot \frac{x}{V}}{\frac{0,3-x}{V} \cdot \frac{0,6-x}{V}} = \frac{x^2}{(0,3-x)(0,6-x)}$$

$$Q_r(0,3-x)(0,6-x) = x^2$$

$$1,6(0,18 - 0,9x + x^2) = x^2 \Longrightarrow 1,6(0,18) - 1,6(0,9x) + 1,6x^2 = x^2$$

$$0,288 - 1,44x + 1,6x^2 = x^2$$

$$0,6x^2 - 1,44x + 0,288 = 0$$

$$\Delta = (-1,44)^2 - 4(0,6 \times 0,288) = 1,5264 \Longrightarrow \sqrt{\Delta} \simeq 1,235$$

$$x = \frac{1,44 \pm 1,235}{2(0,6)} \Longrightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{1,44+1,235}{1,2} \simeq 2,23 \text{ mol} \\ x_2 = \frac{1,44-1,235}{1,2} = 0,17 \text{ mol} \end{cases}$$

On a $\begin{cases} n(CH_3COOH) = 0,3 - x > 0 \\ n(R-OH) = 0,6 - x > 0 \end{cases} \Longrightarrow x < 0,3$ et $x < 0,6$. La valeur qui vérifie $x < 0,3$ et $x < 0,6 \Longrightarrow x = 0,17$ **mol** *(Note ms : corrigé à* $\simeq 0,18$ *selon l'arrondi).* d'après le graphe : projection de $x \simeq 0,18$ mol sur la courbe ① donne $t \simeq 18$ min.

* calcul du rendement de l'estérification ($t = 18$m) :

$$\Gamma = \frac{x_f}{x_m} = \frac{x}{x_m} = \frac{0,18}{0,3} \Longrightarrow \Gamma = 60\%$$

Elomrani

Partie 2 : Dosage de l'acide restant

1) STOPper la réaction pour doser la quantité d'acide formée (Trempe).

2) Quantités initiales

$$n_i(C_2H_5OH) = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{0,8 \times 34,5}{46} = 0,6 \text{ mol}$$

$$n_i(CH_3COOH) = 0,6 \text{ mol} \quad \text{(données)}$$

$$n_i(C_2H_5OH) = n_i(CH_3COOH) \implies \text{mélange initial équimolaire}$$

3) et 4) (Éthanoate d'éthyle)

$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$				
$0,6$	$0,6$	▮	0	0
$0,6-x$	$0,6-x$	▮	x	x
$0,6-x_f$	$0,6-x_f$	▮	x_f	x_f

5°) Dosage : on dose la quantité de matière d'acide CH_3COOH qui reste : $n(CH_3COOH)_{\textbf{dosée}}(t) = 0,6 - x(t)$. X : l'avancement de la réaction du Dosage. x : l'avancement de réaction d'estérification.

$CH_3COOH + HO^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2O$				
$(0,6-x)$	C_BV_B	▮	0	$-$
$(0,6-x)-X_m$	$C_BV_B - X_m$	▮	X_m	$-$

à l'équivalence : CH_3COOH et HO^- 2 R.L.

$$n_f(CH_3COOH) = 0 \implies (0,6-x) - X_{\max} = 0 \implies X_{\max} = 0,6 - x$$

$$n_f(HO^-) = 0 \implies C_BV_{BE} - X_{\max} = 0 \implies X_{\max} = C_BV_{BE}$$

donc $0,6 - x(t) = C_BV_{BE} \implies x(t) = 0,6 - C_BV_{BE}$

6°) calcul de $x(eq)$ On a : $n(\text{acide})_{(t)} = 0,6 - x(t)$. À l'équilibre, d'après la courbe $n(\text{acide})_{eq} = 0,2$ mol.

$$n(CH_3COOH)_{eq} = 0,6 - x_{eq} = 0,2 \implies x_{eq} = 0,4 \textbf{ mol}$$

Composition du mélange :

$$n(CH_3COOH)_{eq} = n(C_2H_5OH)_{eq} = 0,2 \text{ mol} \quad / \quad n(CH_3COOC_2H_5) = n(H_2O) = 0,4$$

7°) $K = \frac{[\textbf{ester}]_{eq}[H_2O]_{eq}}{[\textbf{Acide}]_{eq}[\textbf{Alcool}]_{eq}} = \frac{0,4/V \cdot 0,4/V}{0,2/V \cdot 0,2/V} \implies K = 4$

8°) $r = \frac{n(\textbf{ester})_{\exp}}{n(\textbf{ester})_{th}} = \frac{x_f}{x_m} = \frac{0,4}{0,6} \implies r \simeq 0,67 = 67\%$

Elomrani

9°) $V = \frac{1}{V(S)}\frac{dx}{dt}$ On a : $n_a = n(CH_3COOH) = 0,6 - x \Longrightarrow \frac{d}{dt}n_a = -\frac{dx}{dt}$. donc $V = -\frac{1}{V(S)}\frac{d(n_a)}{dt} = -\frac{1}{68\cdot10^{-3}\text{ L}}\left(\frac{0,3-0,45}{(40-0)\cdot60\text{ s}}\right)$ (Coeff dir Tangente).

$$V \simeq 9 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

(Note : calcul donné en min^{-1})

10°) Saponification $X \rightarrow (CH_3COO^- + Na^+)$. Éthanoate de sodium. * réaction Hydrolyse basique de l'ester.

$CH_3COOC_2H_5 + (Na^+ + HO^-) \longrightarrow (CH_3COO^- + Na^+) + C_2H_5OH$				
$0,4$ mol	$C_0V_0 = 7,5 \cdot 10^{-5}$	▌	0	0
$0,4 - x_m$	$7,5 \cdot 10^{-5} - x_m$		x_m	x_m

$x_m = 7,5 \cdot 10^{-5}$ mol.

$m(CH_3COONa)_f = n(CH_3COONa)_f \cdot M = x_m \cdot M \Longrightarrow m(CH_3COONa)_f = 6,15 \cdot$

PHYSIQUE : 2

Partie 1 : Oscillations libres dans un circuit LC et Énergie

Elomrani

1) 1-1 $E = U_1 + U_2$ (Partie 1) on a : $q_1 = C_1U_1$ et $q_2 = C_2U_2$ puisque C_1 et C_2 en série, donc $q_1 = q_2$. $C_1U_1 = C_2U_2$ (avec $C_2 = 0,5C_1$)

$$C_1U_1 = 0,5C_1 \cdot U_2 \implies U_1 = 0,5U_2$$

$$E = U_1+U_2 = 0,5U_2+U_2 = 1,5U_2 \implies U_2 = \frac{E}{1,5}$$

(Avec $E = 12$V d'après l'exercice précédent) $\implies U_2 = \frac{12}{1,5} = 8$V

$U_2 =$ 8 V **et** $U_1 = 4$ V

2°) 2-1

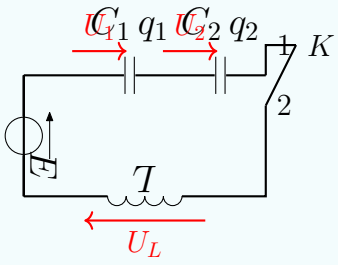
$$U_C + U_L = 0$$

$$U_C + L\frac{di}{dt} = 0 \quad \left(i = C_{eq} \cdot \frac{dU_C}{dt}\right)$$

$$U_C + LC_{eq}\frac{d^2U_C}{dt^2} = 0$$

$$LC_{eq}\frac{d^2U_C}{dt^2} + U_C = 0$$

$$\frac{d^2U_C}{dt^2} + \frac{1}{LC_{eq}}U_C = 0$$

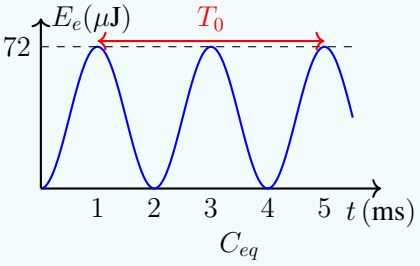


On a : $\left(\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$ avec $(C_2 = 0,5C_1) \implies \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{2}{C_1} = \frac{3}{C_1} \implies$

$C_{eq} = \frac{C_1}{3}$

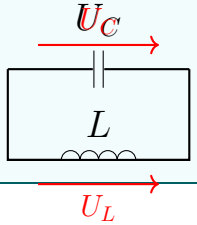
$\frac{d^2U_C}{dt^2} + \frac{3}{LC_1}U_C = 0$

2-2 $U_C = E\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \implies \frac{d^2U_C}{dt^2} = -\frac{4\pi^2}{T_0^2}U_C$ on remplace dans l'équation diff $\implies$ $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{LC_1}{3}}$



2-3 T_0 **(courbe d'énergie avec 3 crêtes consécutives)**

$T_0 = 4{\cdot}10^{-3}$ s $\implies T_0^2 = \frac{4\pi^2LC_1}{3} \implies$ $L = 0,4$ **H**



2-4 $E_T = \frac{1}{2}C_{eq}U_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$

Elomrani

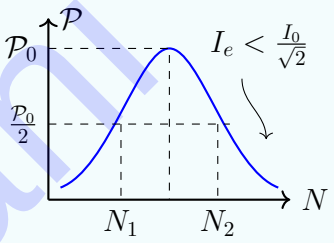
Partie 2 : Circuit RLC en régime forcé et Puissance

1) Calcul de R : On a : $U = ZI_e$. À la résonance : $Z = R+r = R \quad (r = 0)$. donc $R = \frac{U}{I_{e(\text{Résonance})}} = \frac{30\text{V}}{0{,}3\text{A}} \Longrightarrow \boxed{R = 100\,\Omega}$

2) Fréquence de résonance N_0

$$N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,32 \times 5 \cdot 10^{-6}}} \Longrightarrow \boxed{N_0 \simeq 126\ \textbf{Hz}}$$

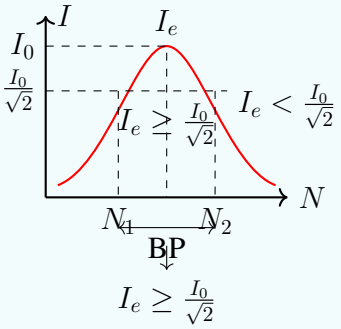
3°) Comparaison de $\mathcal{P}$ et $\mathcal{P}_0$ On a : $\mathcal{P} = I \cdot U \cdot \cos\varphi$ * aux bornes de la bande passante : $|\varphi| = \pi/4$ et $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$. donc $\mathcal{P} = U \cdot \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\pm\pi/4) = \frac{U \cdot I_0}{2} \quad \left(\cos(\pm\pi/4) = \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$. * aux bornes de la bande passante $\mathcal{P} = \frac{U \cdot I_0}{2} = \frac{\mathcal{P}_0}{2}$ ① * à la résonance $\mathcal{P}_0 = U \cdot I_0 \cdot \cos(0) = U \cdot I_0$ ② ① et ② $\Longrightarrow \boxed{\mathcal{P} = \frac{\mathcal{P}_0}{2}}$



4) $\mathcal{P}_{ext}$: puissance à l'extérieur de la bande passante

$$\mathcal{P}_{ext} = U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad \left(\text{avec } I < \frac{I_0}{\sqrt{2}}\right)$$

$I < \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ donc $I \cdot \cos\varphi < \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cos\varphi < \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ (car $\cos\varphi < 1$)



$$I \cdot \cos\varphi < \frac{I_0}{\sqrt{2}} \Longrightarrow I \cdot U \cdot \cos\varphi < \frac{I_0 \cdot U}{\sqrt{2}}$$

$$\Longrightarrow \mathcal{P}_{ext} < \frac{\mathcal{P}_0}{\sqrt{2}}$$

$$\mathcal{P}_{ext} < \frac{\mathcal{P}_0\sqrt{2}}{2} \Longrightarrow \boxed{\mathcal{P}_{ext} < \mathcal{P} \cdot \sqrt{2}} \quad \left(\frac{\mathcal{P}_0}{2} = \mathcal{P}\right)$$

---

3 Puissance : 1) générale $\mathcal{P} = I \cdot U \cdot \cos\varphi = \mathcal{P}_{ext}$ (hors B. passante) 2) résonance $\mathcal{P}_0 = I_0 \cdot U$ 3) aux bornes de la Bande Passante $\mathcal{P}$

$$\mathcal{P}_{ext} < \mathcal{P}\sqrt{2} \quad // \quad \mathcal{P} = \frac{\mathcal{P}_0}{2}$$

Elomrani

PHYSIQUE : 3

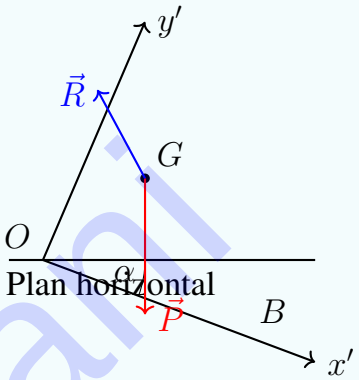
Partie 1 : Mouvement d'un skieur sur un plan incliné et chute parabolique

Partie 1 : Étude du mouvement (Skieur)

1-1) Système étudié : (Le skieur) Bilan des forces : Le skieur est soumis sur la partie AB aux forces suivantes : $\vec{P}$: Poids du skieur et $\vec{R}$: Force exercée par le plan de contact.

En appliquant la $2^{\text{ème}}$ loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$$



Par projection sur l'axe (O, x') :

$$P\sin\alpha - f = ma_x \implies f = P\sin\alpha - ma_x$$

c'est-à-dire : $f = m(g\sin\alpha - a)$

Par projection sur l'axe (O, y') :

$$-P\cos\alpha + R_N = 0 \implies R_N = mg\cos\alpha$$

Et on a : $\tan\varphi = \frac{R_T}{R_N}$ Donc : $\tan\varphi = \frac{m(g\sin\alpha - a)}{mg\cos\alpha} = \frac{g\sin\alpha - a}{g\cos\alpha}$

1-2) On a : $v_B = at_B + v_0$ avec : $v_0 = 0$ donc : $v_B = at_B \implies a = \frac{v_B}{t_B} = \frac{20}{10} = 2$ m/s^2

$$\text{D'où : } \tan\varphi = \frac{9,8\sin(20°) - 2}{9,8\cos(20°)} = 0,147$$

1-3) On a : $R = \sqrt{R_N^2 + R_T^2} = \sqrt{R_N^2 + R_N^2\left(\frac{R_T^2}{R_N^2}\right)} = R_N\sqrt{1 + \left(\frac{R_T}{R_N}\right)^2} = mg\cos\alpha\sqrt{1 + (\tan\varphi)^2}$

$$\text{A.N : } R = 80 \times 9,8\cos(20°)\sqrt{1 + (0,147)^2} \implies \boxed{R = 744,6\ \mathbf{N}}$$

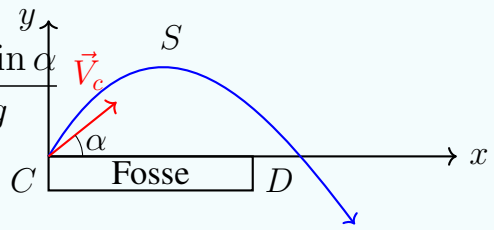
2-1) On a :

$$\begin{cases} x = V_c \cdot \cos\alpha \cdot t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_c \cdot \sin\alpha \cdot t \end{cases}$$

Elomrani

Et on a au sommet S : $\dot{y} = 0$

$$V_y = -gt_s + V_c \sin\alpha = 0 \implies t_s = \frac{V_c \sin\alpha}{g}$$



D'où les coordonnées du sommet S :

$$\begin{cases} x_s = \frac{V_c^2 \sin\alpha\cos\alpha}{g} - 15 \\ y_s = -\frac{1}{2}g\left(\frac{V_c\sin\alpha}{g}\right)^2 + V_c\sin\alpha\left(\frac{V_c\sin\alpha}{g}\right) = \frac{V_c^2(\sin\alpha)^2}{2g} \end{cases} \implies \text{A.N} : \begin{cases} x_s = \frac{16{,}27^2 \sin 20\cos 20}{9{,}8} \\ y_s = \frac{16{,}27^2 \sin^2 20}{2\times 9{,}8} \simeq \end{cases}$$

2-2) Pour ne pas tomber dans la fosse, le skieur doit atterrir au point D ou le dépasser. Soit P le point de chute du skieur : la portée x_p correspond à $y_p = 0$.

$$\frac{1}{2}gt_P^2 + V_c\sin\alpha \cdot t_P = 0 \implies t_P\left(V_c\sin\alpha - \frac{gt_P}{2}\right) = 0$$

La 1ère solution $t_P = 0$ correspond au point de départ, et la 2ème solution correspond au point de chute P : $V_c\sin\alpha - \frac{gt_P}{2} = 0 \implies t_P = \frac{2V_c\sin\alpha}{g}$. D'où la portée :

$$x_p = V_c\cos\alpha \cdot t_P - 15 = V_c\cos\alpha \times \frac{2V_c\sin\alpha}{g} - 15 = \frac{V_c^2 \times \sin 2\alpha}{g} - 15$$

Pour que le skieur ne tombe pas dans la fosse, la portée doit être : $x_p \geq 0$ soit $\frac{V_c^2 \times \sin 2\alpha}{g} - 15 \geq 0$.

Donc : $V_c \geq \sqrt{\frac{15g}{\sin 2\alpha}}$ La valeur minimale de cette vitesse est : $V_{c\,\min} = \sqrt{\frac{15 \times 9{,}8}{\sin 40°}}$

Elomrani

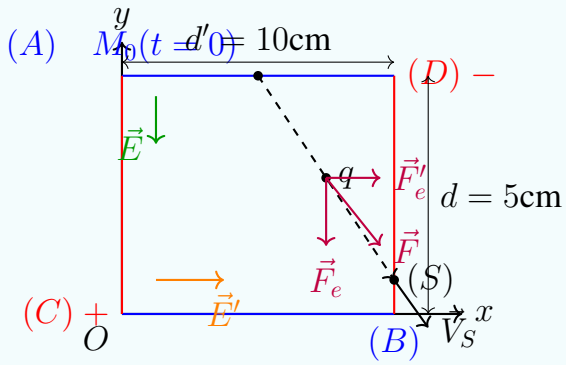
PHYSIQUE : 2

Partie 2 : Déviation d'une particule chargée dans un champ électrique

Partie 2 : Mouvement dans un condensateur

$\begin{cases} U_{AB} = V_A - V_B = 80\text{ V} > 0 \implies (V_A > V_B) \quad (A(+) \text{ et } B(-)) \\ d = 5\text{ cm} \end{cases}$

$\begin{cases} U_{CD} = V_C - V_D > 0 \implies (V_C > V_D) \quad (C(+) \text{ et } D(-)) \\ d' = 10\text{ cm} \end{cases}$



Proton $q = e > 0$ À $t = 0$ au point M_0 et $V_0 = 0$.

1°) $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \implies \vec{F}_e + \vec{F}_{e'} = m\vec{a}$

Donc : $q\vec{E} + q\vec{E}' = m\vec{a} \implies \vec{a} = \frac{q}{m}(\vec{E} + \vec{E}')$

$\downarrow \vec{Ox}$: $q(E(x)+E'(x)) = ma_x \implies q(0+E') = ma_x \implies a_x = \frac{qE'}{m} = \frac{eE'}{m}$

$\downarrow \vec{Oy}$: $q(E_y + E'_y) = ma_y \implies q(-E+0) = ma_y \implies a_y = \frac{-qE}{m} = \frac{-eE}{m}$

$$\vec{a}\begin{pmatrix} a_x = \frac{eE'}{m} \\ a_y = \frac{-eE}{m} \end{pmatrix} \implies \vec{a}\begin{pmatrix} a_x = \frac{e\cdot U_{CD}}{m\cdot d'} \\ a_y = \frac{-e\cdot U_{AB}}{m\cdot d} \end{pmatrix}$$

2°) Équations horaires et Trajectoire $\frac{d}{dt}V_x = a_x = \frac{eE'}{m} \implies V_x(t) = \frac{eE'}{m}t + V_{0x} \implies x(t) = \frac{eE'}{2m}t^2 + x_0$ $x_0 = x(t=0) = x(M_0) = \frac{d'}{2} \implies$ $x(t) = \frac{eE'}{2m}t^2 + \frac{d'}{2}$ ①

$\frac{d}{dt}V_y = a_y = \frac{-eE}{m} \implies V_y(t) = \frac{-eE}{m}t + V_{0y}$ $\frac{d}{dt}y(t) = V_y(t) = \frac{-eE}{m}t \implies$ $y(t) = \frac{-eE}{2m}t^2 + y_0$ $y_0 = y(t=0) = y(M_0) = d \implies$ $y(t) = \frac{-eE}{2m}t^2 + d$ ②

équation ① $\implies \frac{eE'}{2m}t^2 = x - \frac{d'}{2}$; équation ② $\implies \frac{eE}{2m}t^2 = d - y$ En divisant ②/① :

$$\implies \frac{\frac{eE}{2m}t^2}{\frac{eE'}{2m}t^2} = \frac{d-y}{x-d'/2} \implies \frac{E}{E'} = \frac{d-y}{x-d'/2}$$

On a $E = \frac{U_{AB}}{d}$ et $E' = \frac{U_{CD}}{d'}$.

$$\frac{U_{AB}/d}{U_{CD}/d'} = \frac{d-y}{x-d'/2} \implies \frac{U_{AB}}{U_{CD}} \times \frac{d'}{d} = \frac{d-y}{x-d'/2}$$

Sachant que $d' = 10$ cm et $d = 5$ cm $\implies d' = 2d \implies \frac{d'}{d} = 2$.

$$\implies 2\frac{U_{AB}}{U_{CD}} = \frac{d-y}{x-d} \implies (d-y)U_{CD} = 2\cdot U_{AB}(x-d)$$

$$\implies y(x) = -\frac{2U_{AB}}{U_{CD}}x + \frac{2U_{AB}d}{U_{CD}} + d \implies y(x) = -\frac{160}{U_{CD}}x + \frac{8}{U_{CD}} + 5\cdot 10^{-2}$$

Elomrani

$y(x) = ax + b$ avec $a = -\frac{160}{U_{CD}}$ et $b = \frac{8}{U_{CD}} + 5 \cdot 10^{-2}$. équation d'une droite $\longrightarrow$ **La Trajectoire est Rectiligne**. Sa Nature : $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} =$ cte $\neq 0 \implies$ Mvt Rectiligne uniformément Varié et accéléré.

3° à 5° : Calcul de U_{CD}, Vitesse et Angle de déviation

3°) Calcul de U_{CD}

$$y = -\frac{160}{U_{CD}}x + \frac{8}{U_{CD}} + 5 \cdot 10^{-2}$$

le proton quitte par le Trou (S) $\longrightarrow y(S) = 0$.

$$y(S) = -\frac{160 \cdot x(S)}{U_{CD}} + \frac{8}{U_{CD}} + 5 \cdot 10^{-2} \quad (y(S) = 0 \text{ et } x(S) = d')$$

$$\implies 0 = -\frac{160 \cdot d'}{U_{CD}} + \frac{8}{U_{CD}} + 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\implies \frac{1}{U_{CD}}(8 - 160d') = -5 \cdot 10^{-2} \implies U_{CD} = \frac{8 - 160(0,1)}{-5 \cdot 10^{-2}} \implies U_{CD} = 160 \text{ V}$$

4°) Calcul de V(S)

$$V_{(S)} = \sqrt{V_{x(S)}^2 + V_{y(S)}^2}$$

$$\begin{cases} V_{x(S)} = \frac{eE'}{m}t(S) = 1,6 \cdot 10^{11} \cdot t_S \\ V_{y(S)} = \frac{-eE}{m}t(S) = -1,6 \cdot 10^{11} \cdot t_S \end{cases}$$

$\left(E' = \frac{U_{CD}}{d'} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ V/m}\right)$
$\left(E = \frac{U_{AB}}{d} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ V/m}\right)$

calcul de $t(S)$:

$$x_{(S)} = \frac{eE'}{2m}t^2 + \frac{d'}{2} \implies 8 \cdot 10^{10}t^2 + 5 \cdot 10^{-2} = d' =$$

$$t^2(S) = \frac{0,1 - 5 \cdot 10^{-2}}{8 \cdot 10^{10}} \implies t(S) = 7,9 \cdot 10^{-7}$$ s

$$V_{x(S)} = 1,264 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad ; \quad V_{y(S)} = -1,264 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

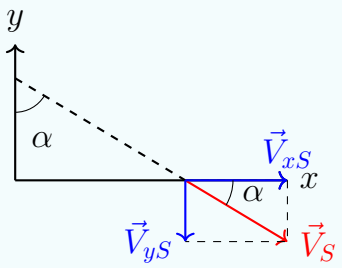
$$V(S) \simeq 1,79 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Elomrani

5°) Calcul de l'angle de déviation (α)

1ère méthode :

$$\tan(\alpha) = \frac{d'/2}{d} = \frac{5}{5} = 1 \longrightarrow \alpha = 45°$$



2ème méthode :

$$\tan\alpha = \left|\frac{V_{y(S)}}{V_{x(S)}}\right| = 1 \longrightarrow \alpha = 45°$$

Elomrani

Chimie

Partie 1

Pour obtenir une solution aqueuse ($\mathbf{S_1}$) de concentration $\mathbf{C_1}$, d'acide 2-chloroéthanoïque $\mathbf{ClCH_2 - CO_2H}$, on dissout une masse $\mathbf{m = 1,89}$ g de cet acide pur dans la quantité d'eau nécessaire pour préparer un volume $\mathbf{V = 2,00}$ L . Le pH de cette solution vaut **2,5** à **25 °C**.

Données

- La masse molaire d'acide 2-chloroéthanoïque est $\mathbf{94,5}$ g.mol^{-1}.
- la constante liée au produit ionique $\mathbf{pKe(25°C) = 14}$

1) Écrire l'équation chimique de la réaction entre l'acide 2-chloroéthanoïque et l'eau.

2) calculer le pourcentage des molécules d'acide 2-chloroéthanoïque dissociées dans la solution ($\mathbf{S_1}$)

3) Montrer que le taux d'avancement final de la réaction étudiée est $\tau = \dfrac{\mathbf{K}}{(\mathbf{K} + 10^{-\mathbf{pH}})}$

$\mathbf{K}$ représente la constante d'équilibre

4) déterminer la valeur de la constante $\mathbf{pK_A}$ du couple Acide – base étudié

5) On considère une solution aqueuse ($\mathbf{S_2}$) de soude ($\mathbf{Na^+, HO^-}$), de concentration en soluté apporté $\mathbf{C_B = 1,0.10^{-2}}$ mol.L^{-1}. La dissolution de la soude dans l'eau est une transformation totale.

Montrer que l'expression de pH de la solution ($\mathbf{S_2}$) est : $\mathbf{pH = \log C_B + pK_e}$, calculer la valeur de $\mathbf{pH}$

6) On ajoute à la solution ($\mathbf{S_1}$) , un volume de la solution ($\mathbf{S_2}$) . On obtient une solution ($\mathbf{S_3}$) de $\mathbf{pH = pK_A + 1}$

6.1. Quelle est l'espèce du couple qui prédomine dans la solution ($\mathbf{S_3}$) ?

6.2. Vérifier qu'à l'équilibre on a $\mathbf{[ClCH_2 - CO_2^-] = 10[ClCH_2 - CO_2H]}$

7) on considère une solution ($\mathbf{S_4}$) d'acide chlorhydrique ($\mathbf{H_3O^+ + Cl^-}$) de concentration molaire $\mathbf{C_A = 5,0.10^{-3}}$ mol.L^{-1}

La dissociation de l'acide chlorhydrique dans l'eau est une transformation totale

On mélange le même volume $\mathbf{V = 50mL}$ des solutions ($\mathbf{S_2}$) et ($\mathbf{S_4}$) ; calculer le pH du mélange

Partie 2

On prépare une solution (S) en mélangeant un quantité de matière $\mathbf{n_1 = 2,5.10^{-3}}$ mol d'acide méthanoïque $\mathbf{HCOOH_{(aq)}}$ de volume $\mathbf{V = 50mL}$ et $\mathbf{n_2 = 5.10^{-3}}$ mol d'une solution d'éthanoate de sodium ($\mathbf{Na^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}}$) de même volume $\mathbf{V}$

Données

Conducteurs molaires ioniques à $\mathbf{25°C}$

$\lambda_1(\mathbf{HCOO^-}) = \mathbf{5,46}$ mS.m^2.mol^{-1} $*$ $\lambda_2(\mathbf{CH_3COO^-}) = \mathbf{4,09}$ mS.m^2.mol^{-1} $*$ $\lambda_3(\mathbf{Na^+}) = \mathbf{5,02}$ mS.m^2.mol^{-1}

Les deux couples Acide – base mis en jeux au cours de la réaction sont : $\mathbf{HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}}$ et $\mathbf{CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}}$. la constante de la cellule conductimétrique est $\mathbf{K_0 = 1}$ m

on donne $\mathbf{pK_{A1}(CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}) = 4,8}$ **et** $\mathbf{pK_{A2}(HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}) = 3,8}$

1) Ecrire l'équation chimique de la réaction qui se produit au cours du mélange des deux solutions, puis compléter le tableau descriptif

2) Montrer que l'expression de la conductance $\mathbf{G}$ du mélange à l'équilibre s'écrit : $\mathbf{G = 27,4.x_{éq} + 0,911}$ (S)

$\boldsymbol{x}_{éq}$ représente l'avancement de la réaction a l'équilibre

3) Exprimer la constante d'équilibre $\mathbf{K}$ de la réaction étudiée en fonction de $\boldsymbol{x}_{éq}$, $\mathbf{n_1, n_2}$ puis en fonction de $\mathbf{pK_{A1}}$ et $\mathbf{pK_{A2}}$, calculer $\mathbf{K}$ et vérifier que $\boldsymbol{x}_{éq}$ peut prendre les valeurs **6mmol** et **2,28**

Elomrani

mmol

4) Déterminer le taux d'avancement final de la réaction

5) Calculer le pH de la solution (S)

6) Déterminer la concentration molaire des ions $\mathbf{HCOO^-}$ dans le mélange réactionnel a l'état final

Partie 3 Etude de la pile nickel – cobalt

Le fonctionnement d'une pile chimique est basé sur la transformation d'une partie de l'énergie chimique, résultant des transformations chimiques, en énergie électrique.

On étudie dans cette partie la pile nickel-cobalt.

Données : - Masse molaire du Nickel : $\mathbf{M(Ni) = 58,7}$ g.mol^{-1}

- Constante de Faraday : $\mathbf{1F = 9,65.10^4}$ C.mol^{-1}

La constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction : $\mathbf{Ni^{2+}_{(aq)} + Co_{(s)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + Co^{2+}_{(aq)}}$ est $\mathbf{K = 10^2}$ à $\mathbf{25°C}$

On réalise une pile, en plongeant une plaque de nickel dans un bécher contenant un volume $\mathbf{V = 100mL}$ d'une solution aqueuse de sulfate de nickel II : $\mathbf{Ni^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}}$ de concentration molaire initiale : $\mathbf{C_1 = [Ni^{2+}_{(aq)}]_i = 3.10^{-2}}$ mol.L^{-1}, et une plaque de cobalt dans un autre bécher contenant un volume $\mathbf{V = 100mL}$ d'une solution aqueuse de sulfate de cobalt II : $\mathbf{Co^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}}$ de concentration molaire initiale $\mathbf{C_2 = [Co^{2+}_{(aq)}]_i = 0,3}$ mol.L^{-1} . Les deux solutions sont reliées par un pont salin .

On monte en série avec cette pile un conducteur ohmique, un ampèremètre et un interrupteur. On ferme le circuit ainsi formé à un instant de date t=0. Un courant d'intensité **I**, considérée constante, circule dans le circuit.

1- Choisir, parmi les propositions suivantes, la réponse juste :

a- Le sens d'évolution spontanée du système chimique constituant la pile est le sens (2) de l'équation de la réaction

b- L'électrode de cobalt est la cathode.

c- Les électrons circulent à travers le pont salin pour maintenir l'électroneutralité des solutions.

d- Le sens du courant électrique à l'extérieur de la pile est de l'électrode de nickel vers l'électrode de cobalt.

e- L'oxydation se produit à la cathode.

2- Trouver l'expression de $\mathbf{x_f}$ l'avancement finale de la réaction en fonction de $\mathbf{K}$, $\mathbf{C_1}$, $\mathbf{C_2}$ et $\mathbf{V}$.

3- Trouver, en fonction de $\mathbf{K, F, C_1, C_2, V}$ et $\mathbf{I}$, l'expression de la date $\mathbf{t_e}$ à laquelle l'équilibre du système chimique est atteint. Calculer la valeur de $\mathbf{t_e}$ sachant que $\mathbf{I_1 = 100}$ mA

4- Calculer la quantité d'électricité maximale $\mathbf{Q}_{max}$ fournit par la pile

5- Calculer la variation $\boldsymbol{\Delta m}$ de la masse de l'électrode de nickel entre les instants de date $\mathbf{t=0}$ et $\mathbf{t = t}_{(équilibre)}$.

Physique 1

Partie 1 ondes mécaniques

Elomrani

Deux petits bateaux **A** et **B** séparés d'une distance $\mathbf{d = 51}$ m subissent une houle d'amplitude **2,0 m**, onde sinusoïdale à la surface de la mer, avec une période $\mathbf{T = 9,1}$ s. La distance qui sépare A et B est la distance minimale pour laquelle les deux bateaux vibrent en phase. A la date t = 0, le bateau A est au sommet d'une vague.

1) Quelle est la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$ de cette houle ?

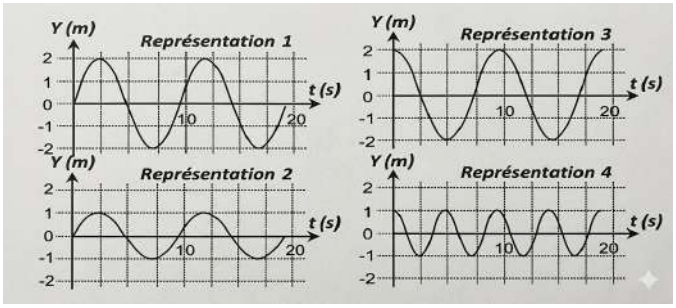
2) Dans quel état se trouve le bateau B à t = 0 ? Justifier.

3) Exprimer en fonction de la période **T** et d'un entier naturel **n** l'expression des dates pour lesquelles le bateau A se trouve au creux d'une vague.

4) Déterminer la célérité **V** de la houle.

5) Un bateau C se trouve à une distance $\mathbf{D = 383}$ m de A. Dans quel état se trouve C à la date t = 0 s. Justifier

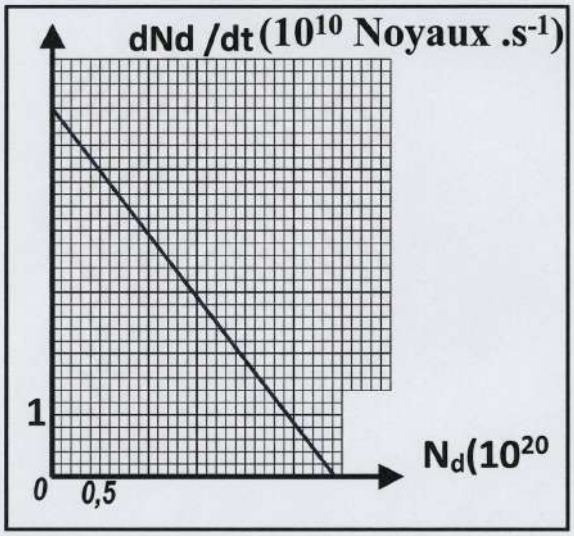
6) Choisir parmi les quatre représentations ci-contre celle qui correspond au mouvement du bateau A en fonction du temps.



Partie 2 Nucléaire

Le plutonium $^{238}_{94}$Pu est radioactif $\boldsymbol{\alpha}$, un echantillon de plutonium contient a t=0 $\mathbf{N_0}$ de plutonium $^{238}_{94}$Pu.
on designe par $\mathbf{N_d}$ le nombre de noyaux de $^{238}_{94}$Pu désintegrés a l'instant t et $\mathbf{N_r}$ le nombre de noyaux de $^{238}_{94}$Pu restants a l'instant t.

La courbe ci-contre représente les variations de $\dfrac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{N_d}$ en fonction de $\mathbf{N_d}$



1) écrire l'équation de désintégration de $^{238}_{94}$Pu sachant que le noyau fils est l'un des isotopes de l'uranium **U**

2) Montrer que l'équation différentielle que vérifie $\mathbf{N_d}$ s'écrit de la forme $\dfrac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{N_d} + \mathbf{AN_d} = \mathbf{B}$ Déterminer les expressions des constantes **A** et **B**

3) en exploitant la courbe , déterminer

3-1 la valeur de la constante radioactive et déduire le temps de demi vie

3-2 le nombre de noyaux $\mathbf{N_0}$ de $^{238}_{94}$Pu

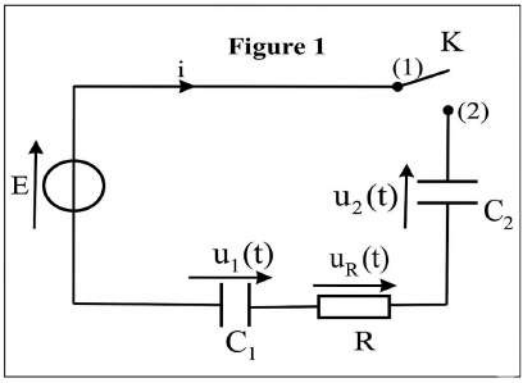
3-3 le volume du gaz dégagé selon les conditions normale de température Et de pression (0°C et 1 atm) a la date $\mathbf{t_1 = 3t_{1/2}}$

3-4 calculer l' activité radioactive a l'instant $\mathbf{t_1 = 3t_{1/2}}$

Données la constante des gaz parfaits $\mathbf{R = 8,31}$ J mol^{-1}.K^{-1}
la constante d'avogadro $\mathbf{N_A = 6.10^{23}}$ mol^{-1}

Elomrani

Physique 2 Etude du circuit RC



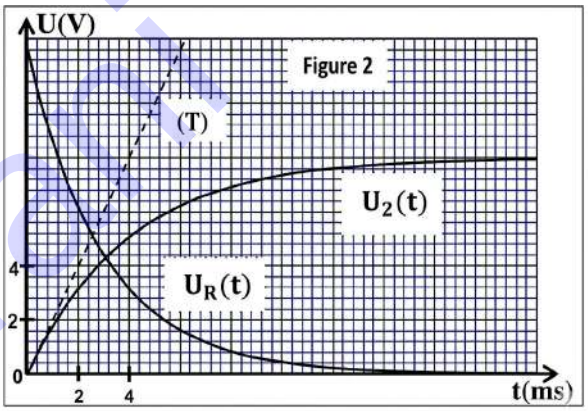
Le montage électrique schématisé sur la figure 1 comporte :
- un générateur idéal de tension de **f.e.m : E** ,
- deux condensateurs initialement non chargés de capacité $\mathbf{C_1}$ **et** $\mathbf{C_2 = 2\mu F}$,
- un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R = 3K\Omega}$,
- un interrupteur **K** à double position.

On place l'interrupteur K dans la position (1) à un instant pris comme origine des dates (t=0).

1) Montrer que l'expression de la capacité **Ce** du condensateur équivalent aux deux condensateurs est $\mathbf{C_e = \dfrac{C_1.C_2}{C_1 + C_2}}$

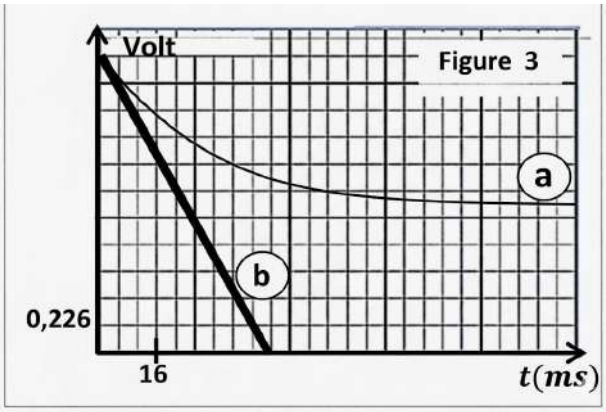
2) Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $\mathbf{u_2(t)}$ entre les bornes du condensateur de capacité $\mathbf{C_2}$ s'écrit $\mathbf{\dfrac{d}{dt}U_2(t) + \dfrac{1}{R.C_e}U_2(t) = \dfrac{E}{R.C_2}}$

3) La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $\mathbf{U_2(t) = A(1 - e^{-\alpha t})}$
Déterminer l'expression de **A** et celle de $\boldsymbol{\alpha}$ en fonction des paramètres du circuit.



4) Les courbes de la figure 2, représentent l'évolution des tensions $\mathbf{U_2(t)}$ et $\mathbf{U_R(t)}$.
La droite (T) représente la tangente à la courbe représentant $\mathbf{u_2(t)}$ à l'instant $\mathbf{t = 0}$.
4-1- Déterminer la valeur de **E** , $\mathbf{U_2(t)}$ et celle de $\mathbf{U_1(t)}$ en régime permanent.
4-2- Montrer que $\mathbf{C_1 = 4\mu F}$.

5) l'une des courbes de **la figure 3**, représente l'évolution De la tension $\ln(\mathbf{E - U_2})$ en fonction de **t** et l'autre Donne les variations de $\ln(\mathbf{U_R})$ en fonction de **t**
5-1 identifier chaque courbe a la tension correspondante
5-2 Retrouver graphiquement la valeur de la force electromotrice **E**
5-3 Retrouver graphiquement les valeurs de $\mathbf{U_2(t)}$ et celle de $\mathbf{U_1(t)}$ en régime permanent
5-4 Déterminer la valeur de la capacité équivalente $\mathbf{C_e}$ et vérifier le résultat a partir de la relation de la question 1
6) Calculer l'énergie electrique stockée dans le condensateur $\mathbf{C_1}$ dans le régime Permanant
7) Etablir l'expression numérique de l'intensité du courant instantané $\mathbf{i(t)}$
8) Déterminer l'expression numérique de de la charge positive $\mathbf{q_1(t)}$ du condensateur $\mathbf{C_1}$



Elonraai

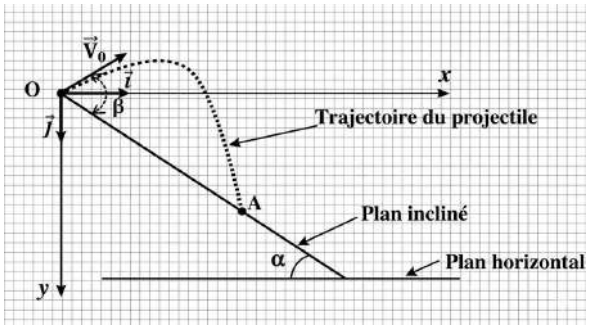
Physique 3 Mecanique

Au cours d'une sortie pédagogique, des élèves se proposent d'appliquer leurs connaissances en dynamique à l'étude du mouvement de chute libre.

Du haut d'une colline dont le versant a la forme d'un plan incliné faisant un angle $\boldsymbol{\alpha}$ avec l'horizontale, ils lancent un projectile supposé ponctuel, de masse m, à partir d'un point O avec une vitesse initiale $\vec{\mathbf{V}}_0$ faisant un angle $\boldsymbol{\beta}$ avec le plan incliné ($\boldsymbol{\beta} > \boldsymbol{\alpha}$).

L'origine des dates $\mathbf{t_0 = 0}$ est prise au moment du lancer du projectile en **O**.

L'étude du mouvement est rapportée au repère d'espace **(xOy)** muni des vecteurs unitaires $\vec{\mathbf{i}}$ et $\vec{\mathbf{j}}$ pris dans le plan vertical contenant $\vec{\mathbf{V}}_0$ et la ligne de plus grande pente du plan incliné (voir figure ci jointe).



On néglige l'action de l'air sur le projectile. On prendra : $\mathbf{g = 9,8}$ m.s$^{\mathbf{-2}}$

on donne $\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta$

1- Par application de la **2**^{éme} loi de newton , établir les équations horaires $\mathbf{x(t)}$ et $\mathbf{y(t)}$ du mouvement du centre d'inertie du projectile.

2- Etablir l'expression de la date $\mathbf{t_A}$ à laquelle le projectile tombe sur le plan incliné au point **A** en fonction de $\boldsymbol{\alpha}, \boldsymbol{\beta}, \mathbf{V_0}$ et de l'intensité de la pesanteur **g** ;

3- Montrer que l'expression la distance $\mathbf{d = OA}$, appelée portée sur le plan incliné, est : $\mathbf{d} = \dfrac{\mathbf{2V_0^2}\sin\beta\cos(\beta-\alpha)}{\mathbf{g}(\cos\alpha)^{\mathbf{2}}}$

4- Le groupe d'élèves effectue des tirs avec des vitesses initiales de même valeur $\mathbf{V_0}$.

4.1 Etablir, en fonction de $\boldsymbol{\alpha}$, l'expression de la valeur $\boldsymbol{\beta_L}$ de l'angle $\boldsymbol{\beta}$ pour laquelle la portée prend une valeur maximale $\mathbf{d}_{\max}$.

4.2 En déduire l'expression de cette portée $\mathbf{d}_{\max}$ en fonction de **g, $\boldsymbol{\alpha}$ et $\mathbf{V_0}$** ;

5- On considère un lancer de vitesse initiale $\mathbf{V_0 = 12}$ m.s$^{\mathbf{-1}}$ avec $\boldsymbol{\alpha} = \mathbf{60°}$

5.1 Calculer $\boldsymbol{\beta_L}$ et $\mathbf{d}_{\max}$

5.2 Calculer Le temps mis par le projectile pour tomber sur le plan incliné pour $\boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{\beta_L}$

6- on suppose que $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{2}\boldsymbol{\alpha}$

6-1 Etablir l'expression du rayon de courbure de la trajectoire au sommet S en fonction de : $\boldsymbol{\alpha}$, $\mathbf{V_0}$ et **g**

6-2 Montrer que la vitesse du centre d'inertie du projectile au point A est $\mathbf{V_A = V_0\sqrt{1 + K\sin^2\alpha}}$ **K** constante à déterminer

Elomrani

Partie 2 Chute verticale d'une bille dans deux liquides

Une éprouvette contient deux liquides non miscibles (figure1)

- le premier de masse volumique : $\rho_1 = \mathbf{0,92}$ g.cm^{-3}
- le deuxième de masse volumique : $\rho_2 = \mathbf{1,20}$ g.cm^{-3}

la colonne de chaque liquide à une hauteur $\mathbf{h_1 = h_2 = 15cm}$

On immerge entièrement une petite bille d'acier de masse **m** dans le premier liquide, puis on l'abandonne sans vitesse initiale d'un point d'altitude $\mathbf{z_0}$, à la date t=0 pris comme origine des temps.

On étudie le mouvement de la bille dans le repère $(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{k}})$ lié au référentiel terrestre supposé galiléen.

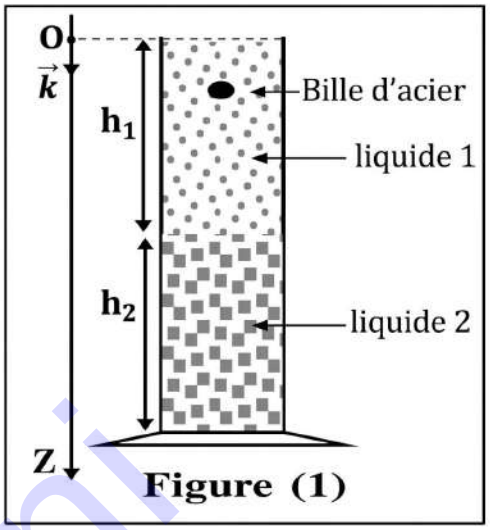


Figure (1)

Données

- les expressions de la force de frottement :

dans le premier liquide : $\vec{f}_1 = -K_1.\vec{V}_1$ et dans le deuxième : $\vec{f}_2 = -K_2.\vec{V}_2$

Les coefficient de frottement $\mathbf{K_1}$ et $\mathbf{K_2}$ dépendent de la viscosité des deux liquides.

$\vec{V}$ est le vecteur vitesse du centre d'inertie de la bille.

- La masse volumique de l'acier $\rho = \mathbf{7,8}$ g.cm^{-3}
- L'intensité de la pesanteur $\mathbf{g = 9,8}$ m.s^{-2}

La courbe de la figure (2) représente les variations de la vitesse de la bille en fonction du temps dans les deux liquides.

1) Mouvement de la bille dans le premier liquide

1.1- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du mouvement s'écrit sous la forme : $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{V} + \mathbf{A_1}.\mathbf{V} = \mathbf{B_1}$; Donnez les expressions des constantes $\mathbf{A_1}$ et $\mathbf{B_1}$ et calculer leurs valeurs.

1.2- En déduire la constante de temps τ_1 du mouvement de la bille dans le premier liquide.

1.3- Montrer que : $\mathbf{V(t) = V_1\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right)}$ est solution de l'équation différentielle précédente

$\mathbf{V_1}$: est la vitesse limite de la bille dans le premier liquide

1.4- Montrer que l'équation horaire du mouvement de la bille dans le premier liquide s'écrit : $\mathbf{Z_1(t) = 0,4\left(t + \tau_1.e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right) - 0,01}$

1.5- De quelle altitude $\mathbf{Z_0}$ la bille a été lâchée.

2. Mouvement de la bille dans le deuxième liquide

2.1- Sachant que l'équation différentielle du mouvement de la bille dans le deuxième liquide est $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{V} + \mathbf{A_2}.\mathbf{V} = \mathbf{B_2}$ Déterminer les valeurs de $\mathbf{A_2}$ et $\mathbf{B_2}$.

2.2- Etablir la solution de l'équation différentielle précédente

2.3- Calculer le rapport $\frac{\mathbf{K_1}}{\mathbf{K_2}}$. Conclure.

2.4- déterminer l'équation horaire du mouvement de la bille dans le deuxième liquide $\mathbf{Z_2(t)}$

2-5 Calculer la durée du mouvement de la bille dans le liquide 2

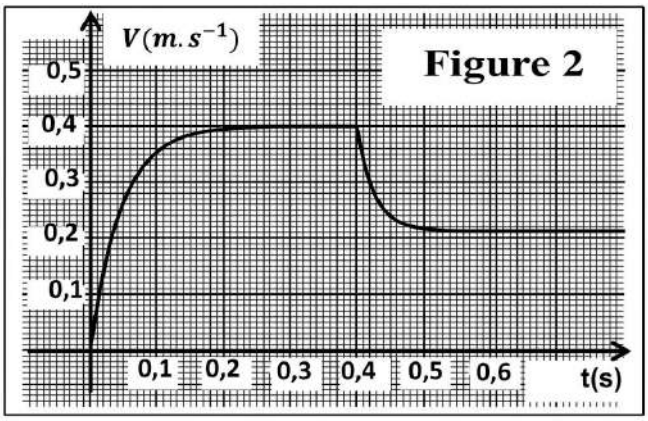


Figure 2

Elomrani

CHIMIE

Bac Blanc 8 (SM) Rép : Étude d'acide, Mélanges et Conductimétrie

Partie 1 : Étude de l'acide chloroéthanoïque

1°) Équation de la réaction

	$ClCH_2CO_2H$	$+$ H_2O	$\rightleftharpoons$	$ClCH_2CO_2^-$	$+$ H_3O^+
Initial	n_i	excès		0	0
Final	$n_i - x_f$	excès		x_f	x_f

2°) Pourcentage des molécules d'acide dissociées dans l'eau = τ

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{n(H_3O^+)_f}{n_i(\text{Acide})} = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V}{m_i/M} = \frac{10^{-pH} \cdot V}{m_i/M} = \frac{10^{-2,5} \cdot 2}{1,89/94,5} \simeq 0,32$$

$$\tau = 0,32 = 32\%$$

autre méthode : Calcul de la concentration $C_1 = \frac{n_i}{V} = \frac{m/M}{V} = 10^{-2}$ mol/L.

$$\tau = \frac{10^{-pH}}{C_1} = \frac{10^{-2,5}}{10^{-2}} \implies \tau = 0,32$$

3°) Constante d'équilibre K

$$K = \frac{[Base]_f[H_3O^+]_f}{[Acide]_f} = \frac{\tau \cdot C \cdot 10^{-pH}}{C(1-\tau)} = \frac{\tau \cdot 10^{-pH}}{1-\tau}$$

$$K(1-\tau) = \tau \cdot 10^{-pH} \implies K - K\tau = \tau \cdot 10^{-pH} \implies K = \tau(K + 10^{-pH})$$

$$\tau = \frac{K}{K+10^{-pH}}$$

4°) Constante d'acidité K_A

$$K = K_A = 10^{-pK_A}$$

* calcul de K : question 3° $\implies K = \frac{\tau \cdot 10^{-pH}}{1-\tau} = \frac{0,32 \cdot 10^{-2,5}}{1-0,32} = 1,49 \cdot 10^{-3} = K_A$

$$pK_A = -\log K_A \implies pK_A \simeq 2,8268 \implies pK_A \simeq 2,83$$

Elomrani

5°) Réaction de NaOH Rq : $NaOH$ est un composé ionique donc il subit une dissociation ionique avec l'eau (il se dissocie en ions Na^+ et HO^-).

$$\begin{array}{ccccccc} (Na^+ + HO^-) & + & H_2O & \longrightarrow & Na^+_{(aq)} & + & HO^-_{(aq)} \\ C_BV & & & & 0 & & 0 \\ C_BV - x_m & & & & x_m & & x_m \end{array}$$

6° à 7° : Mélanges et calcul de pH

$$[HO^-] = \frac{x_m}{V} = \frac{C_B \cdot V}{V} = C_B$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_e}{[HO^-]} = \frac{K_e}{C_B} = \frac{10^{-pK_e}}{C_B}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log\left(\frac{10^{-pK_e}}{C_B}\right) = -\log(10^{-pK_e}) + \log C_B = pK_e + \log C_B$$

$$pH = pK_e + \log C_B = 12$$

6°) Mélange (S_3)

Solution (S_1) : $ClCH_2CO_2H + H_2O \rightleftharpoons ClCH_2CO_2^- + H_3O^+$

Solution (S_2) : $NaOH + H_2O \longrightarrow Na^+ + HO^-$

$\Longrightarrow$ (S_3) avec $pH = pK_A + 1$

6-1 $pH = pK_A + 1 > pK_A$ donc la base $(ClCH_2CO_2^-)$ prédomine sur l'acide.

6-2 On a : $pH = pK_A + \log \frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]}$

$$pK_A + 1 = pK_A + \log \frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]} \Longrightarrow \log \frac{[B]}{[A]} = 1 = \log(10)$$

$$\frac{[B]}{[A]} = 10 \Longrightarrow [B] = 10[A] \Longrightarrow [ClCH_2CO_2^-] = 10[ClCH_2CO_2H]$$

7°) Mélange de (S_1) **et** (S_4)

Solution (S_1) : $(Na^+ + HO^-)$ C_B, V_B

Solution (S_4) : $(H_3O^+ + Cl^-)$ C_A, V_A

Elomrani

Mélange : Na^+ et Cl^- spectateurs, donc seuls H_3O^+ et HO^- réagissent.

	H_3O^+	$+$ HO^-	$\longrightarrow$ $2H_2O$
Initial	C_AV	C_BV	excès
Final	$C_AV - x_m$	$C_BV - x_m$	excès

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{n(H_3O^+)}{V_T} = \frac{C_AV - x_m}{2V} \quad (V_T = V_A + V_B = V + V = 2V)$$

x_m =? puisque $C_A < C_B$ ($5 \cdot 10^{-3} < 10^{-2}$) donc H_3O^+ est le R. limitant $\Longrightarrow$ $x_m = C_AV$.

$$[H_3O^+] = \frac{C_AV - C_AV}{2V} = 0$$

Solution : On calcule $[HO^-]$

$$[HO^-] = \frac{C_BV - x_m}{2V} = \frac{C_BV - C_AV}{2V} = \frac{C_B - C_A}{2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} \Longrightarrow [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[HO^-]} = 4 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] \Longrightarrow pH \simeq 11,40$$

Partie 2 : Suivi par Conductimétrie

1°) Équation de la réaction

	$HCOOH_{(l)}$	$+$ $CH_3COO^-_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$ $HCOO^-_{(aq)}$	$+$ $CH_3COOH_{(l)}$
Initial	n_1	n_2	0	0
Équilibre	$n_1 - x_{eq}$	$n_2 - x_{eq}$	x_{eq}	x_{eq}

2°) Relation entre G et σ Remarque : relation entre G et σ

$$G = K_0 \cdot \sigma \quad \text{où} \quad \sigma = K_0 G$$

(G en S, K_0 en m, σ en S·m^{-1}).
On a :

$$G(t) = K_0 \cdot \sigma(t) = K_0 \left([HCOO^-](t)\lambda_1 + \lambda_2[CH_3COO^-](t) + \lambda_3[Na^+](t)\right)$$

Elomrani

(Le Na^+ est un ion spectateur issu de la solution d'éthanoate de sodium).

$$G(t) = \lambda_1\left(\frac{x_{eq}}{V}\right) + \lambda_2\left(\frac{n_2 - x_{eq}}{V}\right) + \lambda_3\left(\frac{n_2}{V}\right)$$

$$= \left(\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{V}\right) x_{eq} + \frac{n_2}{V}(\lambda_2 + \lambda_3)$$

Unités : $\lambda \rightarrow$ mS·m^2·mol^{-1} $V \rightarrow$ cm^3 = mL $\rightarrow$ m^3 (rappel : 1 mL = 10^{-6} m^3)
$n_2 \rightarrow$ mol
Application numérique :

$$G(t) = \left(\frac{1,37 \cdot 10^{-3}\ \text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}}{50 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3}\right) x_{eq} + \frac{5 \cdot 10^{-3}\ \text{mol}(9,11 \cdot 10^{-3}\ \text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})}{50 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3}$$

$$G(t) = 27,4\, x_{eq} + 0,911 \quad \textbf{(S.I)}$$

3°) Calcul de K

$$K = \frac{[HCOO^-]_{eq}[CH_3COOH]_{eq}}{[HCOOH]_{eq}[CH_3COO^-]_{eq}} = \frac{\frac{x_{eq}}{V} \cdot \frac{x_{eq}}{V}}{\frac{n_1 - x_{eq}}{V} \cdot \frac{n_2 - x_{eq}}{V}}$$

$$K = \frac{x_{eq}^2}{(n_1 - x_{eq})(n_2 - x_{eq})}$$

Autre expression de K avec les constantes d'acidité :

$$K = \frac{[HCOO^-] \cdot [CH_3COOH]}{[HCOOH] \cdot [CH_3COO^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{K_{A2}}{K_{A1}} = \frac{10^{-pK_{A2}}}{10^{-pK_{A1}}} \Longrightarrow K = 10$$

Elomrani

[14pt]extarticle [utf8]inputenc [T1]fontenc [french]babel amsmath,amssymb,amsfonts geometry xcolor tikz

enumitem [locale=FR, per-mode=symbol, number-unit-product=]siunitx fancyhdr graphicx tcolorbox multirow skins,breakable times

a4paper, margin=2cm

CHIMIE

Bac Blanc 8 (SM) Rép : Fin de l'étude des mélanges et Pile électrochimique

Vérification de x_{eq} et pH d'un mélange

*** Vérifier que $x_{eq} = 2,28 \cdot 10^{-3}$ mol** (avec $x_m = 2,5 \cdot 10^{-3}$ mol)

$$K = \frac{(x_{eq})^2}{(2,5 \cdot 10^{-3} - x_{eq})(5 \cdot 10^{-3} - x_{eq})} \simeq \frac{5,1984 \cdot 10^{-6}}{5,984 \cdot 10^{-7}} \simeq 10 \quad \text{(Vrai)}$$

La Valeur Vraie de x_{eq} : La réaction est limitée donc $n_1 - x_{eq} > 0 \implies x_{eq} < n_1 \implies x_{eq} < 2,5 \cdot 10^{-3}$ mol et $n_2 - x_{eq} > 0 \implies x_{eq} < n_2 \implies x_{eq} < 5 \cdot 10^{-3}$ mol Puisque $x_{eq} < 2,5 \cdot 10^{-3}$ et $< 5 \cdot 10^{-3}$ donc $x_{eq} = 2,28 \cdot 10^{-3}$ **mol**

4°) $\tau = ?$

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_m} = \frac{2,28 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-3}} \implies \tau \simeq 0,91$$

5°) Calcul du pH de la solution (S)

$$\left.\begin{array}{l} pH = pK_{A1} + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \\ pH = pK_{A2} + \log \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \end{array}\right\} \Sigma : \; 2pH = pK_{A1} + pK_{A2} + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} + \log \frac{[HCO}{[HCO}$$

(Rappel : $\log a + \log b = \log(a \cdot b)$)

$$2pH = pK_{A1} + pK_{A2} + \log \left(\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \times \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \right)$$

$$2pH = pK_{A1} + pK_{A2} + \log \left(\frac{\frac{n_2 - x_{eq}}{V}}{\frac{x_{eq}}{V}} \times \frac{\frac{x_{eq}}{V}}{\frac{n_1 - x_{eq}}{V}} \right) = pK_{A1} + pK_{A2} + \log \left(\frac{n_2 - x_{eq}}{n_1 - x_{eq}} \right)$$

$$pH = \frac{pK_{A1} + pK_{A2}}{2} + \frac{1}{2} \log \left(\frac{n_2 - x_{eq}}{n_1 - x_{eq}} \right)$$

$$pH = 4,3 + 0,5 \log \left(\frac{2,72 \cdot 10^{-3}}{0,22 \cdot 10^{-3}} \right) = 4,3 + 0,5 \cdot 1,092 \implies pH(S) \simeq 4,84$$

(Rq : on peut utiliser seulement l'une des formules de pH)

6°) Concentration $[HCOO^-]$

$$[HCOO^-]_{(S)} = \frac{n(HCOO^-)_{(S)}}{V_T} = \frac{x_{eq}}{2V} = \frac{2,28 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} \implies [HCOO^-] \simeq 2,28 \cdot 10^{-2} \text{ mo}$$

Elomrani

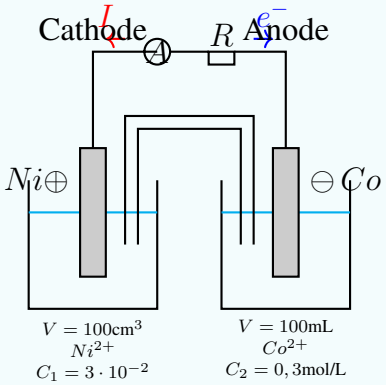
Pile électrochimique (Ni / Co)

a) Quotient de réaction initial :

$$Ni^{2+}+Co \rightleftharpoons Ni+Co^{2+} \quad (K=100)$$

$$Q_{r,i}=\frac{[Co^{2+}]_i}{[Ni^{2+}]_i}=\frac{C_2}{C_1}=\frac{0,3}{3\cdot 10^{-2}}=10$$

$$Q_{r,i}<K \Longrightarrow \textbf{Sens ①}$$



b) Équations aux électrodes :

$$Co \rightleftharpoons Co^{2+}+2e^- \quad \text{(Oxydation anodique } \ominus\text{)}$$

$$Ni^{2+}+2e^- \rightleftharpoons Ni \quad \text{(Réduction cathodique } \oplus\text{)}$$

d) Sens de I : $Ni \longrightarrow Co$

2°) Expression de $x_f=f(K,C_1,C_2,V)$

	Ni^{2+}	+ Co ⇌	Ni	+ Co^{2+}
Initial	C_1V	n_1	n_2	C_2V
Final	C_1V-x_f	n_1-x_f	n_2+x_f	C_2V+x_f

$$K=\frac{(C_2V+x_f)/V}{(C_1V-x_f)/V}=\frac{C_2V+x_f}{C_1V-x_f} \Longrightarrow K(C_1V-x_f)=C_2V+x_f$$

$$KC_1V-C_2V=x_f(1+K) \Longrightarrow \boxed{x_f=\frac{V(KC_1-C_2)}{1+K}}$$

3°) Calcul de t_e **:**

$$n(e^-)=2x_f=\frac{I\cdot t_e}{F} \Longrightarrow \frac{I\cdot t_e}{2F}=\frac{V(KC_1-C_2)}{1+K} \Longrightarrow \boxed{t_e=\frac{2FV(KC_1-C_2)}{I\cdot(1+K)}} \simeq 5160 \text{ (s)}$$

4°) $Q_{\max}=?$ $n(e^-)=\frac{Q_{\max}}{F}=2x_m$ $(x_m=C_1V) \Longrightarrow$

$\boxed{Q_{\max}=F\cdot 2x_m=579 \text{ C}}$

5°) $\Delta m(Ni)=?$

$$\Delta m(Ni)=\Delta n(Ni)\cdot M=x_f\cdot M$$

$$\left(x_f=\frac{I\cdot t_e}{2F}=2,67\cdot 10^{-3} \text{ mol}\right) \Longrightarrow \boxed{\Delta m(Ni)=0,16 \text{ g}}$$

Elomrani

PHYSIQUE : 1

Partie 1 : Propagation d'une onde le long d'une corde

Partie 1 : Étude de l'onde sur une corde

1°) $\lambda = ?$

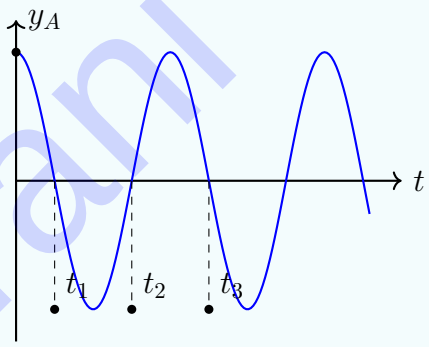
$d = AB = K\lambda \quad (K \in \mathbb{N}^*)$ (Vibration en phase)

$d(\text{min}) \implies K(\text{min}) = 1$ donc $d(\text{min}) = AB = d = 51$ m $\implies$ $\lambda = 51$ **m**

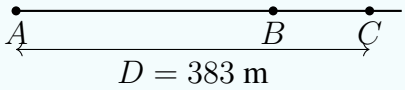
2°) à $t = 0$, A est au sommet d'une vague. A et B vibrent en phase donc à $t = 0$, B est au sommet.

3°) Position de A à $t = t_1, t_2 \ldots t_n$: * à $t = 0 \implies$ A : Sommet * A : creux $\implies t_1 = T/2$ * A : creux $\implies t_2 = T + T/2$

$\cdots \implies t(n) = nT + T/2$



4°) Célérité V



$\lambda = V \cdot T \implies V = \dfrac{\lambda}{T} \implies V \simeq 5,6$ **m** $\cdot$ **s**$^{-1}$

5°) $t = 0$, A sommet, C ?

$$\frac{AC}{\lambda} = 7,5 \implies AC = 7\lambda + \frac{\lambda}{2}$$

(A et C sont en **opposition de phase**),
donc **C est au creux**.

6°) à $t = 0$: A au sommet et amplitude 2 m $\implies$ Représentation (cf. Figure).

Elomrani

PHYSIQUE : 2

Partie 2 : Radioactivité et Loi de décroissance

Désintégration du Plutonium

1°) Équation :

$$^{238}_{94}Pu \longrightarrow ^{234}_{92}U + ^{4}_{2}He$$

$^{238}_{94}Pu \longrightarrow ^{234}_{92}U + ^{4}_{2}He$				
$t = 0$	N_0		0	0
(t)	$N_0 - x$		x	x

* x : Nombre de Noyaux de Pu désintégrés à t = Nombre de Noyaux formés de U et He.

2°) Équation différentielle vérifiée par $N_d(t)$ On a : Loi de Décroissance Radioactive $\Longrightarrow$ $N(t)_{(Pu)} = N_0 e^{-\lambda t}$.

$$N_0(Pu) = N_r + N_d \implies N_d(t) = N_0 - N_r = N_0 - N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\boxed{N_d(t) = N_0(1 - e^{-\lambda t})}$$

$$\frac{d}{dt}N_d(t) = (N_0(1 - e^{-\lambda t}))' = N_0(0 - (-\lambda e^{-\lambda t})) = N_0 \lambda e^{-\lambda t}$$

(Rappel mathématique : $(e^{\alpha t})' = \alpha e^{\alpha t} \implies (e^{-\lambda t})' = -\lambda e^{-\lambda t}$*)*

$$\frac{d}{dt}N_d(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad / \quad N_d(t) = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \implies 1 - e^{-\lambda t} = \frac{N_d}{N_0} \implies e^{-\lambda t} = 1 - \frac{N_d}{N_0} = \frac{N_0 - N_d}{N_0}$$

$$\frac{d}{dt}N_d(t) = \lambda N_0 \left(\frac{N_0 - N_d}{N_0}\right) = \lambda(N_0 - N_d) = \lambda N_0 - \lambda N_d$$

$$\boxed{\begin{array}{c} \frac{d}{dt}N_d(t) + \lambda N_d(t) = \lambda N_0 \implies \\ \frac{d}{dt}N_d(t) + A N_d(t) = B \quad \begin{pmatrix} A = \lambda \\ B = \lambda N_0 \end{pmatrix} \end{array}}$$

3°) 3-1 Équation de la courbe

$$Y = aX + b$$

$$b = 6 \cdot 10^{10} \quad ; \quad a = \frac{5 \cdot 10^{10} - 6 \cdot 10^{10}}{0,5 \cdot 10^{20} - 0} = -2 \cdot 10^{-10}\ (\text{s}^{-1})$$

Équation : $\frac{d}{dt}N_d = -2 \cdot 10^{-10} \cdot N_d + 6 \cdot 10^{10}$

3-2 Analogie : On a (question 2) : $\frac{d}{dt}N_d + \lambda N_d = \lambda N_0 \implies \frac{d}{dt}N_d = -\lambda N_d + \lambda N_0$. Par analogie : $\lambda = 2 \cdot 10^{-10}$ **(s^{-1})**

3-3 Calcul de N_0 **et** $V(He)$ **:** $\lambda N_0 = 6 \cdot 10^{10} \implies N_0 = \frac{6 \cdot 10^{10}}{2 \cdot 10^{-10}} \implies N_0 = 3 \cdot 10^{20}$. ($t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \simeq 3,46 \cdot 10^{9}$ s).

Elomrani

$$V(He) = ? \quad \longrightarrow \quad P(He) \cdot V(He) = n(He) \cdot R \cdot T$$

$$V(He) = \frac{n(He) \cdot R \cdot T}{P(He)} \quad \left(n(He) = \frac{N(He)}{N_A} \right)$$

CNTP : Conditions Normales Température et Pression ($P = 1$ atm, $\theta = 0°$C). À $t = 3t_{1/2} \implies N_r(Pu) = \frac{N_0}{2^3} = \frac{N_0}{8}$. Donc $N(Pu)_{\text{dést}} = N_0 - N_r = N_0 - \frac{N_0}{8} = \frac{7N_0}{8}$. Tableau d'avancement : $N_{\text{déstruit}}(Pu) = x = N(He) \implies N(He) = \frac{7N_0}{8}$.

$$V(He) = \frac{\left(\frac{7N_0/8}{N_A}\right) \cdot R \cdot T}{P(He)} = \frac{\frac{7 \cdot 3 \cdot 10^{20}/8}{6{,}02 \cdot 10^{23}} \times 8{,}31 \times (0 + 273)}{1 \cdot 10^5 \text{ Pa}} \text{ (S.I)}$$

$$V(He) \simeq 9{,}92 \cdot 10^{-6} \textbf{ m}^3 = 9{,}92 \textbf{ mL}$$

$$N_r = N_0 e^{-\lambda t} \implies \frac{d}{dt} N_r = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N_r$$

3-4 Activité à $t = 3t_{1/2}$

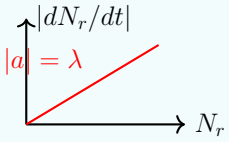
$$a = \lambda N \implies a_t(Pu) = \lambda N_t(Pu)$$

À $t = 3t_{1/2} \implies N(Pu) = \frac{N_0}{8}$.

$$a = \lambda \cdot \frac{N_0}{8} = 7{,}5 \cdot 10^9 \text{ Bq}$$

$$\frac{d}{dt} N_r + \lambda N_r = 0$$

Le graphe de $\left|\frac{dN_r}{dt}\right|$ en fonction de N_r est une droite linéaire de pente λ.



Elomrani

PHYSIQUE : 2

Électricité : Étude d'un dipôle RC avec deux condensateurs en série

1° à 3° : Équation différentielle et Solution

1°) Capacité équivalente

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \implies C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

2°) Équation différentielle pour U_2

$$U_R + U_1 + U_2 = E$$

* $U_R = R \cdot i \quad ; \quad i = C\frac{d}{dt}U_C$

$$\searrow i = C_1\frac{d}{dt}U_1 \quad \text{ou} \quad i = C_2\frac{d}{dt}U_2$$

* relation entre U_1 et U_2 : C_1 et C_2 en série donc même charge :

$$q(C_1) = q(C_2) \quad \forall t$$

$$C_1U_1 = C_2U_2 \implies U_1 = \frac{C_2 \cdot U_2}{C_1}$$

On remplace dans la loi d'additivité :

$$U_R + U_1 + U_2 = E$$

$$RC_2\frac{dU_2}{dt} + \frac{C_2}{C_1}U_2 + U_2 = E$$

$$RC_2\frac{dU_2}{dt} + \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1}\right)U_2 = E$$

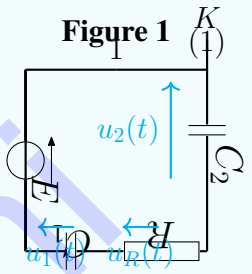
En divisant par RC_2 :

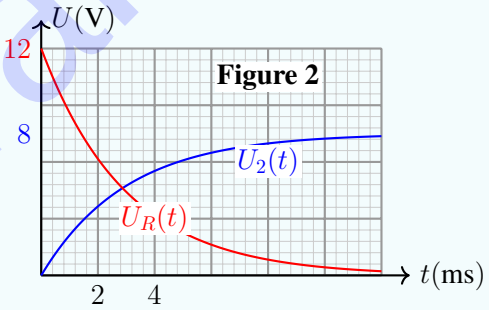
$$\implies \frac{dU_2}{dt} + \frac{1}{RC_2}\left(\frac{C_1 + C_2}{C_1}\right)U_2 = \frac{E}{RC_2}$$

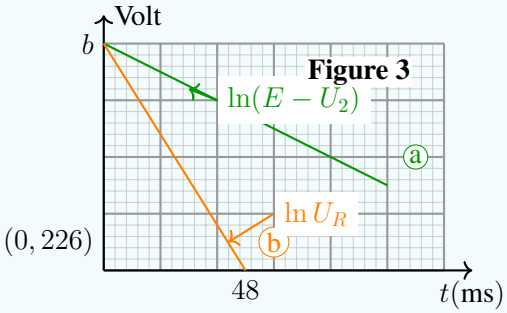
$$\frac{dU_2}{dt} + \frac{1}{R}\underbrace{\left(\frac{C_1 + C_2}{C_2 \cdot C_1}\right)}_{=\frac{1}{C_e}}U_2 = \frac{E}{RC_2}$$

$$\boxed{\frac{dU_2}{dt} + \frac{1}{R \cdot C_e}U_2 = \frac{E}{R \cdot C_2}}$$

Figure 1







3°) $U_2(t) = A(1 - e^{-\alpha \cdot t})$

Elomrani

3° (Suite) et 4° : Calcul des constantes

Suite 3°) : Détermination de A et α On dérive et on remplace dans l'équation différentielle $\Longrightarrow$

$$A = \frac{E \cdot C_e}{C_2} \quad \textbf{et} \quad \alpha = \frac{1}{R \cdot C_e} = \frac{1}{\tau} \quad (\tau = R \cdot C_e)$$

$$U_2(t) = \frac{E \cdot C_e}{C_2}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

4°) 4-1 * E =? On a : $U_R + U_1 + U_2 = E$ À $t = 0$: $\underbrace{U_R(t=0)}_{\text{12V (courbe)}} + \underbrace{U_1(t=0)}_{=0} + \underbrace{U_2(t=0)}_{=0} = E \Longrightarrow E = 12\ \textbf{V}$

*** Régime permanent (RP) :** Courbes : $t \to \infty \Longrightarrow U_2(P.P) = 8$ V et $U_R(P.P) = 0$.

4-2 Question 3°

$$U_2(\infty) = \frac{E \cdot C_e}{C_2} \Longrightarrow C_e = \frac{U_2(\infty) \cdot C_2}{E}$$

$$C_e = \frac{8\text{V} \cdot 2\mu\text{F}}{12\text{V}} \Longrightarrow C_e = 1,333\,\mu\textbf{F}$$

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Longrightarrow \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_e} - \frac{1}{C_2} = \frac{1}{1,333} - \frac{1}{2} = 0,75 - 0,5 = 0,25\,\mu\text{F}^{-1}$$

$$C_1 = 4\,\mu\text{F}$$

5° : Exploitation de la Figure 3 (Graphes semi-log)

5°) figure 3 5-1 $U_2 = A(1 - e^{-\alpha t})$

$$U_R(t) = R \cdot i(t) = R \cdot C_2 \frac{d}{dt} U_2 \quad (U_2 = A(1 - e^{-\alpha t}))$$

$$U_R(t) = R \cdot C_2(A \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha t}) = R \cdot C_2 \cdot A \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha t}$$

$$\ln U_R = \ln\left(R \cdot C_2 \cdot A \cdot \alpha \times e^{-\alpha t}\right) = \ln(R \cdot C_2 \cdot A \cdot \alpha) + \ln(e^{-\alpha t})$$

$$\ln U_R = \ln\left(R \cdot C_2 \cdot \frac{E \cdot C_e}{C_2} \cdot \frac{1}{R \cdot C_e}\right) - \alpha t \Longrightarrow \ln U_R = \ln(E) - \alpha t$$

Courbe : $\ln U_R = f(t)$ affine $\longrightarrow$ **Courbe (b)** Alors l'autre courbe **(a)** $\longrightarrow$ $\ln(E - U_2)$

$$\ln U_R = -\alpha t + \ln E \quad (y = ax + b)$$

Elomrani

5-2 graphe : $b = 0,226 \times 11$ carreaux $= 2,486 = \ln E \implies E = e^{2,486} \implies E \simeq 12$ **V**

5-3 $U_1(\infty)$ **et** $U_2(\infty)$ courbe (a) : $\ln(E - U_2(\infty)) = 5,5$ div $\times\ 0,226$ V $= 1,243$ V

$$\ln(E - U_2(\infty)) = 1,243 \implies E - U_2(\infty) = e^{1,243} = 3,465$$

$$U_2(\infty) = E - 3,465 = 12 - 3,465 \simeq 8,5 \text{ V}$$

$U_1(\infty) = ?$ On a $U_R + U_1 + U_2 = E$. $t \to \infty$ les condensateurs Totalement chargés $\implies i = 0 \implies U_R = 0$.

$$0 + U_1(\infty) + \underbrace{U_2(\infty)}_{\simeq 8\text{V}} = 12\text{V} \implies U_1(\infty) = 4 \text{ V}$$

5-4 Courbe (b)

$a =$ coeff directeur $= \dfrac{12 - 0}{0 - 48 \cdot 10^{-3}} \implies a \simeq -250$ et $a = -\alpha$ (question 5-1)

$$\text{donc } a = -\frac{1}{R \cdot C_e} \implies C_e = \frac{-1}{R \cdot a} = \frac{-1}{3 \cdot 10^3 \cdot (-250)}$$

$$C_e \simeq 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ F} \implies C_e = 1,33\,\mu\text{F}$$

(Vérification : $C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4 \times 2}{4+2} = 1,33\,\mu$F } même résultat)

6° à 8° : Énergie, Courant et Charge

6°) Énergie électrique emmagasinée par C_1

$$E_e = \frac{1}{2} C_1 U_1(\infty)^2 \implies E_e(C_1) = \tfrac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot (4)^2 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

7°) Expression de $i(t)$

$$i(t) = C_2 \frac{d}{dt} U_2 = C_2 \left(A \cdot \alpha e^{-\alpha t}\right) = \cancel{C_2} \cdot \frac{E \cdot \cancel{C_e}}{\cancel{C_2}} \cdot \frac{1}{R \cdot \cancel{C_e}} e^{-\alpha t}$$

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$$

8°) Charge $q_1(t) = ?$

$$U_R(t) + U_1(t) + U_2(t) = E$$

Elomrani

$$R \cdot i(t) + U_1(t) + U_2(t) = E$$

$$U_1(t) = E - R \cdot i(t) - U_2(t) = E - \not{R}\left(\frac{E}{\not{R}} e^{-t/\tau}\right) - A(1 - e^{-\alpha t})$$

$$\frac{q_1}{C_1} = E - Ee^{-t/\tau} - A + Ae^{-\alpha t} \longrightarrow q_1(t) = \ldots$$ (Suite non fournie)

PHYSIQUE : 3

Partie 1 : Chute verticale avec frottements fluides (Deux liquides)

1° Bilan des forces et Équation différentielle (Liquide 1)

1-1 Bilan des forces : $\vec{P}$, $\vec{f}$, $\vec{F}_A$ ← poussée d'Archimède (Exercé du fluide sur (S)).
$\downarrow \vec{Oz} : mg - K_1 V - \rho_L \cdot V(S) \cdot g = m\frac{dV}{dt}$
($V(S)$: volume de la bille S).

$$\frac{dV}{dt} = g - \frac{K_1}{m}V - \frac{\rho_L \cdot V(S)}{m}g$$

$$\Longrightarrow \frac{dV}{dt} + \frac{K_1}{m}V = g\left(1 - \frac{\rho_L \cdot V(S)}{m}\right) \quad \left(\begin{array}{c} m = \rho \cdot V(S) \\ \text{masse volumique de la bille} \end{array}\right)$$

$$\frac{dV}{dt} + \frac{K_1}{m}V = g\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho}\right)$$
$$\frac{dV}{dt} + A_1 V = B_1$$

Avec : $A_1 = \frac{K_1}{m}$ et $B_1 = g\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho}\right)$.

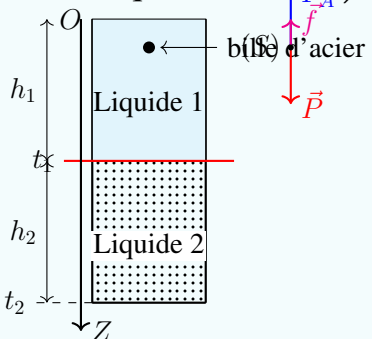


Figure (1)

Calcul de A_1 et B_1

$$B_1 = g\left(1 - \frac{\rho_L}{\rho}\right) \simeq 8,65 \text{ m/s}^2 \Longrightarrow B_1 = 8,65 \textbf{ m/s}^2$$

$A_1 = \frac{K_1}{m}$ ←? Étude du régime permanent : graphe $V_{L1} = 0,4$ m/s et $\frac{dV}{dt} = 0$ donc : $A_1 \cdot V_{L1} = B_1 \Longrightarrow A_1 = \frac{B_1}{V_{L1}} \simeq 21,62$ (SI).

$A_1 = 21,62$ (SI)

Elomrani

1-2 $\tau_1 = ?$ * L'équation différentielle :

$$\frac{dV}{dt} + A_1 \cdot V = B_1$$

* en général l'équation diff du 1er ordre :

$$\tau\frac{dx}{dt}+x = C \implies \frac{dx}{dt}+\frac{1}{\tau}x = C'$$

Par analogie : $\frac{1}{\tau_1} = A_1 \implies \tau_1 = \frac{1}{A_1}$

$$\tau_1 = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

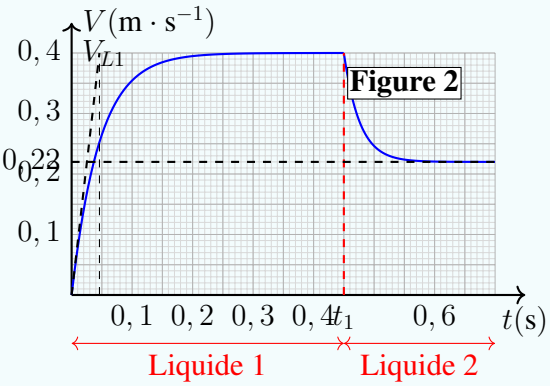


Figure 2

1-3 Solution de l'équation différentielle $\frac{dV}{dt} + A_1V = B_1$ solution en général : $V(t) = \alpha e^{-mt} + \beta$.

$$\frac{dV}{dt} = -\alpha m e^{-mt} \implies (-\alpha m e^{-mt}) + A_1(\alpha e^{-mt} + \beta) = B_1$$

$$-\alpha m e^{-mt} + A_1\alpha e^{-mt} + A_1\beta = B_1 \implies \alpha e^{-mt}(-m + A_1) + A_1\beta = B_1$$

$(-m+A_1) = 0 \implies m = A_1 = \frac{1}{\tau_1}$; $A_1\beta = B_1 \implies \beta = \frac{B_1}{A_1} = \frac{A_1 \cdot V_{L1}}{A_1} \implies$

$\beta = V_{L1}$

* $\alpha = ?$ C.I : à $t = 0 \implies V = 0$.

$$V(t) = \alpha e^{-mt} + \beta \implies 0 = \alpha e^0 + \beta \implies \alpha = -\beta = -V_{L1}$$

$$V(t) = V_{L1}(1 - e^{-t/\tau_1})$$

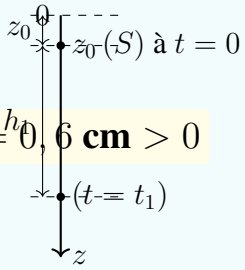
1-4 & 1-5 : Équation horaire $z(t)$ et 2° Étude dans le liquide 2

1-4 $\frac{dz}{dt} = V(t) = V_{L1}(1 - e^{-t/\tau_1}) \implies z(t) = V_{L1}\left(t - (-\tau_1 e^{-t/\tau_1})\right) + C$
Condition initiale à $t = 0 \to z = z_0$ (inconnue ! !) La fin du Mt dans le liquide (1) : $t = t_1 = 0,45$s (graphe de Vitesse) et à $t = t_1 \longrightarrow z = h_1 = 15$ cm $= 0,15$ m. Donc : $z(t_1) = V_{L1}(t_1 + \tau_1 e^{-t_1/\tau_1}) + C \implies 0,15 = 0,4\left(0,45 + 4,6 \cdot 10^{-2} e^{-0,45/0,046}\right) + C \implies C \simeq -0,01$ m.

Elomrani

$$z_1(t) = 0,4(t + \tau_1 e^{-t/\tau_1}) - 0,01 \quad (0 \leq t \leq t_1)$$

1-5 Calcul de z_0 : $z(t=0)$



$z_0 = 0,4(0+4,6\cdot10^{-2}e^0)-0,01 \implies z_0 \simeq 6\cdot10^{-3}$ **m** $= 0,6$ **cm** > 0

(convenable avec la position de $t = 0$ (z_0))

2°) Montrons la solution de l'éq diff (Liquide 2) 2-1 On a : $\frac{dV}{dt} + A_2V = B_2 \quad \left(A_2 = \frac{K_2}{m} \text{ et } B_2 = g\left(1 - \frac{\rho_{L2}}{\rho}\right)\right) \; B_2 = 9,8\left(1 - \frac{1,20}{7,8}\right) \implies$ $B_2 \simeq 8,3$ **m/s**^{2} Courbe de Vitesse : $V_{L2} = V(t \to \infty) \simeq 0,22$ m/s $= \frac{B_2}{A_2} \implies A_2 = \frac{B_2}{V_{L2}} \simeq 37,70$ (SI).

2-2 Solution de l'éq diff

$$\frac{dV}{dt} + A_2V = B_2 \implies V = \alpha e^{-mt} + \beta \quad (\forall t \geq 0,45\text{s})$$

$\implies (-\alpha m e^{-mt}) + A_2(\alpha e^{-mt} + \beta) = B_2 \implies m = A_2 = \frac{1}{\tau_2}$ et $\beta = V_{L2} = 0,22$ m/s. $\alpha = ? \quad t = t_1 = 0,45\text{s} \longrightarrow V = V_{L1} = 0,4$ m/s.

$$V = \alpha e^{-mt_1} + V_{L2} \implies 0,4 = \alpha e^{-mt_1} + V_{L2} \implies \alpha = (V_{L1} - V_{L2})e^{mt_1}$$

$$V(t) = \alpha e^{-mt} + \beta = (V_{L1} - V_{L2})e^{mt_1}e^{-mt} + V_{L2}$$

$$V(t) = V_{L2} + (V_{L1} - V_{L2})e^{-\frac{(t-t_1)}{\tau_2}} \quad \forall t \geq t_1$$

2-3 Comparaison des viscosités

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{A_1 \cdot m}{A_2 \cdot m} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{21,62}{37,70} = 0,57 < 1 \implies K_1 < K_2$$

On a aussi $K = f(\mu_{viscosit})$. $K_1 < K_2 \implies \mu_1 < \mu_2$. **(plus μ grand $\to$ plus viscosité $\to K \nearrow$)**.

Elomrani

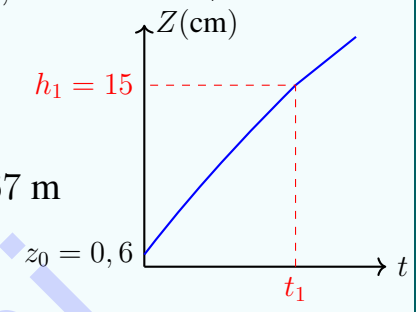
2-4 Équation $z_2(t)$

$$\frac{dz}{dt} = V(t) = V_{L2} + (V_{L1} - V_{L2})e^{-\frac{(t-t_1)}{\tau_2}} \quad \text{intégrale } (t \geq t_1)$$

$$\frac{dz}{dt} = 0,22 + (0,4 - 0,22)e^{-\frac{(t-0,45)}{0,026}} \quad \left(\tau_2 = \frac{1}{A_2} \simeq 0,026\right)$$

$$\frac{dz}{dt} = 0,22 + 0,18e^{-\frac{(t-0,45)}{0,026}} \Longrightarrow z(t) = 0,22t - 0,18 \cdot 0,026e^{-\frac{(t-0,45)}{0,026}} + C$$

Calcul de C : $t = t_1 = 0,45\text{s} \longrightarrow z = h_1 = 0,15\text{m}$.



$$0,15 = 0,22(0,45) - 4,68 \cdot 10^{-3}e^{0} + C \Longrightarrow C \simeq 0,067 \text{ m}$$

$$z_2(t) = 0,22t - 4,68 \cdot 10^{-3}e^{-\frac{(t-0,45)}{0,026}} + 0,067$$

2-5 $t = t_2 \Longrightarrow z_2 = h_1 + h_2$

Elomrani

Chimie

Partie I Etude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque

On travaille à 25°C et on donne pKe=14

L'acide méthanoïque **HCOOH** est une substance naturelle secrétée par les fourmis et les abeilles. On peut aussi le synthétiser dans les laboratoires pour être utilisé dans les industries de textile, cuir, teintures, insecticides...
L'acide méthanoïque est à l'état liquide dans les conditions ordinaires. L'étiquette d'un flacon d'une solution commerciale (S_0) d'acide méthanoïque porte les informations suivantes :

- Masse molaire : $\mathbf{M(HCOOH) = 46}$ g.mol^{-1}
- Densité : $\mathbf{d = 1,15}$
- Pourcentage massique : $\mathbf{p = 80\%}$ (100g de solution commerciale contient 80 g d'acide pur)
- Masse volumique de l'eau : $\rho_0 = \mathbf{1}$ kg.L^{-1}.

1- Solution aqueuse d'acide méthanoïque

On prépare une solution aqueuse (**S**) d'acide méthanoïque de concentration molaire **C** et de volume $\mathbf{V_S = 1L}$ en ajoutant le volume $\mathbf{V_0 = 2mL}$ de la solution commerciale ($\mathbf{S_0}$) de concentration molaire $\mathbf{C_0}$ à de l'eau distillée.

1.1- Ecrire l'équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau

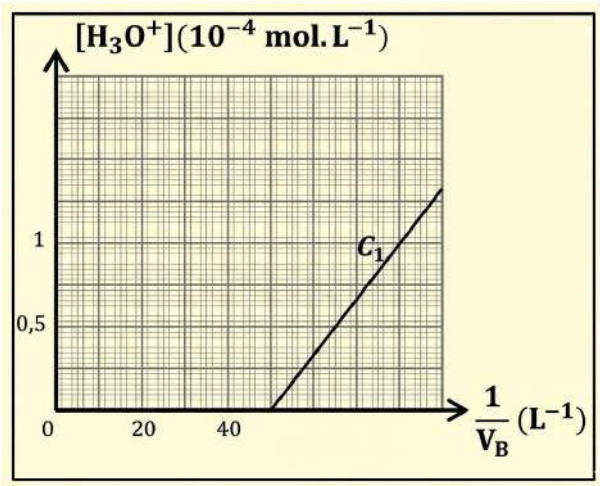
1.2- Le taux d'avancement final étant très petit devant **1** , montrer que le pH de la solution (S) s'écrit :

$$\mathbf{pH} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}(\mathbf{pK_A} - \log \mathbf{C})$$

2- Dosage de l'acide méthanoïque

On dose le volume $\mathbf{V_A = 50mL}$ de la solution (S) par une solution aqueuse ($\mathbf{S_B}$) d'hydroxyde de sodium ($\mathbf{Na^+_{aq} + HO^-_{aq}}$) de concentration molaire $\mathbf{C_B = 0,1}$ mol.L^{-1} , en suivant les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume $\mathbf{V_B}$ versé de la solution ($\mathbf{S_B}$) .

A partir des mesures obtenues , on a tracé la courbe ($\mathbf{C_1}$) de la figure ci-contre



2.1- Ecrire l'équation de la réaction chimique de ce dosage .

2.2- Montrer qu'à l'ajout d'un volume $\mathbf{V_B < V_{BE}}$ on a

$$[\mathbf{H_3O^+}] = \mathbf{K_A} \cdot \left(\frac{\mathbf{V_{BE}}}{\mathbf{V_B}} - \mathbf{1}\right)$$

avec $\mathbf{V_{BE}}$ le volume de la solution basique versé à l'équivalence .

Elomrani

2.3- En exploitant la courbe $(\mathbf{C_1})$ déterminer $\mathbf{V_{BE}}$ nécessaire pour atteindre l'équivalence et le $\mathbf{pK_A}(HCOOH/HCOO^-)$.
2.4- Calculer la concentration **C** et le pH de la solution **(S)**.
2.5- Vérifier que la valeur de **p** est celle indiquée sur l'étiquette.
2.6- On considère le mélange réactionnel à l'ajout du volume $\mathbf{V_B = 12,5}$ mL.
Déterminer la valeur du rapport $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$. Que peut-on déduire ?
2-7 Calculer la constante d'équilibre **K** de la réaction du dosage , conclure
2-8 pour l'ajout du volume $\mathbf{V_B = 12,5}$ mL de la solution titrante .

2-8-1 Montrer que l'expression le taux d'avancement final τ de la réaction du dosage est :

$$\tau = \mathbf{1} - \frac{\mathbf{K_e \cdot 10^{pH}}}{\mathbf{C_B}} \left(\mathbf{1} + \frac{\mathbf{V_A}}{\mathbf{V_B}} \right)$$

2-8-2 Calculer la valeur de τ et conclure

Elomrani

Partie 2 Electrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent

On effectue l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent $\mathbf{Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}}$ acidifiée par une solution aqueuse d'acide nitrique $\mathbf{H_3O^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}}$ en utilisant deux électrodes en graphite.
Le volume du mélange dans l'électrolyseur est $\mathbf{V = 400mL}$.

- Les deux couples **Ox / red** intervenant dans cette réaction sont : $\mathbf{O_{2(g)}/H_2O_{(l)}}$; $\mathbf{Ag^+_{(aq)}/Ag_{(s)}}$
- Le faraday : $\mathbf{1F = 96500}$ C.mol^{-1}

On mesure le pH du mélange avant la fermeture du circuit et on trouve $\mathbf{pH_0 = 3}$, puis on ferme le circuit à un instant choisi comme origine des dates $(\mathbf{t = 0})$, Un courant électrique d'intensité constante $\mathbf{I = 2,66.10^2}$ mA circule alors dans le circuit.
L'équation bilan de la réaction est : $\mathbf{6H_2O_{(l)} + 4Ag^+_{(aq)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4Ag_{(s)}}$

1- Ecrire l'équation de la réaction qui se produit à l'anode
2- A l'aide du tableau d'avancement de la réaction, montrer que l'expression de l'avancement $\boldsymbol{x}$ de la réaction à un instant t est $\mathbf{x = \frac{V}{4}(10^{-pH} - 10^{-pH_0})}$ où pH représente la valeur du pH du mélange à cet instant.
3- Déterminer l'instant $\mathbf{t_1}$ où le **pH** du mélange prend la valeur $\mathbf{pH_1 = 1,5}$

Partie 3 Suivi d'une réaction chimique par mesure de pH

On ajoute un volume $\mathbf{V = 8,0mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium $(\mathbf{Na^+_{aq} + HO^-_{aq}})$ de concentration $\mathbf{C = 0,20}$ mol.L^{-1} dans un bécher de **500mL** contenant une quantité d'eau distillée.
Le volume de la solution ainsi obtenue est de **400mL**.
On maintient dans ce bécher une agitation modérée et on immerge l'électrode d'un pH-mètre préalablement étalonné.
À l'instant t=0s, on ajoute dans le bécher un volume d'éthanoate d'éthyle pur équivalent à **0,01 mol**.
Une réaction lente a lieu suivant l'équation bilan :

$$\mathbf{CH_3 - COO - CH_2 - CH_{3(l)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(l)} + C_2H_5OH_{(aq)}}$$

Une étude expérimentale permet de déterminer la concentration des ions hydroxydes en fonction de temps (Voir le tableau ci joint)

t(min)	**0**	**1**	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**
$[\mathbf{HO^-}]$ $(\mathbf{10^{-3}}$mol.L$^{-1})$	**4,0**	**3,3**	**2,8**	**2,0**	**1,6**	**1,3**	**1,0**

On donne le produit ionique de l'eau pure à $\mathbf{25°C}$ $\mathbf{pKe = 14}$

1. Montrer que $\mathbf{HO^-}$ est le réactif limitant.
2. Vérifier qu'à tout instant t :
   $\mathbf{[CH_3COO^-]_t = 4.10^{-3} - 10^{pH-pKe}}$
3. Donner la composition du mélange à **t=8min**.
4. Exprimer la vitesse volumique de la réaction en fonction de **pH** et $\mathbf{\frac{d}{dt}pH}$ et calculer sa valeur à t=0,
   sachant que $\mathbf{\left(\frac{d}{dt}pH\right)_{t=0} = -0,25}$ s^{-1}
   (on donne $\mathbf{\frac{d}{dx}\left(10^{f(x)}\right) = \ln 10 \cdot \frac{d}{dx}f(x) \cdot 10^{f(x)}}$ ou bien $\mathbf{\left(10^{f(x)}\right)' = \ln 10 \cdot f'(x) \cdot 10^{f(x)}}$)
5. Définir le temps de demi-réaction, puis calculer sa valeur

Elomrani

Physique 1

Partie 1 Les fibres optiques

Les fibres optiques sont des tubes très fins (comme des cheveux) en verre ou en plastique utilisés pour véhiculer une lumière transportant des informations. Contrairement aux fils de cuivre, les fibres optiques permettent la transmission des informations sans atténuation et avec un grand débit.
Une source lumineuse envoit à l'extrémité O d'une fibre optique un mince faisceau lumineux composé d'une radiation rouge de fréquence $\boldsymbol{\nu_R}$ et une radiation bleue de fréquence $\boldsymbol{\nu_B}$.
Ces radiations parviennent au point O à la date t = 0 et se propagent horizontalement le long de la fibre optique de longueur **L**. (Figure 1) Un capteur relié à l'autre extrémité de la fibre optique a permis de détecter les signaux reçus. (Figure 2)

La sensibilité horizontale est : $\mathbf{4.10^{-3}\mu s.div^{-1}}$

L'indice de réfraction du verre de la fibre optique utilisée dans cette expérience est exprimé par la relation : **(loi de cauchy)**

$\mathbf{n = 1,47 + 5,94.10^{-32}\nu^2}$

$\boldsymbol{\nu}$, étant la fréquence de la radiation transvasant la fibre exprimée en Hertz.

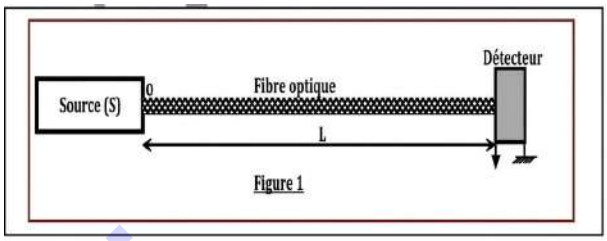


Figure 1

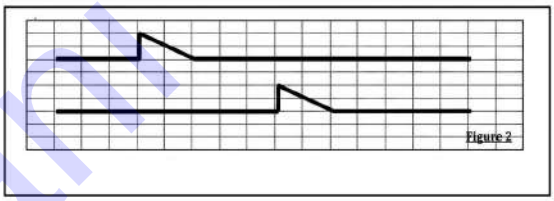


Figure 2

Données :

- La fréquence de la radiation rouge : $\nu_{\mathbf{R}} = \mathbf{4,12.10^{14}Hz}$
- La fréquence de la radiation bleue : $\nu_{\mathbf{B}} = \mathbf{7,20.10^{14}Hz}$
- La célérité de la lumière dans le vide : $\mathbf{C = 3.10^8 m.s^{-1}}$

1. Répondre par vrai ou faux :
Lorsqu'un rayon lumineux monochromatique passe d'un milieu transparent à un autre, alors :
a. Sa vitesse varie ; b. Sa couleur change ; c. Sa fréquence varie ; d. Sa longueur d'onde varie.
2. Calculer l'indice de réfraction $\mathbf{n_R}$ de la fibre optique pour la radiation rouge et l'indice de réfraction $\mathbf{n_B}$ de la fibre optique pour la radiation bleue
3. Déterminer les célérités $\mathbf{V_R}$ et $\mathbf{V_B}$ de ces radiations dans la fibre optique. Cette différence est liée à quel phénomène physique ?
4. Déterminer la longueur **L** de la fibre optique.
5. On envoi maintenant dans la fibre optique des impulsions lumineuses très brèves de fréquence **N**. Chaque impulsion est constituée des ondes lumineuses dont les longueurs d'ondes $\boldsymbol{\lambda}$ sont situées entre $\boldsymbol{\lambda_B}$ et $\boldsymbol{\lambda_R}$, chacune de ces ondes véhicule une information.
Sachant que pour augmenter le débit des informations véhiculées par les ondes lumineuses, il faux augmenter la fréquence **N** des impulsions.
Montrer que cette fréquence ne doit pas atteindre un seuil $\mathbf{N_S}$ qu'il faut déterminer.

Physique 2 Electricité

Etude d'un circuit RLC Libre

On considère le circuit représenté dans **la figure 1**
On place **K** dans la position **1**, une fois le condensateur est complètement chargé, on bascule **K** en position **2**. on visualise à l'aide d'un oscilloscope La tension $\mathbf{U_C}$ entre les bornes du condensateur et la tension $\mathbf{U_{R'}}$ entre les deux bornes du conducteur ohmique **R'** de résistance **100Ω**
Le document de **la figure (2)** représente l'oscilloscope obtenu

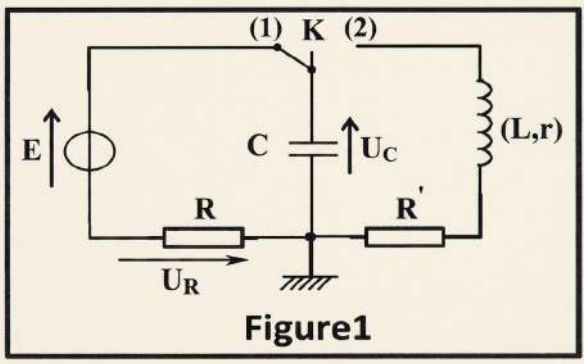
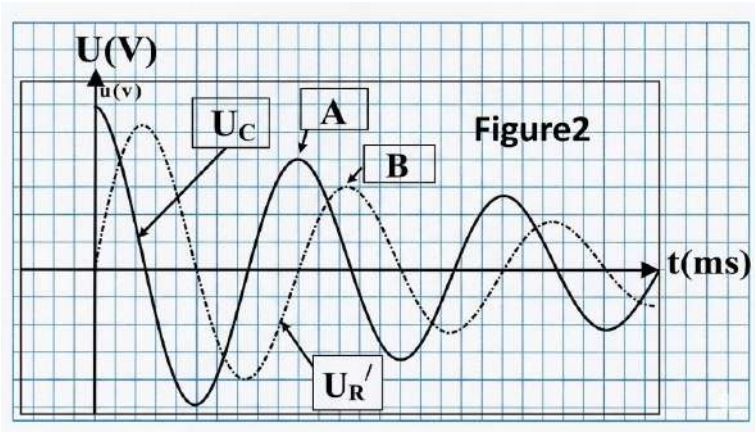


Figure1

Elomrani

- Sensibilité horizontale $\mathbf{S_H = 1ms.div^{-1}}$
- Sensibilité Verticale pour la tension $\mathbf{U_C}$: $\mathbf{S_{V1} = 1V.div^{-1}}$
- Sensibilité Verticale de la tension $\mathbf{U_{R'}}$: $\mathbf{S_{V2} = 0,25V.div^{-1}}$

<u>on donne</u> : $\mathbf{C = 9\mu F}$, $\mathbf{r = 5\Omega}$



1) 1-1 Montrer que l'équation différentielle que vérifie la tension $\mathbf{U_C}$ s'écrit sous la forme :

$$\frac{\mathbf{d^2}}{\mathbf{dt^2}}\mathbf{U_C} + \mathbf{2\lambda}\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{U_C} + \frac{\mathbf{4\pi^2}}{\mathbf{T_0^2}}\mathbf{U_C} = \mathbf{0}$$

donner les expressions de $\mathbf{T_0}$ et $\boldsymbol{\lambda}$

($\mathbf{T_0}$ représente la période propre du circuit LC)

1-2 la solution de cette équation différentielle s'écrit $\mathbf{U_C = A.e^{-\lambda t}.\cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)}$

avec $\mathbf{T}$ est **la pseudo-période** des oscillations dans le circuit.

$\mathbf{T = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2}}}}$

déterminer graphiquement la valeur de $\mathbf{A}$

1-3 comparer la résistance totale $\mathbf{R_T}$ du circuit avec le rapport $\mathbf{L}$ / $\mathbf{C}$ pour que $\mathbf{T \approx T_0}$

2) en utilisant le document (2) et en considérant que $\mathbf{T \approx T_0}$, calculer la valeur de $\mathbf{L}$

3) Calculer l'énergie totale du circuit en chacun des points **A** et **B** repérés dans **la figure (2)** , puis déduire l'énergie dissipée par l'effet joule dans le circuit

4) on accepte que l'énergie totale de l'oscillateur diminue de $\mathbf{p = 27,5\%}$ au cours de chaque pseudo-période

4-1 Montrer que l'expression de l'énergie totale à l'instant $\mathbf{t = nT}$ peut s'écrire sous la forme $\mathbf{E_n = E_0(1-p)^n}$ $(n \in \mathbb{N})$, $\mathbf{E_0}$ l'energie à t = 0

4-2 pour une valeur de $\boldsymbol{n}$, l'énergie diminue de **96%** de sa valeur initiale , déterminer la valeur de $\boldsymbol{n}$

5) On remplace la résistance **R'** par une autre résistance **R** variable.

on donne l'équation différentielle du circuit en fonction de la charge $\mathbf{q(t)}$ du condensateur

$\mathbf{\frac{d^2}{dt^2}q(t) + A.\frac{d}{dt}q(t) + B.q(t) = 0}$ (A et B sont deux constants positives à déterminer)

On fait varier la résistance $\mathbf{R}$, et on constate que pour $\mathbf{A > 2\sqrt{B}}$ le Régime des oscillations est apériodique.

Dans ce cas la résistance totale $\mathbf{R_T}$ du circuit est supérieur à un valeur $\mathbf{R_C}$ (Résistance critique)

En utilisant les équations aux dimensions, vérifier que l'expression de $\mathbf{R_C}$ a la dimension d'une résistance et determiner la valeur minimal de R.

Elomrani

Physique 3 Mécanique

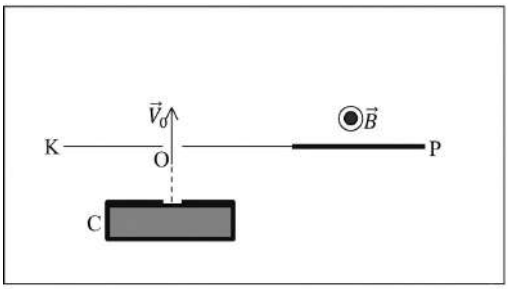
Partie 1 Séparation des isotopes d'un élément

Des ions de masse **m** et de charge **q** sont émis par une chambre d'ionisation **C** avec une vitesse nulle. Ils sont ensuite accélérés par une tension appliquée entre la chambre d'ionisation et l'électrode K horizontale percée d'un trou comme l'indique le schéma de la figure ci-contre.

Le dispositif est placé dans l'espace où règne un vide supposé parfait.

Le poids des ions est négligeable devant les autres forces et les vitesses sont faibles devant la célérité de la lumière dans le vide.

Un ion arrive par le trou O avec une vitesse $\vec{V}_0$ dans une zone où règne le champ magnétique uniforme $\vec{B}$ et parvient dans la plaque photographique **P** se trouvant dans le plan horizontal de K, en un point $\mathbf{I_0}$.



On donne : $\mathbf{m = 3,85 \times 10^{-25} kg}$; $\mathbf{V_0 = 1,0.10^5 m/s}$; $\mathbf{B = 0,2T}$; $\mathbf{|q| = 3,2 \times 10^{-19} C}$; **e**

La masse d'un proton est égale à la masse d'un neutron : $\mathbf{m_p = m_n = m = 1,67.10^{-27} kg}$.

1) Donner le signe de la charge de l'ion étudié. Justifier.

2) Montrer que le mouvement circulaire d'un ion dans la zone de $\vec{B}$ est uniforme, puis exprimer la distance $\mathbf{OI_0}$ en fonction de **m, B, q et** $\mathbf{V_0}$.

3) Les ions ont sensiblement la même masse m mais des vitesses différentes. La valeur des vitesses des ions en **O** est comprise entre $\mathbf{V_0(1+a)}$ et $\mathbf{V_0(1-a)}$. Les ions de vitesse $\mathbf{V_1 = V_0(1+a)}$ impressionnent la plaque **P** en un point **I**, alors que les ions de vitesse $\mathbf{V_2 = V_0(1-a)}$ l'impressionnent en un point $\mathbf{I'}$.

Calculer la distance $\mathbf{D = II'}$. On donne $\mathbf{a = 5.10^{-3}}$

4) Les ions ${}^{x}X^{2+}$ et ${}^{y}X^{2+}$ produits par la chambre d'ionisation ont la même vitesse $\mathbf{V_0}$ mais sont des isotopes d'un élément. Ils décrivent des trajectoires circulaires ayant pour rayons respectifs $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$.

4.1. Exprimer le rapport $\dfrac{\mathbf{R_1}}{\mathbf{R_2}}$ en fonction de **x** et **y**

4.2. Sachant que $\mathbf{2R_1 = 1,2035m}$ et $\dfrac{\mathbf{R_1}}{\mathbf{R_2}} = \mathbf{0,991}$

Calculer **x** et **y**.

4.3. Identifier l'élément chimique étudié dans la liste ci-contre.

Elément chimique	**Thorium**		**Uranium**	
Nombre de masse	232	234	235	238

Elomrani

Partie 2 Voyage avec un satellite

Le centre spatial de Kourou a lancé le 21 décembre 2005, avec une fusée Ariane 5, un satellite de météorologie de seconde génération baptisé MSG-2. Tout comme ses prédécesseurs, il est placé sur une orbite géostationnaire à 36000 km d'altitude. Opérationnel depuis juillet 2006, il porte maintenant le nom de Météosat 9. Ces satellites de seconde génération sont actuellement les plus performants au monde dans le domaine de l'imagerie météorologique. Ils assureront jusqu'en 2018 la fourniture de données météorologiques, climatiques et environnementales.

L'objectif de cet exercice est d'étudier plusieurs étapes de la mise en orbite de ce satellite (les trois parties sont indépendantes).

A. Première partie : décollage de la fusée Ariane V

■ Pour ce lancement, la fusée Ariane 5 a une masse totale M. Sa propulsion est assurée par un ensemble de dispositifs fournissant une force de poussée $\vec{F}$ verticale et constante. Tout au long du décollage, on admet que la valeur g du vecteur champ de pesanteur est également constante.

- On étudie le mouvement du système {fusée} dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère $(\mathbf{O}, \vec{\mathbf{j}})$ dans lequel $\vec{\mathbf{j}}$ est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe Oy.
- À l'instant $\mathbf{t_0 = 0}$ s, Ariane 5 est immobile et son centre d'inertie G est confondu avec l'origine O du repère.

Données :
- Masse totale de la fusée : $\mathbf{M = 7,3 \times 10^5}$ kg
- Force de poussée : $\mathbf{F = 1,16 \times 10^7}$ N
- Valeur du vecteur champ de pesanteur : $\mathbf{g = 10}$ m.s^{-2}

1. Cas idéal

Dans ce cas, on supposera que seuls le poids $\vec{\mathbf{P}}$ et la force de poussée agissent sur la fusée et, pendant la durée de fonctionnement, on admettra que la masse M de la fusée reste constante.

a) Sans échelle, représenter ces forces, au point G, pendant le décollage, sur le schéma de l'annexe 1.

b) En appliquant la $\mathbf{2}^{\text{ème}}$ loi de Newton au système, trouver établir l'expression de la valeur **a** du vecteur accélération du centre d'inertie de la fusée dès que celle-ci a quitté le sol.

c) Calculer cette valeur.

d) Pendant le lancement, on suppose que la valeur **a** du vecteur accélération de G reste constante. Etablir l'expression de la valeur **v** du vecteur vitesse en fonction du temps.

e) En déduire l'équation horaire du mouvement de G.

f) La trajectoire ascensionnelle de la fusée reste verticale jusqu'à la date $\mathbf{t_1 = 6,0}$ s. Quelle distance d la fusée a-t-elle alors parcourue depuis son décollage ?

2. Cas réel

Au cours de ce lancement, Ariane 5 a en fait parcouru un peu moins de **90 m** pendant les 6 premières secondes. Citer un phénomène permettant d'interpréter cette donnée.

Dans la suite de l'exercice, on suppose que la Terre est une sphère de centre d'inertie T, de masse $\mathbf{M_T}$*, de rayon* $\mathbf{R_T}$*. On assimile par ailleurs le satellite à son centre d'inertie S.*
L'étude de son mouvement se fait dans un référentiel géocentrique supposé galiléen.

Données :
- Masse de la Terre : $\mathbf{M_T = 6,0 \times 10^{24}}$ kg
- Rayon de la Terre : $\mathbf{R_T = 6,4 \times 10^3}$ km
- Constante de gravitation universelle : $\mathbf{G = 6,67 \times 10^{-11}}$ kg^{-1}.m^3.s^{-2}

Elomrani

B. Deuxième partie : mise en orbite basse du satellite

La mise en orbite complète du satellite MSG-2 de masse $\mathbf{m = 2,0 \times 10^3}$ kg s'accomplit en deux étapes. Dans un premier temps, il est placé autour de la Terre sur une orbite circulaire à basse altitude ($\mathbf{h = 6,0 \times 10^2}$ km) et le vecteur vitesse de son centre d'inertie a pour valeur constante $\mathbf{v_S}$. Il n'est alors soumis qu'à la force gravitationnelle $\vec{\mathbf{F}}_{T/S}$ exercée par la Terre.
On choisit une base de Frenet $(\mathbf{S}, \vec{\tau}, \vec{\mathbf{n}})$ dans laquelle $\vec{\tau}$ est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement et $\vec{\mathbf{n}}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à $\vec{\tau}$ et orienté vers le centre d'inertie T de la Terre.

1. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite.

2. Etablir l'expression du vecteur accélération $\vec{\mathbf{a}}_S$ du centre d'inertie du satellite.

3. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date t quelconque, la Terre, le satellite, la base de Frenet ainsi que le vecteur accélération $\vec{\mathbf{a}}_S$.

4. Déterminer l'expression de $\mathbf{v_S}$ et vérifier que cette valeur est égale à $\mathbf{7,6 \times 10^3}$ m.s^{-1}.

5. On note $\mathbf{T}$ le temps mis par le satellite pour faire un tour autour de la Terre. Comment appelle-t-on cette grandeur ? Montrer qu'elle vérifie la relation : $\mathbf{T^2 = 4\pi^2 \cdot \dfrac{(R_T + h)^3}{G.M_T}}$.

C. Troisième partie : transfert du satellite en orbite géostationnaire

Une fois le satellite MSG-2 placé sur son orbite circulaire basse, on le fait passer sur une orbite géostationnaire à l'altitude $\mathbf{h' = 3,6 \times 10^4}$ km. Ce transit s'opère sur une orbite de transfert qui est elliptique. Le schéma de principe est représenté en annexe 2.
Le périgée $\mathbf{P}$ est sur l'orbite circulaire basse et l'apogée $\mathbf{A}$ est sur l'orbite définitive géostationnaire. À un moment convenu, lorsque le satellite est au point $\mathbf{P}$ de son orbite circulaire basse, on augmente sa vitesse de façon bien précise : il décrit ainsi une orbite elliptique de transfert afin que l'apogée $\mathbf{A}$ de l'ellipse soit sur l'orbite géostationnaire définitive. On utilise pour cela un petit réacteur qui émet en P, pendant un très court instant, un jet de gaz donnant au satellite l'impulsion nécessaire.

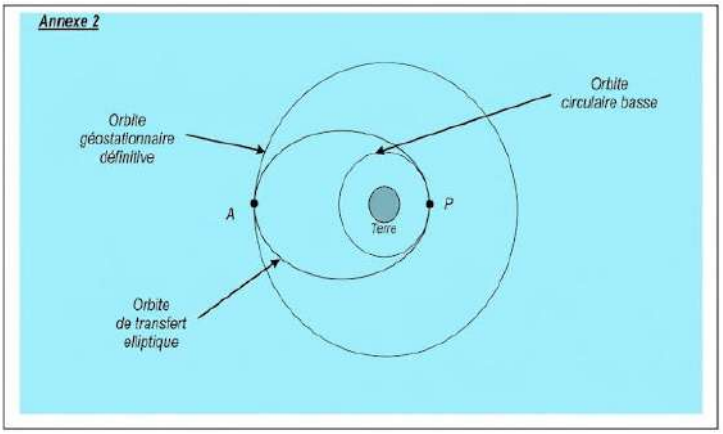
1. Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou « loi des aires ».

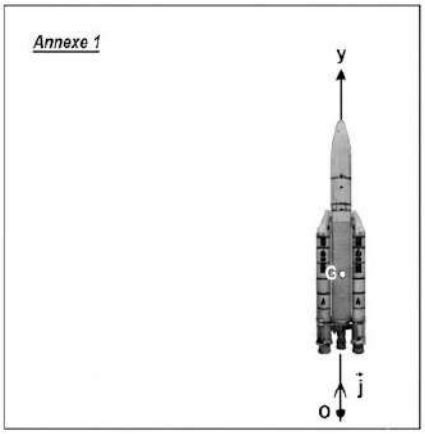
2. Sans justifier, dire si la vitesse du satellite MSG-2 est constante sur son orbite de transfert. Si non, préciser en quels points la vitesse est maximale et minimale.

3. Exprimer la distance $\mathbf{AP}$ en fonction de $\mathbf{R_T}$, $\mathbf{h}$ et $\mathbf{h'}$ et montrer que $\mathbf{AP = 4,9 \times 10^7}$ m.

4. Dans le cas de cette orbite elliptique, la durée de révolution pour faire un tour complet de l'orbite vaut : $\mathbf{T' = 10h\ 42}$min. Déterminer la durée minimale $\boldsymbol{\Delta t}$ du transfert du satellite MSG-2 du point P de son orbite basse au point A de son orbite géostationnaire définitive.

5. Le satellite étant arrivé au point A, on augmente à nouveau sa vitesse pour qu'il décrive ensuite son orbite géostationnaire définitive. Le lancement complet du satellite est alors achevé et le processus permettant de le rendre opérationnel peut débuter. Expliquer pourquoi il est judicieux de lancer les satellites géostationnaires d'un lieu comme Kourou en Guyane.





Elomrani

CHIMIE

Bac Blanc 7 (SM) Solutions : Étude de l'acide méthanoïque, Dosage et Saponification

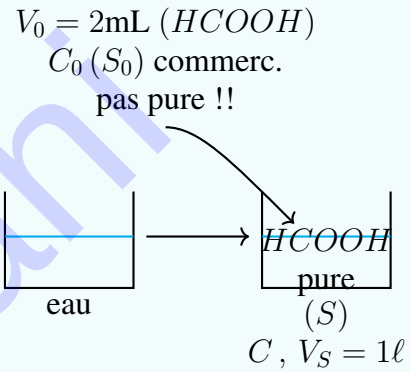
Partie 1 : Étude de la solution d'acide méthanoïque

1°) 1-1 Équation de la réaction

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$

1-2 Démonstration du pH ($\tau \ll 1$)

$$K_A = \frac{[HCOO^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[HCOOH]_f} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f}$$



On a : $\tau = \frac{[H_3O^+]_f}{C}$. Puisque $\tau \ll 1 \implies \frac{[H_3O^+]_f}{C} \ll 1 \implies [H_3O^+]_f \ll C$. Donc : $C - [H_3O^+]_f \simeq C$. Alors :

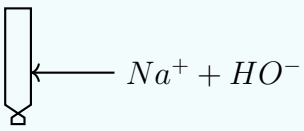
$$K_A \simeq \frac{[H_3O^+]_f^2}{C} \implies [H_3O^+]_f^2 = K_A \cdot C$$

$$\log([H_3O^+]_f^2) = \log(K_A \cdot C) \implies 2\log([H_3O^+]_f) = \log(K_A) + \log(C)$$

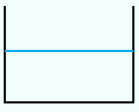
$$-\log([H_3O^+]_f) = -\frac{1}{2}(\log K_A + \log C)$$

$$\boxed{pH = \tfrac{1}{2}(pK_A - \log C)}$$

2°) 2-1 Équation du dosage



	$HCOOH$	$+$	HO^-	$\longrightarrow$	$HCOO^-$	$+$	H_2O
E.I	CV_A		C_BV_B		0		
E.F	$CV_A - x$		$C_BV_B - x$		x		



$V_S = V_A = 50$mL

2-2 Expression de $[H_3O^+]$

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\right) = pK_A + \log\left(\frac{x_m}{CV_A - x_m}\right)$$

(pour chaque pH la réaction est Totale $\implies x_f = x_m$ constant). $V_B < V_{BE}$ le

Elomrani

réactif limitant est HO^- donc $x_m = C_B V_B$.

$pH = pK_A + \log\left(\dfrac{C_B V_B}{CV_A - C_B V_B}\right)$ d'après la relation d'équivalence $CV_A = C_B V_{BE}$

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{C_B V_B}{C_B V_{BE} - C_B V_B}\right) = pK_A + \log\left(\frac{V_B}{V_{BE} - V_B}\right)$$

$$\log\left(\frac{V_B}{V_{BE} - V_B}\right) = pH - pK_A \implies \log\left(\frac{V_{BE} - V_B}{V_B}\right) = pK_A - pH$$

$$\frac{V_{BE} - V_B}{V_B} = 10^{pK_A - pH} = \frac{10^{-pH}}{10^{-pK_A}} = \frac{10^{-pH}}{K_A} = \frac{[H_3O^+]}{K_A}$$

$$\implies [H_3O^+] = K_A\left(\tfrac{V_{BE} - V_B}{V_B}\right) = K_A\left(\tfrac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$$

Autre méthode :

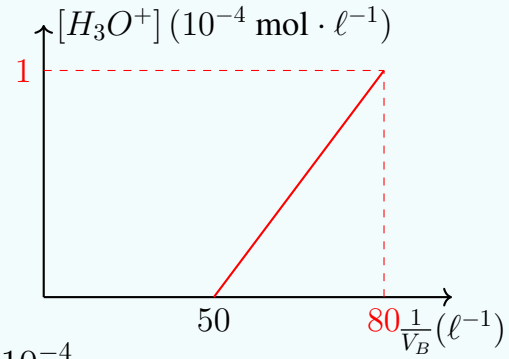
$$K_A = \frac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]} \implies [H_3O^+] = K_A\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = K_A\left(\frac{CV_A - x_m}{x_m}\right) = K_A\left(\frac{CV_A - C_B V_B}{C_B V_B}\right)$$

$$[H_3O^+] = K_A\left(\frac{C_B V_{BE} - C_B V_B}{C_B V_B}\right) = K_A\left(\frac{V_{BE} - V_B}{V_B}\right) = K_A\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$$

2-3 à 2-6 : Exploitation du Graphe et Concentrations

2-3 Calcul de V_{BE} et pK_A Question 2-2 : $[H_3O^+] = (K_A \cdot V_{BE}) \cdot \frac{1}{V_B} - K_A$ ①

Équation de la courbe : $y = ax + b$



$$a = \frac{0 - 10^{-4}}{50 - 80} \simeq 3,33 \cdot 10^{-6}$$

$y = ax + b$ (pour $x = 80 \to y = 10^{-4}$)

$10^{-4} = 3,33 \cdot 10^{-6}(80) + b \implies b = -1,66 \cdot 10^{-4}$

Donc :

$$[H_3O^+] = 3,33 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{V_B} - 1,66 \cdot 10^{-4} \quad ②$$

Par analogie entre ① et ② :

$$\begin{cases} K_A = 1,66 \cdot 10^{-4} \implies pK_A = 3,78 \\ K_A \cdot V_{BE} = 3,33 \cdot 10^{-6} \implies V_{BE} = \frac{3,33 \cdot 10^{-6}}{1,66 \cdot 10^{-4}} = 0,020\ \text{L} \implies V_{BE} = 20\ \textbf{mL} \end{cases}$$

Elomrani

2-4 Calcul de C

$$C \cdot V_A = C_B V_{BE} \implies C = \frac{0,1 \times 20}{50} \implies C = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

* $pH = ?$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log C) = \frac{1}{2}(3,78 - \log(4 \cdot 10^{-2})) \implies pH \simeq 2,59$$

2-5 Calcul de p (pourcentage de pureté)

$C = \dfrac{n(HCOOH)_{pure}}{V_S}$ (préparation de la solution (S), voir schéma $1°/\,1-1$)

$$C = \frac{m(HCOOH)_{pure}}{M \cdot V_S} \implies m(HCOOH)_{pure} = C \cdot M \cdot V_S = 4 \cdot 10^{-2} \times 46 \times 1 = 1,84 \text{ g}$$

$$p = \frac{m(HCOOH)_{pure} \text{ dans (S)}}{m(HCOOH) \text{ commercial dans (S)}} \quad \left(d = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{m_{com}(HCOOH)/V_0}{\rho_0}\right)$$

$m(HCOOH)_{com} = d \cdot \rho_0 \cdot V_0 = 1,15 \times 1 \text{ kg/L} \times 2 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 2,3 \text{ g}$

$$p = \frac{1,84}{2,30} = 0,8 \implies p = 80\%$$

2-6 Prédominance à $V_B = 12,5$ mL

$$V_B = 12,5 \text{ mL} \longrightarrow \frac{1}{V_B} = \frac{1}{12,5 \cdot 10^{-3}} = 80 \text{ L}^{-1}$$

D'après la courbe $\longrightarrow [H_3O^+] = 10^{-4}$ mol $\cdot$ L^{-1} $\implies$ $pH = 4$. On sait que :

$pH = pK_A + \log\left(\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\right) \implies \log\left(\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\right) = 4 - 3,78 = 0,22.$

donc $\dfrac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 10^{0,22} = 1,66 \implies \dfrac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = 0,6 < 1 \implies [HCOOH] < [HC$

(la base prédomine sur l'acide).

2-7 Calcul de K et Taux d'avancement 2-8

$$K = \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH][HO^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{K_A}{K_e} = \frac{10^{-3,78}}{10^{-14}} \implies K = 1,66 \cdot 10^{10} > 10^4$$

(**Réaction Totale**)

2-8 $\tau = \frac{x_f}{x_m}$ (pour $V_B = 12,5$ mL $\implies$ $pH = 4$). $V_B < V_{BE} \implies x_m = C_B V_B$. $x_f = ?$

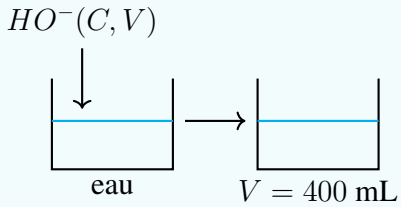
$n(HO^-)_f = C_B V_B - x_f \implies x_f = C_B V_B - n(HO^-)_f = C_B V_B - [HO^-]_f(V_A + V_B)$

$$x_f = C_B V_B - \frac{K_e}{[H_3O^+]}(V_A + V_B) = C_B V_B - K_e \cdot 10^{pH}(V_A + V_B)$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = 1 - \frac{K_e \cdot 10^{pH}(V_A + V_B)}{C_B V_B} = 1 - \frac{10^{-14} \cdot 10^4 (50 + 12,5) \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}} \simeq 0,999 \implies \tau \simeq$$

Elomrani

Partie 3 : Suivi cinétique d'une saponification



$CH_3COOCH_2CH_{3(l)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + C_2H$				
$0,01$	$CV = 1,6 \cdot 10^{-3}$	▮	0	0
$0,01 - x$	$1,6 \cdot 10^{-3} - x$	▮	x	x

1°) Réactif limitant :

$$\frac{n_i(HO^-)}{1} < \frac{n_i(CH_3COOCH_2CH_3)}{1} \Longrightarrow \text{ } HO^- \textbf{ est le Réactif limitant}$$

2°) Expression de $[CH_3COO^-](t)$ en fonction du pH :

$$[CH_3COO^-](t) = \frac{x}{V} \quad ; \quad \text{Tableau : } n(HO^-)(t) = 1,6 \cdot 10^{-3} - x$$

$$\text{donc } x = 1,6 \cdot 10^{-3} - n(HO^-)(t)$$

$$[CH_3COO^-](t) = \frac{1,6 \cdot 10^{-3} - n(HO^-)(t)}{V} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{V} - \frac{[HO^-] \cdot V}{V} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot 10^{-3}} - [HO$$

$$[CH_3COO^-](t) = 4 \cdot 10^{-3} - \frac{K_e}{[H_3O^+]} = 4 \cdot 10^{-3} - \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} \Longrightarrow [CH_3COO^-](t) = 4 \cdot 10^{-3} -$$

3°) Composition du mélange à $t = 8$ min : D'après le Tableau : $[HO^-] = 1,3 \cdot 10^{-3}$ mol/L. On sait que $n(HO^-) = [HO^-] \cdot V = 5,2 \cdot 10^{-4}$ mol. On a $n(HO^-) = 1,6 \cdot 10^{-3} - x \Longrightarrow x = 1,6 \cdot 10^{-3} - n(HO^-) \Longrightarrow x = 1,08 \cdot 10^{-3}$ mol.

Composition du mélange :

$$n(HO^-) = 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad ; \quad n(CH_3COOCH_2CH_3) = 0,01 - x = 8,92 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(CH_3COO^-) = n(C_2H_5OH) = x = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4°) Vitesse volumique $V(t = 0)$

$$V = \frac{1}{V(S)} \frac{dx}{dt} \quad / \quad \text{On a : } [CH_3COO^-] = \frac{x}{V(S)} \Longrightarrow x = V(S) \cdot [CH_3COO^-]$$

$$V = \frac{1}{V(S)} \cdot \frac{d}{dt} \left(V(S) \cdot [CH_3COO^-] \right) = \frac{d}{dt} \left([CH_3COO^-](t) \right)$$

On remplace par l'expression trouvée :

$$V = \frac{d}{dt} \left(4 \cdot 10^{-3} - 10^{pH - pK_e} \right) = \underbrace{\frac{d}{dt}(4 \cdot 10^{-3})}_{=0} - \frac{d}{dt} \left(10^{pH} \cdot 10^{-pK_e} \right)$$

Elomrani

$$V = -10^{-pK_e}\frac{d}{dt}(10^{pH}) = -10^{-14}\frac{d}{dt}(10^{pH}) = -10^{-14}\left(\ln(10)\cdot\frac{d(pH)}{dt}\cdot 10^{pH}\right)$$

$$V = -10^{-14}\cdot\ln(10)\cdot\frac{d(pH)}{dt}\cdot 10^{pH}$$

Calcul de $V(t=0)$: Tableau initial : $[HO^-] = 4\cdot10^{-3}$ mol/L $\Longrightarrow$ $[H_3O^+] = \frac{K_e}{[HO^-]} = 2,5\cdot10^{-12}$. $pH = -\log([H_3O^+]) = 11,6$. Graphiquement (donnée estimée/tangente) : $\frac{d(pH)}{dt} = -0,25$.

$$V(t=0) = -10^{-14}\cdot\ln(10)\cdot(-0,25)\cdot10^{11,6} \Longrightarrow V(t=0) \simeq 2,3\cdot10^{-3}\ \textbf{mol}\cdot\textbf{L}^{-1}\cdot\textbf{s}^{-1}$$

5°) Temps de demi-réaction $t_{1/2}$ À $t = t_{1/2} \Longrightarrow x = \frac{x_m}{2}$.

$$[HO^-](t_{1/2}) = \frac{1,6\cdot10^{-3} - \frac{x_m}{2}}{V} = \frac{1,6\cdot10^{-3} - 0,8\cdot10^{-3}}{0,4} = 2\cdot10^{-3}\ \text{mol/L}$$

À partir du Tableau (ou courbe) donnant l'évolution de $[HO^-]$, la valeur $2\cdot10^{-3}$ mol/L correspond à : $t_{1/2} = 4$ **min**

PHYSIQUE : 1

Ondes lumineuses : Propagation dans une fibre optique

Étude de la propagation

1°) * La fréquence ν : dépend de la source. * La Vitesse et $\lambda = f$(milieu).
(a) V (b) F (c) F (d) V

2°) $n_R = 1,47 + 5,94\cdot10^{-32}\nu_R^2$
$n_R = 1,48$
$n_B = 1,47 + 5,94\cdot10^{-32}\nu_B^2$
$n_B = 1,50$

3°) $n_R = \frac{c}{V_R} \Longrightarrow V_R = \frac{c}{n_R}$ $V_B = \frac{c}{n_B}$ (différence milieu)

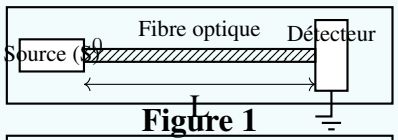


Figure 1

Figure 2

Elomrani

$$V_R = 2,03 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
$$V_B = 2 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

D'après le graphe (5 divisions entre les signaux) :

$$\tau = 4{\cdot}10^{-3} \times 5 = 20{\cdot}10^{-3} \mu\text{s} = 2{\cdot}10^{-8} \text{ s}$$

4°) L =? $V_R > V_B$ et les deux rayons parcourent la même L. donc $\Delta t(R) < \Delta t(B)$.

$$\tau = \Delta t_B - \Delta t_{(R)} > 0 \implies \tau = \frac{L}{V_B} - \frac{L}{V_R} = L\left(\frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_R}\right)$$

$$L = \frac{\tau}{\frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_R}} = \frac{2 \cdot 10^{-8}}{\frac{1}{2{\cdot}10^8} - \frac{1}{2{,}03{\cdot}10^8}}$$

$L \simeq 4 \cdot 10^{-2}$ **m** (4**cm**)

5°) Fréquence maximale N_S

$$\lambda_B < \lambda < \lambda_R$$

$$\text{donc } \frac{\lambda_0}{\lambda_B} > \frac{\lambda_0}{\lambda} > \frac{\lambda_0}{\lambda_R} \implies n_B > n > n_R$$

$$n_R < n < n_B \quad \left(\text{on a : } n = 1,47 + 5,94 \cdot 10^{-32}\nu^2\right)$$

$$1,47 + 5,94 \cdot 10^{-32}\nu_R^2 < 1,47 + 5,94 \cdot 10^{-32}\nu^2 < 1,47 + 5,94 \cdot 10^{-32}\nu_B^2$$

$$\text{donc } \nu_R^2 < \nu^2 < \nu_B^2 \implies \nu_{(R)} < \nu < \nu_B \quad \left(\nwarrow \nu_{(\max)} = N_S\right)$$

$N_{(S)} = \nu_B = 7,2 \cdot 10^{14}$ **Hz**

Elomrani

PHYSIQUE : 2

Circuit RLC en régime pseudo-périodique

1) Équation différentielle du circuit

1-1 (K) en 2

$$U_{R'} + U_L + U_C = 0$$

$$R'i + ri + L\frac{di}{dt} + U_C = 0 \quad \left(i = C\frac{dU_C}{dt}\right)$$

$$(R' + r) \cdot C\frac{dU_C}{dt} + LC\frac{d^2U_C}{dt^2} + U_C = 0$$

On pose : $R_T = R' + r = R_{eq}$

$$\frac{R_T \cdot C}{LC}\frac{dU_C}{dt} + \frac{LC}{LC}\frac{d^2U_C}{dt^2} + \frac{U_C}{LC} = 0$$

$$\frac{d^2}{dt^2}U_C + \frac{R_T}{L}\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC}U_C = 0$$

On sait que : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$. donc $T_0^2 = 4\pi^2 LC \implies LC = \frac{T_0^2}{4\pi^2}$.

$$\longrightarrow \frac{d^2}{dt^2}U_C + \left(\frac{R_T}{L}\right)\frac{dU_C}{dt} + \frac{4\pi^2}{T_0^2}U_C = 0$$

données : $\frac{d^2}{dt^2}U_C + (2\lambda)\frac{dU_C}{dt} + \frac{4\pi^2}{T_0^2}U_C = 0$

Par identification : $\lambda = \frac{R_T}{2L}$

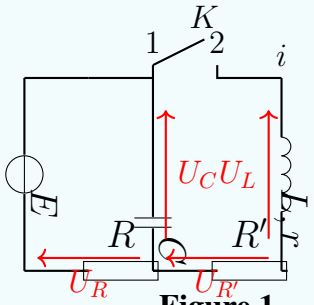


Figure 1

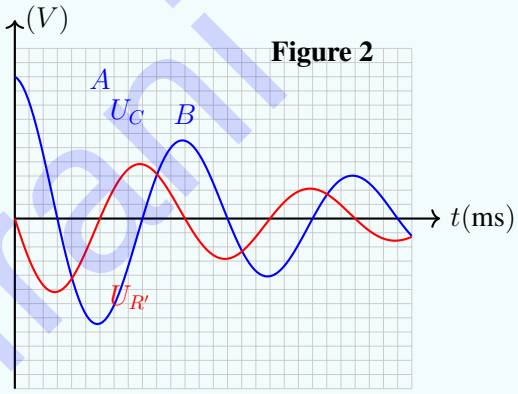


Figure 2

1-2 et 1-3 : Paramètres de la solution et Condition sur la période

1-2 $U_C(t) = A \cdot e^{-\lambda t} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ / $T = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2}}}$

Calcul de A : À $t = 0$ $U_C(0) = A \cdot e^0 \cdot \cos\varphi = A \cdot \cos\varphi \implies U_C(0) = A \cdot \cos\varphi$ ①

d'après le graphe : à $t = 0$ $U_C(t = 0) = U(0)$ est maximale. formule ① $U_C(0) = A \cdot \cos\varphi$, puisque $U_C(0)$ est maximale donc $\cos\varphi$ doit être max : 1.

$$U_C(0) = A \cdot 1$$

graphe $\implies$ max = 6 V.

$$6 = A \cdot 1 \implies A = 6\ \mathbf{V}$$

Elomrani

1-3 $T = \dfrac{1}{\sqrt{\frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2}}}$ pour que $T \simeq T_0$ il faut $\frac{1}{T_0^2} \gg \frac{\lambda^2}{4\pi^2}$.

$$\frac{1}{T_0^2} \gg \frac{\lambda^2}{4\pi^2} \Longrightarrow T_0^2 \ll \frac{4\pi^2}{\lambda^2}$$

$$4\pi^2 LC \ll \frac{4\pi^2}{(R_T/2L)^2}$$

$$LC \ll \frac{4L^2}{R_T^2} \Longrightarrow \frac{R_T^2}{4L^2} \ll \frac{1}{LC}$$

$$\text{donc } R_T^2 \ll \frac{4L}{C}$$

$$R_{T_{eq}} \ll 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

Justification (sur le côté) : Si $\frac{1}{T_0^2} \gg \frac{\lambda^2}{4\pi^2}$:

$$\frac{1}{T_0^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2} \simeq \frac{1}{T_0^2}$$

$$T = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{T_0^2}}} = \frac{1}{1/T_0}$$

$$\Longrightarrow T = T_0$$

PHYSIQUE : Électricité (Fin)

Énergie dans un circuit RLC et Résistance Critique

Étude de l'énergie et régime critique

2°) $T \simeq T_0 \Longrightarrow T = 2\pi\sqrt{LC} \Longrightarrow T^2 = 4\pi^2 LC \Longrightarrow L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}$. graphe : $T = 10$ div $\times$ 1 ms $= 10$ ms $= 10^{-2}$ s.

$$L = \frac{10^{-4}}{40 \times 9 \cdot 10^{-6}} \Longrightarrow L = 0,28 \text{ H}$$

3°) Énergie dissipée

$$E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2}CU_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

au points A et B (Voir graphe) : * **point A :** $U_{C(A)} = 4$ V ; $i = C\frac{dU_C}{dt}$ (en A : U_C est max $\Longrightarrow \frac{dU_C}{dt} = 0 \Longrightarrow i(A) = 0$).

$$E_{T(A)} = \frac{1}{2}CU_{C(A)}^2 + \frac{1}{2}Li^2(A) = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \times (4)^2 \Longrightarrow E_{T(A)} = 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

* **point B :** $U_C = 0$ et $U_{R'} = 3 \times 0,25 = 0,75$ V $= R' \cdot i \Longrightarrow i = \frac{0,75}{R'}$ (avec $R' = 100\,\Omega$). $i = 7,5 \cdot 10^{-3}$ A. Donc $E_{T(B)} = \frac{1}{2}CU_C^2 + \frac{1}{2}Li^2 =$

Elomrani

$\frac{1}{2}\cdot C\cdot 0+\frac{1}{2}L(7,5\cdot 10^{-3})^2$.

$$E_{T(B)}=7,87\cdot 10^{-6}\ \textbf{J}$$

Énergie dissipée :

$$\mathcal{E}(\text{dissipée})=|\Delta E_T|=|E_{T(B)}-E_{T(A)}|\implies \mathcal{E}(\textbf{dissipée})\simeq 6,41\cdot 10^{-5}\ \textbf{J}$$

4°) Diminution de l'énergie E_T diminue de $p=27,5\%$ au cours de $\Delta t=T$.
4-1 Montrer que $E_n=E_0(1-p)^n$ **:** dém : * à $t=0\longrightarrow E_0=$ énergie Totale initiale * à $t_1=T\longrightarrow E$ diminue de $p=27,5\%$ (perte de $27,5\%$ de E_0) donc E qui reste est :

$$E_1=E_0-\frac{27,5}{100}E_0=E_0-pE_0\implies E_1=E_0(1-p)\ \text{(qui reste)}$$

* à $t=t_2=2T\longrightarrow E_2=E_1-p\cdot E_1=E_1(1-p)=E_0(1-p)(1-p)\implies E_2=E_0(1-p)^2$. * à $t=t_n=nT\longrightarrow E_n=E_0(1-p)^n$.
4-2 Calcul de n : perte de 96% de E donc E_n (qui reste) $=4\%\cdot E_0$. On a : $E_n=E_0(1-p)^n\implies \frac{4}{100}\cdot E_0=E_0(1-p)^n\implies (1-p)^n=0,04$.

$$\ln\left((1-p)^n\right)=\ln(0,04)\implies n\ln(1-p)=\ln(0,04)\implies n=\frac{\ln(0,04)}{\ln\left(1-\frac{27,5}{100}\right)}\implies$$

$n\simeq 10$

5°) Résistance critique

$$\frac{d^2}{dt^2}q(t)+A\frac{d}{dt}q(t)+Bq(t)=0\quad/\quad A=\frac{R_T}{L}\text{ et }B=\frac{4\pi^2}{T_0^2}=\frac{1}{LC}$$

(A et B) même méthode de question 1° (1-1). on a :

$$A>2\sqrt{B}\implies \frac{R+r}{L}>2\sqrt{\frac{1}{LC}}\implies \frac{R_T}{L}>2\sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$R_T>2L\sqrt{\frac{1}{LC}}=2\sqrt{\frac{L^2}{LC}}=2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$R_T>2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ($R_T>R_c$ avec $R_c=2\sqrt{\frac{L}{C}}$ résistance critique). Analyse dimensionnelle : $[R_c]=1\sqrt{\frac{[L]}{[C]}}=[R]$.

$$R_c=2\sqrt{\frac{L}{C}}=R_{\max}+r\implies R_{\max}=2\sqrt{\frac{L}{C}}-r=347,76\implies R_{\max}=347,76\,\Omega$$

Elomrani

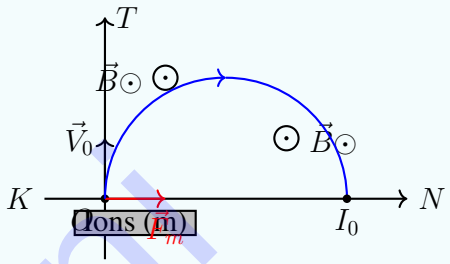
PHYSIQUE : 3 (Mécanique)

Partie 1 : Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique

Étude de la déviation magnétique

1°) Sens du champ magnétique déviation de q à droite donc $\vec{F}_m \perp \vec{V}_0$ et dirigée à droite. (Règle de la main droite donne $\vec{B}\odot$ car $q > 0 \implies q\vec{V}$ même sens de $\vec{V}_0$).

2°) Étude dans la base de Frenet (O, $\vec{T}$, $\vec{N}$) (T tangente, N normale).



$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{F}_m = m\vec{a}_G$$

* sur l'axe des T :

$$F_T = ma_T \implies 0 = ma_T \implies a_T = 0 \implies \frac{dV}{dt} = 0 \implies V = \text{cte}$$

(Mt uniforme)

* sur l'axe N :

$$F_m = ma_N \implies |q|VB = m\frac{V^2}{\rho} \quad (\rho : \text{rayon de courbure})$$

$$|q|B = \frac{mV}{\rho} \implies \rho = \frac{mV}{|q|B} = \text{cte} = R \quad \text{(Mt circulaire)}$$

Le Mouvement est circulaire uniforme.

* $OI_0 =$ diamètre $= 2R \implies OI_0 = \frac{2mV}{|q|B} = \frac{2mV}{qB} \quad (q > 0)$

Elomrani

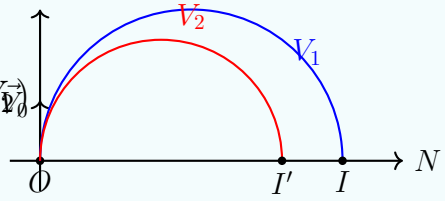
3°) Séparation isotopique

$V_0(1-a) < V_2 < V < V_1 < V_0(1+a)$

Calcul de $D = II'$

$$OI = \frac{2mV_1}{qB} \quad \text{et} \quad OI' = \frac{2mV_2}{qB}$$

$$II' = OI - OI' = \frac{2mV_1}{qB} - \frac{2mV_2}{qB} = \frac{2m}{qB}(V_1 - V_2)$$



On a : $V_1 = V_0(1+a)$ et $V_2 = V_0(1-a) \implies V_1 - V_2 = 2V_0a$.

$$II' = \frac{2m}{qB}(2V_0a) = \frac{4m \cdot V_0 \cdot a}{qB}$$

$$\boxed{II' = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

4°) Identification des isotopes 4-1

$$R_1 = \frac{m_1 V_0}{qB} \quad \left(m({}^{x}X^{2+}) = x \cdot m(p)\right) \implies R_1 = \frac{x \cdot m(p) \cdot V_0}{qB}$$

$$R_2 = \frac{m_2 V_0}{qB} \implies R_2 = \frac{y \cdot m(p) \cdot V_0}{qB} \implies \frac{R_1}{R_2} = \frac{x}{y}$$

4-2 Valeurs de x et y :

$$\frac{R_1}{R_2} = 0,991$$

On a : $2R_1 = 1,2035$ m $\implies R_1 = 0,60175$ m $\implies R_2 = \frac{R_1}{0,991} = 0,6072$ m.

$$R_1 = \frac{x \cdot m(p) \cdot V_0}{2e \cdot B} \quad (\text{car } {}^{x}X^{2+} \implies q = 2e)$$

$$\text{donc } x = \frac{R_1 \cdot 2e \cdot B}{m(p) \cdot V_0} \implies x = 230,61 \implies x \simeq 231$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{x}{y} \implies y = \frac{x \cdot R_2}{R_1} \implies y = 233 \implies y \simeq 234$$

4-3 Identification : L'élément ${}^{x}X^{2+}$ avec $y = 234 \implies {}^{234}Th$ (STOP)

Elomrani

PHYSIQUE : Mécanique

Décollage de la fusée Ariane V et Étude de satellites (Lois de Kepler)

A. Première partie : décollage de la fusée Ariane V

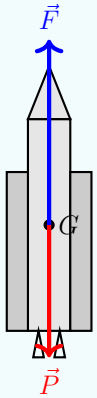
1. Cas idéal

a) *Sans échelle, représenter ces forces, au point G, pendant le décollage, sur le schéma de l'annexe 2.*

b) *En appliquant la 2ème loi de Newton au système, établir l'expression de la valeur a du vecteur accélération du centre d'inertie de la fusée dès que celle-ci a quitté le sol.*

2ème loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = M.\vec{a}$

Projection dans le repère $(O, \vec{j})$: $P_y.\vec{j} + F_y.\vec{j} = M.a_y.\vec{j} \Longrightarrow P_y + F_y = M.a_y$ avec : $P_y = -P = -M.g$; $F_y = F$; $a_y = a$



$$\Longrightarrow -M.g + F = M.a \quad \text{et} \quad a = \frac{F}{M} - g$$

c) *Calculer cette valeur.*

$$a = \frac{1,16 \times 10^7}{7,3 \times 10^5} - 10 = 5,9 \text{ m.s}^{-2}$$

d) *Pendant le lancement, on suppose que la valeur a du vecteur accélération de G reste constante. Établir l'expression de la valeur v du vecteur vitesse en fonction du temps.*

$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Longrightarrow \vec{v}$ est une primitive de $\vec{a}$, v_y est une primitive de a_y et v est une primitive de a ($v_y > 0$ et $a_y > 0$) : $v = 5,9.t +$ cte. À $t = 0$ on a $v = 0 \Longrightarrow$ Cte $= 0$ et $v = 5,9.t$.

e) *En déduire l'équation horaire du mouvement de G.*

$\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt} \Longrightarrow \vec{OG}$ est une primitive de $\vec{v}$ et y est une primitive de v ($y > 0$) : $y = 3,0.t^2 +$ Cte. À $t = 0$ on a $y = 0 \Longrightarrow$ Cte $= 0$ et $y = 3,0.t^2$.

f) *La trajectoire ascensionnelle de la fusée reste verticale jusqu'à la date $t_1 = 6,0$ s. Quelle distance d la fusée a-t-elle alors parcourue depuis son décollage ?*

$d = 3,0.t_1^2$ soit : $d = 3,0 \times (6,0)^2 = 1,1 \times 10^2$ m.

---

2. Cas réel

Au cours de ce lancement, Ariane 5 a en fait parcouru un peu moins de 90 m pendant les 6 premières secondes. Citer un phénomène permettant d'interpréter

Elomrani

cette donnée.
Les forces de frottement, opposées au sens de déplacement de la fusée, n'ont pas été prises en compte dans le cas idéal.

B. Deuxième partie : mise en orbite basse du satellite

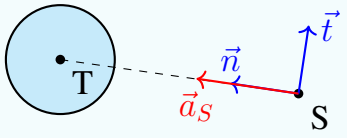
1. *Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite.*

$$\vec{F}_{T/S} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T+h)^2}\vec{n}$$

2. *Établir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_S$ du centre d'inertie du satellite.*
2ème loi de Newton : $\vec{F}_{T/S} = m.\vec{a}_S$

$$\Longrightarrow \; m.\vec{a}_S = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T+h)^2}\vec{n} \quad \text{et} \quad \vec{a}_S = G \cdot \frac{M_T}{(R_T+h)^2}\vec{n}$$

3. *Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date t quelconque, la Terre, le satellite, la base de Frenet ainsi que le vecteur accélération $\vec{a}_S$.*



4. *Déterminer l'expression de v_S et vérifier que cette valeur est égale à $7,6 \times 10^3$ $m.s^{-1}$.*
Le mouvement est circulaire uniforme, donc : $\vec{a}_S = \frac{v_S^2}{(R_T+h)}\vec{n}$. Or (cf. question 2) : $\vec{a}_S = G \cdot \frac{M_T}{(R_T+h)^2}\vec{n} \Longrightarrow \frac{v_S^2}{(R_T+h)} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T+h)^2}$ et $v_S = \sqrt{\frac{G.M_T}{(R_T+h)}}$ (1)

Soit : $v_S = \sqrt{\frac{6{,}67\times10^{-11}\times6{,}0\times10^{24}}{(6{,}4\times10^{6}+6{,}0\times10^{5})}} = 7,6 \times 10^3$ m.s^{-1}.

5. *On note T le temps mis par le satellite pour faire un tour autour de la Terre. Comment appelle-t-on cette grandeur ? Montrer qu'elle vérifie la relation : $T^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{(R_T+h)^3}{G.M_T}$.*
T est la **période de révolution** du satellite.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ et } \omega = \frac{v_S}{(R_T+h)} \Longrightarrow T = 2\pi\cdot\frac{(R_T+h)}{v_S} \text{ et } v_S = 2\pi\cdot\frac{(R_T+h)}{T} \quad (2)$$

Les expressions (1) et (2) sont égales :

$$2\pi \cdot \frac{(R_T+h)}{T} = \sqrt{\frac{G.M_T}{(R_T+h)}} \Longrightarrow 4\pi^2 \cdot \frac{(R_T+h)^2}{T^2} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T+h)}$$

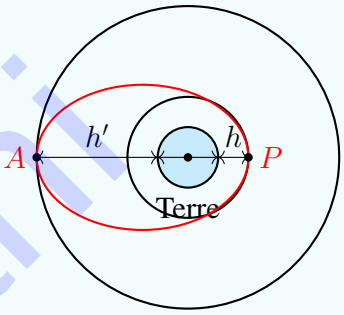
Elomrani

Finalement : $T^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{(R_T+h)^3}{G.M_T}$

C. Troisième partie : transfert du satellite en orbite géostationnaire

1. *Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou « loi des aires ».*
Le rayon vecteur $\vec{TS}$ balaie des aires égales pendant des durées égales.

2. *Sans justifier, dire si la vitesse du satellite MSG-2 est constante sur son orbite de transfert. Si non, préciser en quels points la vitesse est maximale et minimale.*
La vitesse du satellite MSG-2 n'est pas constante sur son orbite de transfert. Elle est maximale au périgée (point P) et minimale à l'apogée (point A).



3. *Exprimer la distance AP en fonction de R_T, h et h' et montrer que $AP = 4,9 \times 10^7$ m.*
$AP = 2.R_T + h + h'$ Soit : $AP = (2 \times 6,4 \times 10^6) + 6,0 \times 10^5 + 3,6 \times 10^7 = 4,9 \times 10^7$ m ou $4,9 \times 10^4$ km.

4. *Dans le cas de cette orbite elliptique, la durée de révolution pour faire un tour complet de l'orbite vaut $T' = 10h\ 42min$. Déterminer la durée minimale Δt du transfert du satellite MSG-2 du point P de son orbite basse au point A de son orbite géostationnaire définitive.*

$\Delta t = \frac{T'}{2}$ soit : $\Delta t = \frac{10\text{h } 42\text{min}}{2} = 5\text{h } 21 \text{ min}.$

5. *Le satellite étant arrivé au point A, on augmente à nouveau sa vitesse pour qu'il décrive ensuite son orbite géostationnaire définitive. Le lancement complet du satellite est alors achevé et le processus permettant de le rendre opérationnel peut débuter. Expliquer pourquoi il est judicieux de lancer les satellites géostationnaires d'un lieu comme Kourou en Guyane.*
Kourou est située sur l'Équateur et l'orbite d'un satellite géostationnaire doit être dans le plan équatorial. Dès son lancement, le satellite est dans son plan orbital.

Elomrani

Chimie

Partie I Calcul de degré d'acidité d'une solution commerciale et suivi cinetique

le "bicarbonate de soude ($NaHCO_{3(s)}$)" est une poudre blanche couramment utilisée pour combattre les excès d'acidité au niveau de l'estomac. Son nom officiel est hydrogénocarbonate de sodium.
la solution aqueuse contient les ions sodium $Na^+_{(aq)}$ et les ions hydrogénocarbonate $HCO_3{}^-{}_{(aq)}$.
Le vinaigre contient, notamment, des molécules d'acide éthanoïque CH_3COOH.
Le but de cette partie est de Vérifier la valeur de le degré d'acidité du vinaigre et d'étudier la cinétique chimique entre $NaHCO_{3(S)}$ et $CH_3COOH_{(aq)}$.

L'étiquette d'une solution commerciale (S_0) de concentration C_0 d'un vinaigre CH_3COOH porte l'indication : vinaigre $\mathbf{8,3}°$ (degré d'acidité) ce qui correspond à 83 g d'acide éthanoïque par litre de vinaigre
(**100g de la solution contient 8,3g d'acide $CH_3COOH_{(aq)}$**)

On prend un volume V_0 de la solution (S_0), on le dilue **50 fois** et on obtient une solution (S_1) de concentration molaire $\mathbf{C_1}$,
on dose un volume $\mathbf{V_A = 10ml}$ de la solution (S_1) par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire $\mathbf{C_B = 14\,mmol.l^{-1}}$

On donne : $\mathbf{M(CH_3COOH) = 60\,g.mol^{-1}}$

1- Ecrire l'équation de la réaction du dosage

2- A l'équivalence, le volume du mélange réactionnel est $\mathbf{V = 29,8\,ml}$.
Calculer la valeur de $\mathbf{C_1}$ et déduire $\mathbf{C_0}$

3- L'indication portée par la bouteille est-elle exacte ? Justifier votre réponse

4- Pour étudier la transformation chimique entre la solution d'hydrogénocarbonate de sodium ($Na^+_{(aq)} + HCO_3{}^-{}_{(aq)}$) et la solution d'acide éthanoïque (CH_3COOH), on prélève un volume $\mathbf{V_0}$ de la solution (S_0) que l'on dilue **F fois** pour obtenir une nouvelle solution (S'_1) de concentration molaire $\mathbf{C'_1}$.
Dans une fiole jaugée contenant le vide, on mélange un volume $\mathbf{V_1 = 60\,ml}$ de la solution (S'_1) d'acide éthanoïque $CH_3COOH_{(aq)}$ de concentration $\mathbf{C'_1}$ et un volume $\mathbf{V_2 = 20\,ml}$ d'une solution d'hydrogénocarbonate de sodium ($Na^+_{(aq)} + HCO_3{}^-{}_{(aq)}$) de concentration molaire $\mathbf{C_2}$.

Le suivi temporel de cette transformation permet de représenter graphiquement les courbes d'évolution de $[HCO_3{}^-]$ en fonction de $[CH_3COOH]$ et $[CH_3COOH] = f(t)$ dans le mélange
(**les figures 1 et 2**) **T : la tangente a la courbe a la date t=0**
On modélise la transformation chimique qui se produit par la réaction
$\mathbf{CH_3COOH_{(aq)} + HCO^-_{3(aq)} \rightarrow CO_{2(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}}$

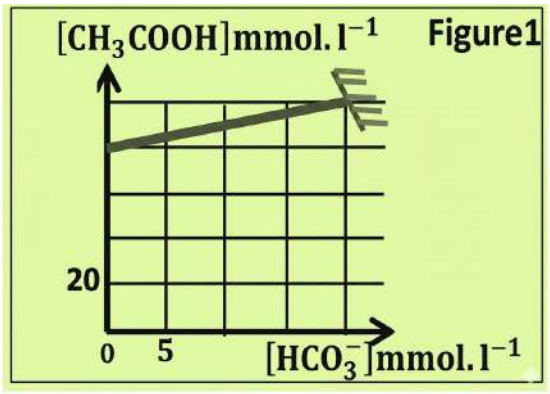
Elomrani

4-0 Dresser le tableau d'avancement de la réaction

4-0 Etablir l'expression suivante :
$[\mathbf{CH_3COOH}]_{(t)} = \mathbf{0,25(3C'_1 - C_2)} + [\mathbf{HCO_3^-}]_{(t)}$

4-0 **4-3-1** à partir **la figure 1**
déterminer les valeurs des concentrations initiales $[\mathbf{CH_3COOH}]$ et $[\mathbf{HCO_3^-}]$ et déduire les valeurs de $\mathbf{C'_1}$ et $\mathbf{C_2}$

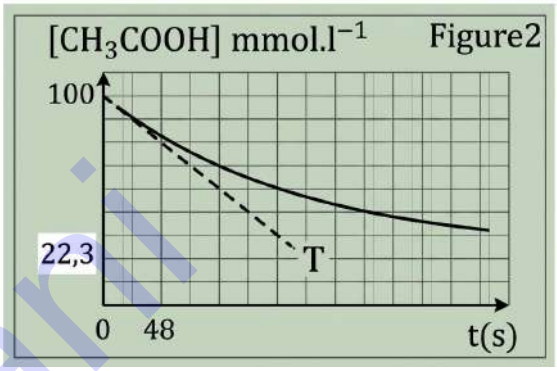
4-3-2 l'avancement maximale de la réaction



4-4 A partir **la figure 2** déterminer :

4-4-0 le temps de demi-réaction

4-4-0 la vitesse maximale de la réaction en $\mathbf{mol.l^{-1}.s^{-1}}$



Partie I I Suivi cinétique d'une reaction chimique par conductimétrie

A la date t=0, on mélange une masse $\mathbf{m_0 = 270\,mg}$ de poudre d'aluminium avec un volume $\mathbf{V = 100ml}$ d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique $(H_3O^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)})$ de concertation molaire $\mathbf{C = 60\,mmol.L^{-1}}$, on obtient une solution (S)

L'équation de la réaction Totale qui se produit est : $\mathbf{2Al_{(S)} + 6H_3O^+_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}}$

1- Dresser le tableau d'avancement de cette réaction et déduire la valeur de l'avancement maximal

2- Calculer la conductivité de la solution σ_0 de la solution a la date t=0

3- Exprimer la conductivité de la solution $\sigma_{(t)}$ a une date $\mathbf{t > 0}$ en fonction de : $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \mathbf{V}$ et l'avancement de la réaction $\mathbf{x}$ et déduire l'expression numérique de $\sigma_{(t)}$

4- **La figure (3)** représente la variation de $(\sigma_0 - \sigma_{(t)})$ en fonction de $\mathbf{x}$
La figure (4) représente la variation de (σ) en fonction de $\mathbf{t}$

4-4 Déterminer graphiquement la valeur de σ_f la conductivité finale de la solution a la fin de la réaction Et vérifier le résultat par calcul

4-4 Exprimer la conductivité $\sigma_{1/2}$ au temps de demi-réaction en fonction de σ_0 et σ_f et déduire la valeur de $\mathbf{t_{1/2}}$

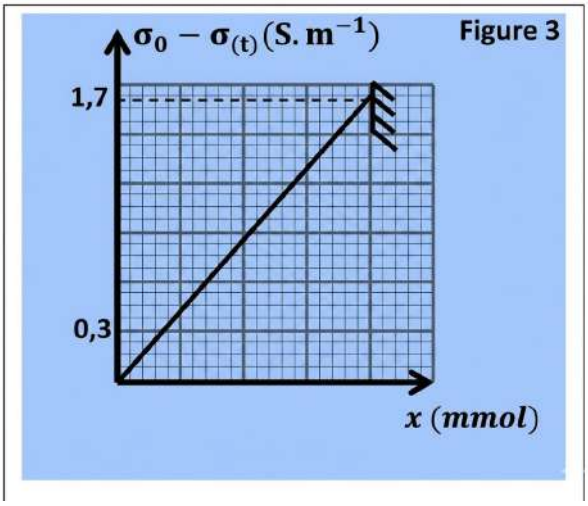
4-4 Calculer en système international la vitesse volumique de la réaction à la date t=0

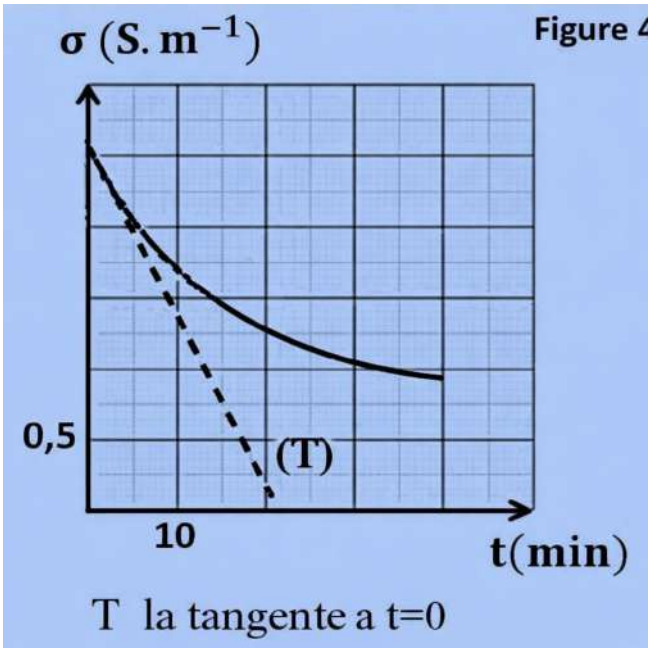
données

$\lambda_1 = \lambda(\mathbf{H_3O^+}) = \mathbf{35\,mS.m^2.mol^{-1}}$; $\lambda_2 = \lambda(\mathbf{Cl^-}) = \mathbf{7,63\,mS.m^2.mol^{-1}}$

$\lambda_3 = \lambda(\mathbf{Al^{3+}}) = \mathbf{18,3\,mS.m^2.mol^{-1}}$; $\mathbf{M(Al) = 27\,g.mol^{-1}}$

Elorrari

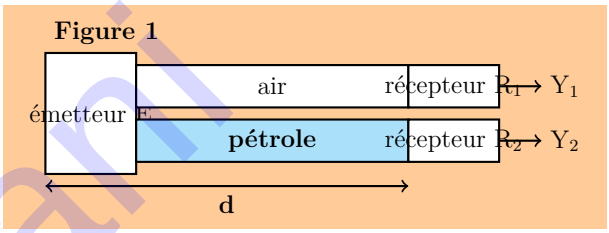




Physique 1

Partie 1 — Onde mécanique

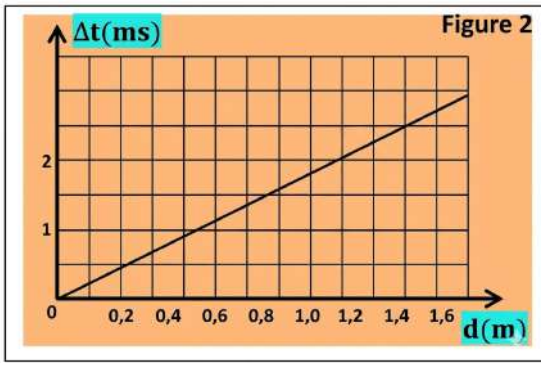
Un émetteur **E** envoie des ondes ultrasonores dans deux tubes, l'un contenant de l'air et l'autre étant rempli du pétrole.
On place deux récepteurs $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$ à la même distance **d** de l'émetteur **E**, tel que $\mathbf{R_1}$ capte l'onde qui se propage dans l'air et $\mathbf{R_2}$ capte l'onde qui se propage dans le pétrole. (**Figure 1**)



On note $\mathbf{V_a}$ la vitesse de propagation des ultrasons dans l'air et $\mathbf{V_p}$ la vitesse de propagation des ultrasons dans le pétrole . On donne $\mathbf{V_a = 340\,m.s^{-1}}$

1- Les ondes ultrasonores sont- elles transversales ou longitudinales ?

2- En mesurant le retard temporel $\mathbf{\Delta t}$ de réception de l'onde qui se propage dans l'air par rapport à celle qui se propage dans le pétrole, pour différentes distances d entre l'émetteur E et les deux récepteurs, on obtient le graphe de la **figure 2**.



2-1 comparer $\mathbf{V_p}$ et $\mathbf{V_a}$ Justifier votre réponse
2-2- Exprimer $\mathbf{\Delta t}$ en fonction **d** , $\mathbf{V_a}$ et $\mathbf{V_p}$
2-3- Calculer $\mathbf{V_p}$
3-On remplace le pétrole par un autre liquide **X** plus dense sans Changer la distance **d**,

comment varie le retard temporel $\mathbf{\Delta t}$ de réception de l'onde qui se propage dans l'air par rapport à celle qui se propage dans le liquide **X** ?

Partie 2 — Nucléaire

Dans cet exercice on va étudier l'isotope de Le plutonium $^{238}_{94}$Pu , utilisé dans une pile nucléaire .

Données :

$\mathbf{m(^{A}_{Z}U) = 234,04095\,u}$, $\mathbf{m(^{238}_{94}Pu) = 238,04768\,u}$, $\mathbf{m(\alpha) = 4,0015\,u}$, $\mathbf{m(n) = 1,0086\,u}$,
$\mathbf{1u = 931,5\,Mev.C^{-2}}$, $\mathbf{1u = 1,6605.10^{-27}\,Kg}$

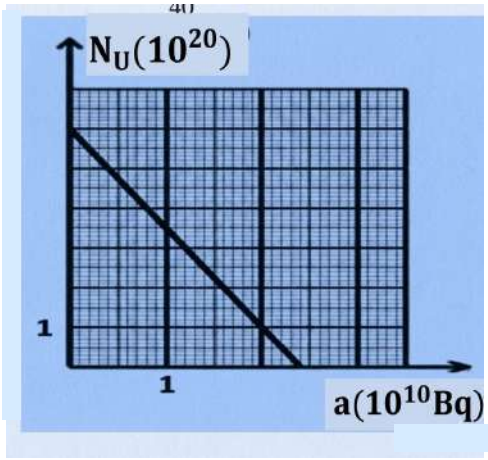
Elmrani

1-Le noyau de plutonium $^{238}_{94}\mathbf{Pu}$ est un isotope radioactif α , écrire l'équation de sa désintégration sachant que le noyau fils est un noyau d'uranium $^{A}_{Z}\mathbf{U}$.

2-Calculer l'énergie de liaison par nucléon pour le noyau $^{238}_{94}\mathbf{Pu}$.

3-La courbe à côté représente l'évolution de L'activité $\mathbf{a(t)}$ dans un échantillon de plutonium $^{238}_{94}\mathbf{Pu}$ de masse $\mathbf{m_0}$ en fonction du nombre du noyau d'uranium formés $\mathbf{N_U(t)}$.

à partir de la courbe déterminer les valeurs de $\mathbf{a_0}$, $\mathbf{N_0}(^{238}_{94}\mathbf{Pu})$ et $\lambda(^{238}_{94}\mathbf{Pu})$



4-Une pile d'un satellite contient une masse $\mathbf{m = 875\,g}$ de plutonium 238, la puissance électrique moyenne fournie par cette pile est $\mathbf{P_e = 2,15\,KW}$ avec un rendement $\mathbf{r = 63\%}$.

4.0. Calculer, en joule, $\mathbf{E_T}$ l'énergie totale libérée par cette masse

4.0. Déduire, en années, la durée de fonctionnement de la pile

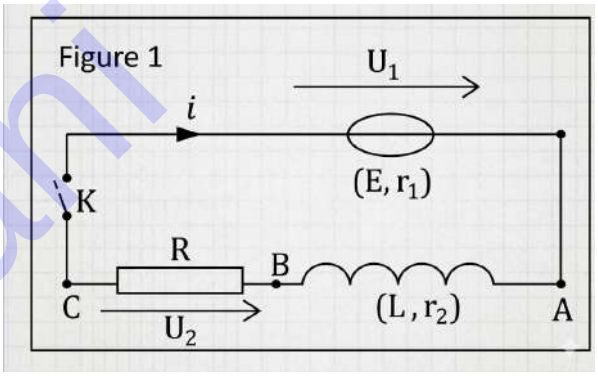
Physique 2 — Electricité

Partie 1 — Etude d'un circuit RL

On réalise un circuit constitué d'un générateur de force électromotrice **E** et de résistance interne $\mathbf{r_1}$, d'une bobine d'inductance **L** et de résistance $\mathbf{r_2}$,et d'un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R = 20\Omega}$. (**figure1**)

A l'instant t=0 on ferme le circuit ,un courant électrique **i** traverse le circuit

On installe une carte d'acquisition de données pour suivre les variations des tensions électriques $\mathbf{U_1}$ et $\mathbf{U_2}$ en fonction du temps, on obtient les courbes **(a)** et **(b)** représentées sur **la figure (2)**.



1- Identifier en justifiant votre réponse la courbe de $\mathbf{U_1}$ et $\mathbf{U_2}$

2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $\mathbf{U_2}$ et donner l'expression de la constante de temps τ du circuit

3-Verifier que la solution de l'équation différentielle s'écrit

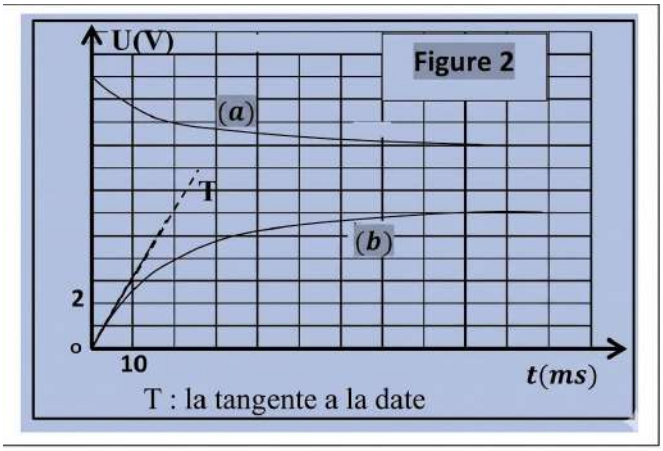
$\mathbf{U_2 = \frac{E.R}{R+r_1+r_2}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$

4- On vous aidant de **la figure (2)**, déterminer :

4.0- la valeur de **E**

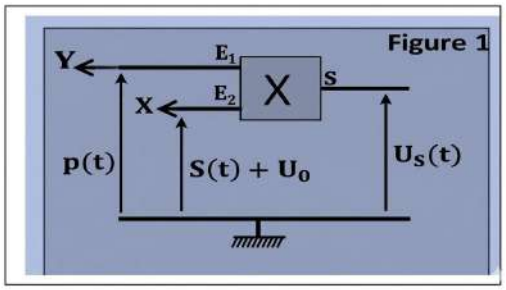
4.0- les valeurs de $\mathbf{r_1}$ et de $\mathbf{r_2}$.

4.0- la valeur de **L**



Elomrani

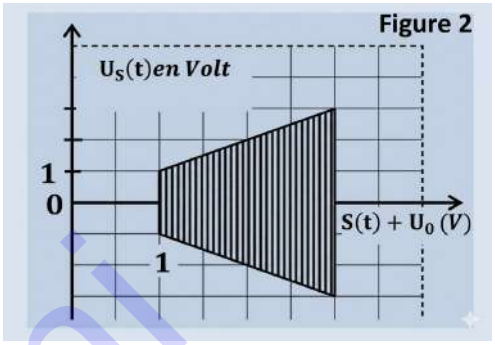
Partie 2 Modulation d'amplitude



Pour étudier la modulation d'amplitude en mode **XY**, On réalise le montage représenté sur la **figure 1**.
on donne :

- $S(t) = S_m \cos(2\pi f_S.t)$ et $p(t) = p_m \cos(2\pi F_P.t)$
- $U_S(t) = K \cdot p(t) \cdot (S(t) + U_0)$
- $K = 0,25\ \text{V}^{-1}$

sur la voie **X** d'un oscilloscope, on visualise la tension modulante $S(t) + U_0$ appliqué à l'entrée $\mathbf{E}_2$ du multiplieur et sur la voie **Y** la tension modulée $U_S(t)$ de la sortie **S** puis on passe en mode **XY** de l'oscilloscope. on obtient la courbe representant U_S **en fonction de** $(S + U_0)$ (**figure 2**)



1- Que signifie la phrase : l'oscilloscope est utilisé en mode **XY**

2- déterminer le taux modulation **m**

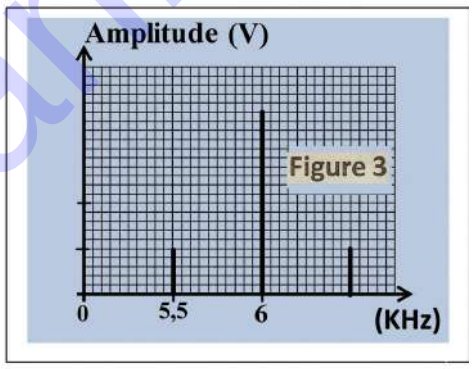
3- déterminer les valeurs : U_0, S_m et p_m

4- peut-on déterminer graphiquement les fréquences F_P et f_S
Justifier votre réponse

5- la tension $U_S(t)$ s'écrit sous la forme de la somme de trois Tensions sinusoïdales
$U_S(t) = C_1 \cos(2\pi(F_P - f_S).t) + C_2 \cos(2\pi F_P.t) + C_1 \cos(2\pi(F_P + f_S).t)$.
C_1 et C_2 deux constantes positives
La **figure (3)** représente le spectre de fréquences formé de trois raies de la tension modulée $Us(t)$.

5-1 Déterminer les valeurs des fréquences F_p et f_s

5-2 La modulation est-elle bonne ? JVR



Elomrani

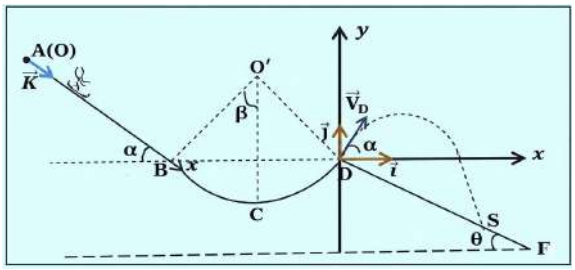
Physique 3 Mécanique1

Partie 1 Etude du mouvement d'un skieur

Un skieur de masse $\mathbf{m = 80\,Kg}$ (avec son équipement) glisse sur une piste inclinée ABCD
Le départ du skieur s'effectue sans vitesse initiale du point A origine du repère $(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{K}})$ a la date **t=0**

,

glisse sur la piste **AB rectiligne** De longueur $\mathbf{L = 40\,m}$, inclinée par rapport au plan horizontal
passant par B d'un angle $\alpha = \mathbf{30°}$
Le skieur poursuit ensuite son mouvement sur la portion circulaire **BCD** de centre $\mathbf{O'}$ de rayon **r**
Au point **D** , le mobile quitte la portion **BCD** , chute dans l'air et heurte un plan **DF** incliné d'un angle $\theta = \mathbf{27°}$ en un point **S**



On étudie le mouvement du centre de gravité **G** du système (skieur avec son équipement)

Données

- L'intensité de la pesanteur $\mathbf{g = 10\,N.Kg^{-1}}$; $\alpha = \beta$; $\mathbf{r = 10\,m}$

I- Etude du mouvement de G sur la portion AB dans le repère $(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{K}})$

1- Etude théorique

On suppose les frottements sont négligeables

1-1 en appliquant la deuxième loi de newton, déterminer l'expression de l'équation différentielle de la vitesse $\mathbf{V_G(t)}$ en fonction de **g** et α , Calculer la valeur de l'accélération théorique $\mathbf{a_{th(G)}}$

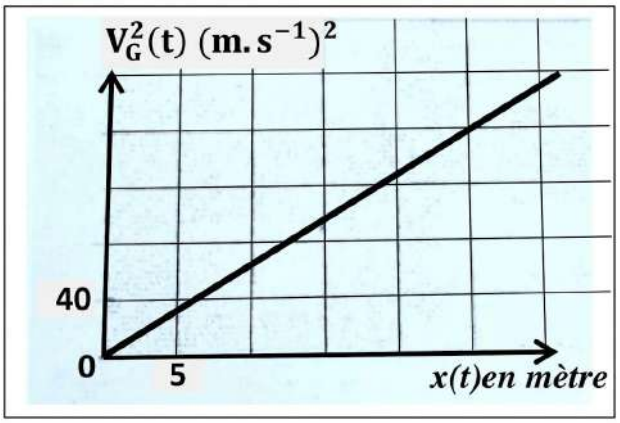
1-1 Ecrire l'expression littérale de $\mathbf{V_G(t)}$

1-1 Déduire l'expression littérale l'équation horaire $\mathbf{x(t)}$

1-1 Exprimer la vitesse de **G** au point B ($\mathbf{V_B}$) en fonction de : $\mathbf{g}, \alpha$ et **L** , Calculer $\mathbf{V_B}$

2- Etude Expérimentale

Un système informatique permet de tracer la courbe de variation du carré de la vitesse de G $\mathbf{V_G^2}$ en fonction de l'abscisse **x**



2-1 Déterminer la valeur expérimentale de l'accélération $\mathbf{a_{exp(G)}}$

2-1 comparer les valeurs : $\mathbf{a_{exp(G)}}$ et $\mathbf{a_{th(G)}}$

2-1 dans le cas ou : $\mathbf{a_{exp(G)} \neq a_{th(G)}}$

2-3-1 donner une explication à cette différence

2-3-1 exprimer le facteur responsable à cette différence en fonction de : **m** , $\mathbf{a_{th(G)}}$ et $\mathbf{a_{exp(G)}}$ et calculer sa valeur

2-1 Calculer la valeur de la vitesse de G au passage par le point **B** : $\mathbf{V_B}$

II- Etude du mouvement de G sur la portion circulaire BCD sans frottements

on donne l'expression de la vitesse de **G** au point **C** : $\mathbf{V_C} = \sqrt{\mathbf{V_B}^2 + \mathbf{2gr}(\mathbf{1} - \cos\beta)}$

1- Montrer que l'expression de l'intensité de la réaction de la piste sur le skieur en **C** est : $\mathbf{R_C = mg(3 - 2}\cos\beta) + \frac{1}{r}(\mathbf{m.V_B^2})$, Calculer la valeur de $\mathbf{R_C}$

2- Calculer la valeur de l'accélération tangentielle $\mathbf{a_T}$ au point **C**

III- Etude du mouvement de G au cours de sa chute dans l'air relativement au référentiel $(\mathbf{D}, \tilde{\mathbf{i}}$

On considère le passage du centre de gravité du skieur par le point **D** comme une nouvelle origine

Elomrani

de temps ($\mathbf{t = 0}$) avec une vitesse $\mathbf{V_D = V_B = 16\,m.s^{-1}}$
On néglige toutes les forces de frottement possibles et la poussée d'Archimède

1- Etablir les équations horaires du mouvement $\mathbf{x(t)}$ et $\mathbf{y(t)}$ et déduire l'équation de la trajectoire

2- Déterminer les valeurs des coordonnées $(\mathbf{x_S}, \mathbf{y_S})$ du point **S** (point ou heurte le skieur le plan **DF**)

3- Calculer la vitesse du skieur au point **S**

Partie 2 etude d'un pendule pesant

Cette partie vise la détermination de l'intensité de la pesanteur , en un lieu donné, ainsi que quelques grandeurs qui sont liées au mouvement d'un pendule pesant.

Un pendule pesant est constitué d'une tige homogène **OA** de masse **m** , de centre d'inertie **G** et de longueur **L** pouvant effectuer un mouvement de rotation dans un plan vertical autour d'un axe horizontal ($\mathbf{\Delta}$) passant par son extrémité **O** (**figure 1**).
Soit $\mathbf{J_\Delta}$ le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe ($\mathbf{\Delta}$).
On étudie le mouvement du pendule dans un repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

On écarte la tige **OA** de sa position d'équilibre stable d'un petit angle θ_0 , dans le sens Positif , puis on la lance avec une vitesse angulaire initiale $\dot{\theta}_0$ à l'instant de date **t=0** Dans le sens négatif
On repère la position du pendule à un instant de date **t** par l'abscisse angulaire θ .

Le centre **G** est confondu avec $\mathbf{G_0}$ quand le pendule passe par sa position d'équilibre stable (**figure 1**).

On néglige tous les frottements et on choisit le plan horizontal passant par $\mathbf{G_0}$ comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ($\mathbf{E_{pp} = 0}$)

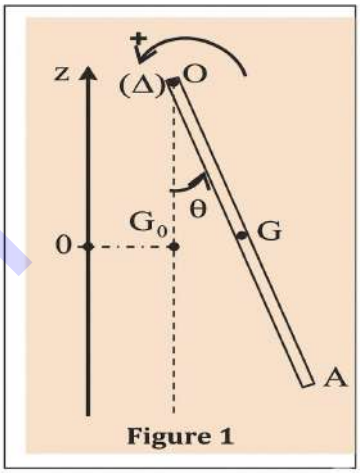


Figure 1

Données :
- La masse de la tige : $\mathbf{m = 100\,g}$;
- La longueur de la tige : $\mathbf{L = 0,53\,m}$
- L'expression du moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe ($\mathbf{\Delta}$) : $\mathbf{J_\Delta = \frac{mL^2}{3}}$
- Pour les petits angles : $\cos\theta = \mathbf{1 - \frac{1}{2}\theta^2}$ où θ est exprimé en radian ;
- On prendra : $\pi^2 = \mathbf{10}$

1-Trouver l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du pendule pesant à un instant **t** , dans le cas des oscillations de faible amplitude, en fonction de $\theta, \mathbf{L}, \mathbf{m}$ et **g** intensité de la pesanteur.

2- Par une étude énergétique, montrer que l'équation différentielle du mouvement s'écrit : $\mathbf{\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{3g}{2L}\theta = 0}$

3- La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme : $\theta(\mathbf{t}) = \theta_\mathbf{m}\cos(\frac{2\pi}{T_0}\mathbf{t} + \varphi)$
où $\mathbf{T_0}$ est la période propre des oscillations du pendule.
Donner l'expression de $\mathbf{T_0}$ en fonction de **g** et **L**.

4- La courbe de **la figure 2** représente l'évolution de l'énergie cinétique du pendule étudié au cours du temps.

4-1 Déterminer la valeur de $\mathbf{T_0}$ et Déduire la valeur de l'intensité de pesanteur **g**

4-2 déterminer la valeur de l'énergie cinétique a l'origine des temps , Déduire la valeur de $\dot{\theta}_0$

4-3 donner la valeur de l'énergie totale du pendule , Déduire la valeur de l'amplitude angulaire $\theta_\mathbf{m}$ du mouvement.

4-4 Montrer que $\varphi = \mathbf{0,86}$ rad

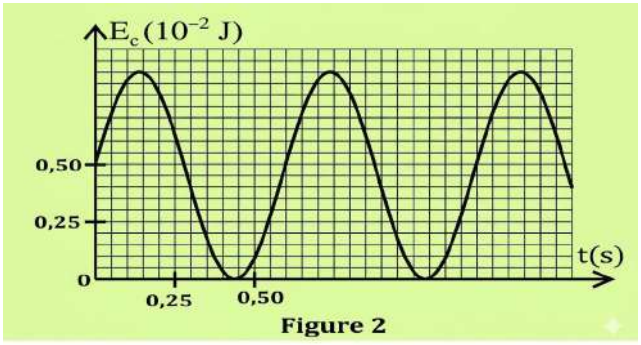


Figure 2

Elomrani

CHIMIE

Calcul de degré d'acidité d'une solution commerciale et suivi cinétique

Partie I : Dosage et Étude Cinétique

1) Équation de la réaction du dosage

$$CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2) Calcul de C_1 et déduction de C_0 À l'équivalence : $V = 29,8\,\text{mL} = V_A + V_{BE} \implies V_{BE} = 29,8 - 10 = 19,8\,\text{mL}$ Relation d'équivalence : $C_1V_A = C_BV_{BE} \implies C_1 = \frac{C_BV_{BE}}{V_A}$

$$C_1 = \frac{14 \cdot 10^{-3} \times 19,8}{10} \implies C_1 \simeq 2,77 \cdot 10^{-2}\ \textbf{mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$$

Facteur de dilution $F = \frac{C_i}{C_f} = \frac{C_0}{C_1} = 50 \implies C_0 = F \cdot C_1 = 50 \times 2,77 \cdot 10^{-2}$

$$C_0 = 1,385\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3) Calcul du Degré D (L'indication est-elle exacte ?) Calcul de $m(CH_3COOH)$ dans 1 L de solution (S_0) :

$$C_0 = \frac{n(CH_3COOH)}{V} = \frac{m(CH_3COOH)}{V \cdot M(CH_3COOH)} \implies m(CH_3COOH) = C_0 \cdot M \cdot V$$

Avec $V = 1\,\text{L}$: $m(CH_3COOH) = 1,385 \times 60 \simeq 83\,\text{g}$ Ce qui correspond à $83°$. L'indication portée par la bouteille est donc **exacte**.

4) Étude de la transformation chimique 4-1 Tableau d'avancement de la réaction :

Équation	$CH_3COOH_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \longrightarrow CO_{2(g)} + CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$				
État	**Avancement**	**Quantités de matière (mol)**			
Initial	0	$C_1'V_1$	C_2V_2	0	0 Excès
En cours	x	$C_1'V_1 - x$	$C_2V_2 - x$	x	x Excès
Final	x_m	$C_1'V_1 - x_m$	$C_2V_2 - x_m$	x_m	x_m Excès

Elomrani

4-2 Établissement de l'expression : D'après le tableau d'avancement :

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{(t)} = \frac{C_1'V_1 - x}{V_T} \quad (1)$$

$$[\text{HCO}_3^-]_{(t)} = \frac{C_2V_2 - x}{V_T} \implies x = C_2V_2 - [\text{HCO}_3^-]_{(t)} \cdot V_T$$

On remplace x dans (1) :

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{(t)} = \frac{C_1'V_1 - (C_2V_2 - [\text{HCO}_3^-] \cdot V_T)}{V_T} = \frac{C_1'V_1 - C_2V_2}{V_T} + [\text{HCO}_3^-]_{(t)}$$

On a $V_1 = 60\,\text{mL}$ et $V_2 = 20\,\text{mL} \implies V_1 = 3V_2$ et $V_T = V_1 + V_2 = 4V_2$.

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{(t)} = \frac{C_1'(3V_2) - C_2V_2}{4V_2} + [\text{HCO}_3^-]_{(t)}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{(t)} = \frac{1}{4}(3C_1' - C_2) + [\text{HCO}_3^-]_{(t)}$$

4-3-1 Calcul de C_1' et C_2 : Au cours de la réaction, $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ et $[\text{HCO}_3^-]$ diminuent (réactifs). D'après la figure 1 ($t = 0$) :

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_i = 100{\cdot}10^{-3}\,\text{mol}{\cdot}\text{L}^{-1} \implies \frac{C_1'V_1}{V_T} = 0,1 \implies C_1' = \frac{V_T \cdot 0,1}{V_1} = \frac{80 \cdot 10^{-3} \cdot 0,}{60 \cdot 10^{-3}}$$

$C_1' = 0,133\,\textbf{mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$

$$[\text{HCO}_3^-]_i = 20{\cdot}10^{-3}\,\text{mol}{\cdot}\text{L}^{-1} \implies \frac{C_2V_2}{V_T} = 0,02 \implies C_2 = \frac{V_T \cdot 0,02}{V_2} = \frac{80 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02}{20 \cdot 10^{-3}}$$

$C_2 = 0,08\,\textbf{mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$

4-3-2 L'avancement maximal de la réaction : Sur le graphe, on constate qu'à l'état final $[\text{CH}_3\text{COOH}]_f = 80\,\text{mmol/L} \neq 0$ et $[\text{HCO}_3^-]_f = 0$. Puisque $[\text{HCO}_3^-]_f = 0$, l'ion HCO_3^- est le **réactif limitant**.

$$C_2V_2 - x_m = 0 \implies x_m = C_2V_2 = 0,08{\times}20{\cdot}10^{-3} \implies x_m = 1,6 \cdot 10^{-3}\,\textbf{mol}$$

4-4-1 Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$: À $t = t_{1/2}$, $x = \frac{x_m}{2} = 0,8 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}$.

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{(t_{1/2})} = \frac{C_1'V_1 - x_m/2}{V_1 + V_2} = \frac{8 \cdot 10^{-3} - 0,8 \cdot 10^{-3}}{80 \cdot 10^{-3}} = 0,09\,\text{mol}{\cdot}\text{L}^{-1} = 90\,\text{mmol}{\cdot}\text{L}^{-}$$

Elomrani

Graphiquement, pour $90\,\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, on trouve : $t_{1/2} \simeq 16\,\mathbf{s}$.

4-4-2 Vitesse maximale de la réaction :

$$v = \frac{1}{V(S)}\frac{dx}{dt} \quad \text{et} \quad [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{C_1'V_1 - x}{V(S)} \implies \frac{d}{dt}[\text{CH}_3\text{COOH}] = -\frac{1}{V(S)}\frac{dx}{dt} \implies v$$

La vitesse est maximale à $t = 0$:

$$v_{max} = -\,(\text{Coeff. directeur de la tangente à } t = 0) = -\left(\frac{100\cdot10^{-3} - 78\cdot10^{-3}}{0 - 48}\right)$$

$$v_{max} \simeq 4,58\cdot10^{-4}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$$

Partie II : Suivi cinétique par conductimétrie

1) Tableau d'avancement et avancement maximal : Quantités initiales : $n_i(\text{Al}) = \frac{m_0}{M} = \frac{270\cdot10^{-3}}{27} = 10^{-2}\,\text{mol}$ $n_i(\text{H}_3\text{O}^+) = C\cdot V = 60\cdot10^{-3}\times100\cdot10^{-3} = 6\cdot10^{-3}\,\text{mol}$ Hypothèses : Si Al limitant : $x_{m1} = \frac{10^{-2}}{2} = 5\cdot10^{-3}\,\text{mol}$. Si H_3O^+ limitant : $x_{m2} = \frac{6\cdot10^{-3}}{6} = 10^{-3}\,\text{mol}$. Donc le réactif limitant est H_3O^+ et $x_m = 10^{-3}\,\mathbf{mol}$.

2) Calcul de la conductivité initiale σ_0 :

$$\sigma_0 = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}[\text{H}_3\text{O}^+]_i + \lambda_{\text{Cl}^-}[\text{Cl}^-]_i = (\lambda_1 + \lambda_2)C$$

$$\sigma_0 = (35{+}7,63)\cdot10^{-3}\,\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}\times(60\cdot10^{-3}\cdot10^3\,\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}) \implies \sigma_0 = 2,56\,\mathbf{S}\cdot\mathbf{m}^{-1}$$

3) Expression de $\sigma(t)$:

$$\sigma(t) = \lambda_1[\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_2[\text{Cl}^-] + \lambda_3[\text{Al}^{3+}] = \lambda_1\left(\frac{CV - 6x}{V}\right) + \lambda_2 C + \lambda_3\left(\frac{2x}{V}\right)$$

$$\sigma(t) = (\lambda_1{+}\lambda_2)C + \left(\frac{2\lambda_3 - 6\lambda_1}{V}\right)x = \sigma_0 + \left(\frac{2(18,3\cdot10^{-3}) - 6(35\cdot10^{-3})}{100\cdot10^{-6}\cdot10^3}\right)x$$

$$\sigma(t) = 2,56 - 1734\,x(t)$$

4-1 Valeur de la conductivité finale σ_f : Graphiquement (Figure 3) : à la fin de la réaction, $\sigma_0 - \sigma_f = 1,7 \implies \sigma_f = 2,56 - 1,7 = \mathbf{0,86\,S\cdot m^{-1}}$. Par calcul : $\sigma_f = -1734\,x_m + \sigma_0 = -1734(10^{-3}) + 2,56 \simeq \mathbf{0,83\,S\cdot m^{-1}}$.

4-2 Temps de demi-réaction $t_{1/2}$:

$$\sigma_{1/2} = A\left(\frac{x_m}{2}\right) + \sigma_0 = \frac{Ax_m + 2\sigma_0}{2} = \frac{(\sigma_f - \sigma_0) + 2\sigma_0}{2} \implies \sigma_{1/2} = \frac{\sigma_f + \sigma_0}{2}$$

Elomrani

$$\sigma_{1/2} = \frac{0,86 + 2,56}{2} \simeq 1,71\,\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$$

D'après le graphe (Figure 4) : $t_{1/2} \simeq 10\,\textbf{min}$.

4-3 Vitesse volumique à $t = 0$:

$$v = \frac{1}{V(S)}\frac{dx}{dt} \quad \text{et} \quad \sigma = Ax + \sigma_0 \implies \frac{dx}{dt} = \frac{1}{A}\frac{d\sigma}{dt}$$

$$v(0) = \frac{1}{V(S)\cdot A}\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_{t=0} = \frac{1}{10^{-4}\times(-1734)} \times \left(\frac{2,5-0}{0-20\times 60}\right)$$

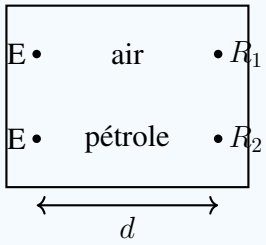
$$v(0) \simeq 1,15 \cdot 10^{-2}\,\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

PHYSIQUE 1

Onde mécanique et Nucléaire

Partie 1 : Onde mécanique

1) Nature des ondes ultrasonores Les ondes ultrasonores sont des ondes **longitudinales**.



2-1) Comparaison de V_p et V_a Le pétrole est plus dense que l'air, la vitesse de propagation y est donc plus élevée : $V_p > V_a$.

2-2) Expression de Δt On a : $V_a = \frac{d}{\Delta t_1} \implies \Delta t_1 = \frac{d}{V_a}$ et $V_p = \frac{d}{\Delta t_2} \implies \Delta t_2 = \frac{d}{V_p}$. Puisque $V_p > V_a \implies \frac{1}{V_p} < \frac{1}{V_a} \implies \Delta t_2 < \Delta t_1$. Le retard temporel est : $\Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2 = \frac{d}{V_a} - \frac{d}{V_p}$.

$$\Delta t = \left(\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_p}\right)\cdot d \quad (1)$$

2-3) Calcul de V_p L'équation du graphe $\Delta t = f(d)$ est une fonction linéaire : $\Delta t = A \cdot d$. Le coefficient directeur $A = \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta d} = \frac{2,5\cdot 10^{-3} - 0}{1,1-0} \simeq 2,27 \cdot 10^{-3}\,\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$.

Elomani

Donc : $\Delta t = 2,27 \cdot 10^{-3} \cdot d$ (2). Par analogie entre (1) et (2) :

$$\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_p} = 2,27 \cdot 10^{-3} \implies \frac{1}{V_p} = \frac{1}{V_a} - 2,27 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{340} - 2,27 \cdot 10^{-3} \simeq 6,71 \cdot 10^{-4}\ \text{s·m}^{-1}$$

$$V_p = \frac{1}{6,71 \cdot 10^{-4}} \implies V_p \simeq 1490,3\ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$$

3) Remplacement par le liquide X

— Air - pétrole : $\Delta t = \left(\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_p}\right) d$

— Air - liquide X : $\Delta t' = \left(\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_x}\right) d$

Puisque $V_x > V_p \implies \frac{1}{V_x} < \frac{1}{V_p} \implies -\frac{1}{V_x} > -\frac{1}{V_p}$. En ajoutant $\frac{1}{V_a}$ et en multipliant par d : $d\left(\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_x}\right) > d\left(\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_p}\right) \implies \Delta t' > \Delta t$. **Conclusion : Le retard temporel Δt augmente.**

Partie 2 : Nucléaire

1) Équation de désintégration

$$^{238}_{94}\text{Pu} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{U} + {}^{4}_{2}\text{He} \quad \text{avec} \begin{cases} 238 = A + 4 \implies A = 234 \\ 94 = Z + 2 \implies Z = 92 \end{cases}$$

2) Énergie de liaison par nucléon $\mathcal{E}$ L'énergie de liaison est : $E_l(^{238}_{94}\text{Pu}) = [Z \cdot m(p) + (A - Z) \cdot m(n) - m(\text{Pu})] \cdot c^2$

$$E_l = [94(1,0073\,\text{u}) + 144(1,0086\,\text{u}) - 238,04768\,\text{u}] \cdot c^2 = (1,87692\,\text{u}) \cdot c^2$$

$$E_l = 1,87692 \times 931,5\,\text{MeV} \simeq 1748,35\,\text{MeV}$$

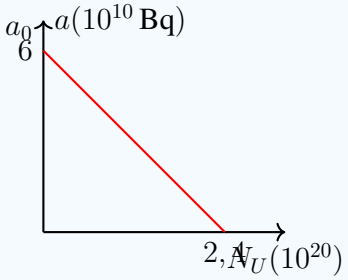
$$\mathcal{E}(\text{Pu}) = \frac{E_l(\text{Pu})}{238} = \frac{1748,35}{238} \implies \mathcal{E}(\mathbf{Pu}) \simeq 7,35\,\mathbf{MeV/nucléon}$$

Elomrani

3) Détermination de a_0, N_0 et λ D'après l'ordonnée à l'origine du graphe : $a_0 = 6 \cdot 10^{10}$ **Bq**.
Le nombre de noyaux initial N_0 est la somme des noyaux restants et désintégrés :

$$N_0(\text{Pu}) = N(\text{Pu})_{\text{restants}} + N(\text{Pu})_{\text{désintégrés}}$$

$$N_0 = N(\text{Pu}) + N(\text{U})_{\text{formés}} \implies N(\text{Pu}) = N_0 - N(\text{U})$$



L'activité à l'instant t est $a = \lambda \cdot N(\text{Pu})$.

$$a = \lambda(N_0 - N(\text{U})) = -\lambda N(\text{U}) + \lambda N_0 \quad (1)$$

L'équation de la courbe est $a = A \cdot N(\text{U}) + B$. Ordonnée à l'origine $B = 6 \cdot 10^{10}$. La pente $A = \frac{0-6\cdot10^{10}}{2,4\cdot10^{20}-0} = -2,5 \cdot 10^{-10}\,\text{s}^{-1}$.

$$a = -2,5 \cdot 10^{-10} N(\text{U}) + 6 \cdot 10^{10} \quad (2)$$

Par analogie entre (1) et (2) :

$$-\lambda = -2,5 \cdot 10^{-10} \implies \lambda = \mathbf{2,5 \cdot 10^{-10}\,s^{-1}}$$
$$\lambda N_0 = 6 \cdot 10^{10} \implies N_0 = \frac{6\cdot10^{10}}{2,5\cdot10^{-10}} \implies \mathbf{N_0 = 2,4 \cdot 10^{20}}\text{ noyaux}$$

4) Étude de la pile du satellite

4-1 Calcul de l'énergie totale E_T Énergie libérée par un noyau : $E_{lib} = |\Delta m \cdot c^2| = |m(\text{Pu}) - (m(\text{U}) + m(\text{He}))| \cdot c^2$

$$E_{lib} = |238,04768 - (234,04095 + 4,0015)| \cdot c^2 = (5,23 \cdot 10^{-3}\,\text{u}) \cdot c^2$$

$$E_{lib} = 5,23 \cdot 10^{-3} \times 931,5 \simeq 4,87\,\text{MeV}$$

Nombre de noyaux dans $m = 875\,\text{g}$:

$$N(\text{Pu}) = \frac{m}{m_{\text{noyau}}} = \frac{875 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}}{238,04768 \times 1,6605 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}} \simeq 2,21 \cdot 10^{24}\,\text{noyaux}$$

Énergie totale : $E_T = N(\text{Pu}) \cdot E_{lib} = 2,21 \cdot 10^{24} \times 4,87\,\text{MeV} \simeq 1,07 \cdot 10^{25}\,\text{MeV}$.
Conversion en Joules pour le calcul de puissance : $E_T(\text{J}) = 1,07 \cdot 10^{25} \times 1,6 \cdot 10^{-13}\,\text{J/MeV}$.

$$E_T \simeq 1,72 \cdot 10^{12}\,\text{Joules}$$

4-2 Durée de fonctionnement Δt La puissance électrique est $P_e = \frac{E_e}{\Delta t}$. Le rendement est $r = \frac{E_e}{E_T} \implies E_e = r \cdot E_T$. On remplace E_e : $P_e = \frac{r \cdot E_T}{\Delta t} \implies$

Elomrani

$\Delta t = \frac{r \cdot E_T}{P_e}$.

$$\Delta t = \frac{0,63 \times 1,72 \cdot 10^{12}\,\text{J}}{2,15 \cdot 10^{3}\,\text{W}} \simeq 5,04 \cdot 10^{8}\,\text{s}$$

On convertit en années ($1\,\text{année} = 365 \times 24 \times 3600 \simeq 3,15 \cdot 10^{7}\,\text{s}$) :

$\Delta t = \frac{5,04 \cdot 10^{8}}{3,15 \cdot 10^{7}} \simeq 16\,\text{ans}$

PHYSIQUE 2 : ÉLECTRICITÉ

Étude d'un circuit RL et Modulation d'amplitude

Elomrani

Partie 1 : Étude d'un circuit RL

1) Identification des courbes

— La tension aux bornes du conducteur ohmique est $U_2 = R \cdot i$. À $t = 0$, la bobine s'oppose à l'établissement du courant, donc $i(0) = 0$. Par conséquent, $U_2(0) = R \cdot i(0) = 0$. La courbe de U_2 passe par l'origine. $\Longrightarrow$ **U_2 correspond à la courbe (b).**

— La tension du générateur s'écrit (en convention générateur avec résistance interne) : $U_1 = E - r_1 \cdot i$. À $t = 0$, $U_1(0) = E - r_1 \cdot 0 = E \neq 0$. La courbe ne passe pas par l'origine. $\Longrightarrow$ **U_1 correspond à la courbe (a).**

2) Équation différentielle vérifiée par U_2 D'après la loi des mailles : $U_1 = U_2 + U_L$

$$E - r_1 i = U_2 + r_2 i + L\frac{di}{dt}$$

Sachant que $U_2 = R \cdot i \implies i = \frac{U_2}{R}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{dU_2}{dt}$. En remplaçant dans l'équation :

$$E - r_1\left(\frac{U_2}{R}\right) = U_2 + r_2\left(\frac{U_2}{R}\right) + \frac{L}{R}\frac{dU_2}{dt}$$

$$\frac{L}{R}\frac{dU_2}{dt} + U_2\left(1 + \frac{r_1 + r_2}{R}\right) = E$$

$$\frac{L}{R}\frac{dU_2}{dt} + U_2\left(\frac{R + r_1 + r_2}{R}\right) = E \implies \frac{L}{R + r_1 + r_2}\frac{dU_2}{dt} + U_2 = \frac{E \cdot R}{R + r_1 + r_2}$$

Équation diff. : $\tau\frac{dU_2}{dt} + U_2 = \frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2}$ avec $\tau = \frac{L}{R+r_1+r_2}$

3) Vérification de la solution La solution proposée est $U_2(t) = \frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2}\left(1-e^{-t/\tau}\right)$. On dérive : $\frac{dU_2}{dt} = \frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2}\left(\frac{1}{\tau}e^{-t/\tau}\right)$. On remplace dans l'équation :

$$\tau\left[\frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2}\frac{1}{\tau}e^{-t/\tau}\right] + \frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2} - \frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2}e^{-t/\tau} = \frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2}$$

L'égalité est vérifiée.

4) Détermination graphique des paramètres 4-1 Valeur de E : À $t = 0$, $U_1(0) = E$. D'après la courbe (a), $E = 12\,\mathbf{V}$.

4-2 Valeurs de r_1 et r_2 : En régime permanent ($t \to \infty$) : $U_2(\infty) = 6\,\text{V}$ (graphe b) et $U_1(\infty) = 9\,\text{V}$ (graphe a). D'après l'expression de la solution : $U_2(\infty) = \frac{E\cdot R}{R+r_1+r_2} = 6$ (1) D'autre part, $U_1(\infty) = U_2(\infty) + U_L(\infty)$ avec $U_L(\infty) = r_2\cdot i(\infty) + L\underbrace{\frac{di}{dt}}_{=0} = r_2\frac{U_2(\infty)}{R}$.

$$9 = 6 + r_2\left(\frac{6}{20}\right) \implies 3 = 6\frac{r_2}{20} \implies 60 = 6r_2 \implies r_2 = 10\,\Omega$$

En remplaçant dans (1) :

$$\frac{12\times 20}{20+r_1+10} = 6 \implies \frac{240}{30+r_1} = 6 \implies 240 = 180+6r_1 \implies 60 = 6r_1 \implies r_1 = 10\,\Omega$$

4-3 Valeur de L : La tangente à l'origine de la courbe (b) coupe l'asymptote horizontale ($U_2 = 6\,\text{V}$) à $t = \tau$. Graphiquement, on relève $\tau = 20\,\text{ms} = 20\cdot 10^{-3}\,\text{s}$. On sait que $\tau = \frac{L}{R+r_1+r_2} \implies L = \tau(R+r_1+r_2)$.

$$L = 20\cdot 10^{-3}\times(20+10+10) = 20\cdot 10^{-3}\times 40 \implies L = 0,8\,\mathbf{H}$$

Partie 2 : Modulation d'amplitude

1) Signification du mode XY Utiliser l'oscilloscope en mode XY permet d'**éliminer la base de temps** (visualiser une tension en fonction d'une autre).

2) Taux de modulation m D'après la figure 2 (trapèze) : $U_{max} = 3\,\text{V}$ et $U_{min} =$

Elomrani

1 V.

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} = \frac{3-1}{3+1} = \frac{2}{4} \implies m = 0,5$$

3) Valeurs de U_0, S_m et P_m Sur l'axe horizontal, les limites du trapèze correspondent à : $\begin{cases} S_m + U_0 = 3\,\text{V} \\ -S_m + U_0 = 1\,\text{V} \end{cases}$ En additionnant les deux : $2U_0 = 4 \implies U_0 = 2\,\textbf{V}$. En déduisant S_m : $S_m = 3 - 2 \implies S_m = 1\,\textbf{V}$.
Pour P_m, on sait que $U_{max} = k \cdot P_m \cdot (S_m + U_0)$.

$$P_m = \frac{U_{max}}{k(S_m + U_0)} = \frac{3}{0,25 \times (1+2)} = \frac{3}{0,75} \implies P_m = 4\,\textbf{V}$$

4) Détermination graphique des fréquences Non, on ne peut pas déterminer graphiquement les fréquences F_P et f_S à partir de cette figure car il n'y a **pas d'axe de temps**.
5) Étude du spectre de fréquences Transformation mathématique (Rappel du cours) : $U_S(t) = k \cdot (S(t) + U_0) \cdot P(t) = k \cdot P_m[S_m \cos(2\pi f_s t) + U_0] \cdot \cos(2\pi F_p t)$
En posant $A = k \cdot P_m \cdot U_0$ et $m = \frac{S_m}{U_0}$:

$$U_S(t) = A \cdot m \cdot \cos(2\pi f_s t)\cos(2\pi F_p t) + A \cdot \cos(2\pi F_p t)$$

En utilisant la relation $\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$:

$$U_S(t) = \frac{A \cdot m}{2}\cos(2\pi(F_p + f_s)t) + \frac{A \cdot m}{2}\cos(2\pi(F_p - f_s)t) + A \cdot \cos(2\pi F_p t)$$

On obtient bien 3 raies de fréquences : $F_p - f_s$, F_p et $F_p + f_s$.
5-1 Détermination de F_p et f_s : D'après le spectre de fréquences (Figure 3) :

- La fréquence centrale correspond à la porteuse : $F_p = 6\,\textbf{kHz} = 6 \cdot 10^3\,\textbf{Hz}$.
- La raie inférieure correspond à $F_p - f_s = 5,5\,\text{kHz}$.

Donc $f_s = F_p - 5,5 = 6 - 5,5 \implies f_s = 0,5\,\textbf{kHz} = 500\,\textbf{Hz}$.
5-2 La modulation est-elle bonne ? Les deux conditions pour une bonne modulation sont :

1. $m < 1$: Ici, $m = 0,5 < 1$ (Vérifiée).
2. $F_p \geq 10 f_s$: Ici, $F_p = 6000\,\text{Hz}$ et $10 f_s = 5000\,\text{Hz}$. Donc $6000 \geq 5000$ (Vérifiée).

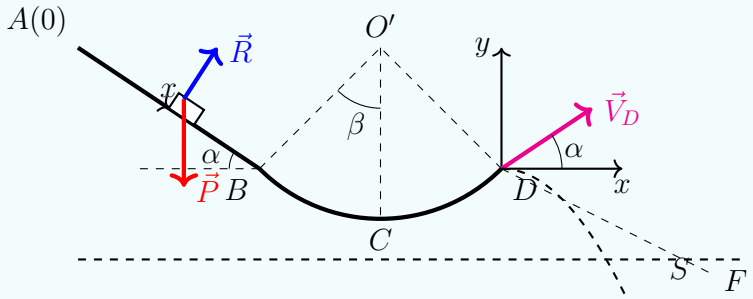
Conclusion : La modulation est bonne.

Elomrani

PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Étude du mouvement d'un skieur et d'un pendule pesant

I/ Mouvement sur la portion AB



Elomrani

1) Étude théorique (frottements supposés négligeables)

— **1-1** En appliquant la deuxième loi de Newton : $\vec{R}+\vec{P} = m\vec{a}_G$[. Projection sur l'axe $\vec{Ox}$: $R_x + P_x = ma_x \implies 0 + mg\sin\alpha = m \cdot a_{th}$.

$$a_{th} = \frac{d}{dt}V_G = g\sin\alpha = 10 \cdot \sin(30°) \implies \boxed{a_{th} = 5\,\mathbf{m}\cdot\mathbf{s}^{-2}}$$

— **1-2** L'équation de la vitesse : $\frac{d}{dt}V_G = g\sin\alpha \implies V_G(t) = (g\sin\alpha)t + \underbrace{V_0}_{0} \implies \mathbf{V_G(t) = g\sin(\alpha)\cdot t}$.

— **1-3** L'équation horaire : $\frac{d}{dt}x(t) = V_G(t) = g\sin(\alpha)t \implies x(t) = \frac{1}{2}g\sin(\alpha)t^2 + \underbrace{x_0}_{0} \implies \mathbf{x(t) = \frac{1}{2}g\sin(\alpha)t^2}$.

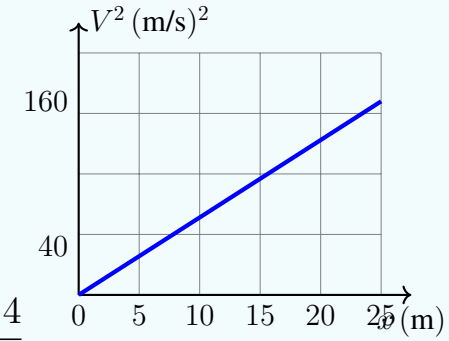
— **1-4** Expression de $V_B = f(g,\alpha,L)$: Au point B, l'abscisse est $x_B = OB = L = \frac{1}{2}g\sin(\alpha)\cdot t_B^2$ et $V_B = g\sin(\alpha)\cdot t_B \implies t_B = \frac{V_B}{g\sin\alpha}$. On remplace t_B :

$$L = \frac{1}{2}g\sin\alpha\left(\frac{V_B}{g\sin\alpha}\right)^2 = \frac{g\cdot V_B^2}{2\cdot g^2\sin^2\alpha} = \frac{V_B^2}{2g\sin\alpha}$$

$$V_B = \sqrt{2(g\sin\alpha)L} = \sqrt{2(10\sin 30°)40} = \sqrt{400} \implies \boxed{V_B = 20\,\mathbf{m}\cdot\mathbf{s}^{-1}}$$

2) Étude expérimentale

— **2-1** Calcul de a_{exp}. D'après la courbe $V^2 = f(x)$, on a une fonction linéaire : $V^2 = Ax + B$ (avec $B = 0$). La pente $A = \frac{160-0}{25-0} = 6,4$. Donc $V^2_{(t)} = 6,4 \cdot x(t)$. En dérivant : $\frac{d}{dt}(V^2(t)) = \frac{d}{dt}(6,4 \cdot x(t)) \Longrightarrow 2V(t) \cdot \frac{dV(t)}{dt} = 6,4 \cdot \frac{dx(t)}{dt}$.



$$2V(t) \cdot a_{exp} = 6,4 \cdot V(t) \Longrightarrow a_{exp} = \frac{6,4}{2}$$

$a_{exp} = 3,2\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (réalité)

— **2-2** Comparaison : $a_{th} = 5\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (avec supposition frottements négligeables) et $a_{exp} = 3,2\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (la valeur expérimentale, réalité).

— **2-3-1** Explication : $a_{exp} \neq a_{th}$. **La supposition est fausse : le glissement du solide se fait avec frottement.**

— **2-3-2** Le facteur responsable est l'intensité f de la force de frottement. La projection de $\vec{R} + \vec{P} = m\vec{a}_{exp}$ sur l'axe $\vec{Ox}$ donne : $-f + mg\sin\alpha = ma_{exp}$.

$$f = m(g\sin\alpha - a_{exp}) = m(a_{th} - a_{exp}) \Longrightarrow f = 80(5-3,2) \Longrightarrow f = 144\,\text{N}$$

— **2-4** Calcul de V_B réel : On a $x(B) = OB = L = 40\,\text{m}$. À partir de l'équation du graphe : $V_B^2 = 6,4 \cdot x_B = 6,4 \times 40 = 256$.

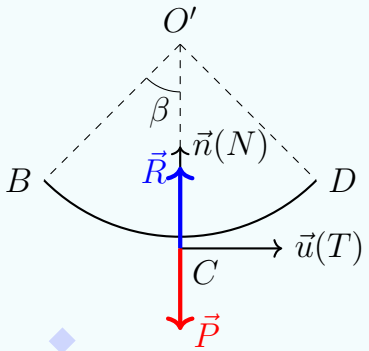
$V_B = 16\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (V_B exp)

Elomrani

II/ Mouvement le long du Trajet BCD (sans frottements)

1) Étude dans la base de Frenet en C
L'application de la deuxième loi de Newton donne : $\vec{R} + \vec{P} = m\vec{a}_G$. La projection sur la normale $\vec{n}$: $R - P = ma_N$.

$$R = P + ma_N = mg + m\left(\frac{V_C^2}{r}\right)$$



Sachant que $V_C^2 = V_B^2 + 2gr(1-\cos\beta)$:

$$R(C) = mg + \frac{m}{r}\left(V_B^2 + 2gr(1-\cos\beta)\right)$$

$$R(C) = mg(3 - 2\cos\beta) + \frac{mV_B^2}{r}$$

Application numérique :

$$R(C) = 80\times10(3-2\cos 30^\circ)+\frac{80\times 16^2}{10} \implies R(C) \simeq 3062\,\mathbf{N}$$

2) Calcul de a_T La projection sur la tangente : $P_T + R_T = ma_T \implies 0 + 0 = ma_T \implies a_T = 0$.

III/ Mouvement de projectile (de D vers S)

1) Équations horaires et trajectoire L'application de la 2ème loi de Newton : $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} = m\vec{a}_G$.

— Sur l'axe $\vec{Ox}$: $P_x = ma_x \implies 0 = ma_x \implies a_x = 0$. La vitesse est : $V_x(t) = V_D\cos\alpha \implies V_x = 16\cos(30^\circ) = 13,86$ m/s. L'équation horaire est : $x(t) = V_D\cos(\alpha)\cdot t + \underbrace{x_0}_{0} \implies \mathbf{x(t) = 13,86\cdot t}$.

— Sur l'axe $\vec{Oy}$: $P_y = ma_y \implies -mg = ma_y \implies a_y = -g = -10$. La vitesse est : $V_y(t) = -10t + V_D\sin\alpha \implies V_y(t) = -10t + 8$. L'équation horaire est : $y(t) = -10\frac{t^2}{2} + 8t + \underbrace{y_0}_{0} \implies \mathbf{y(t) = -5t^2 + 8t}$.

L'équation de la trajectoire : on isole $t = \frac{x}{13,86}$ et on remplace dans $y(t)$:

$$y = -5\left(\frac{x}{13,86}\right)^2 + 8\left(\frac{x}{13,86}\right) \implies y = -0,026x^2 + 0,58x$$

Elomrani

2) Coordonnées du point S D'après le schéma, $\tan\theta = \frac{-y_S}{x_S}$ (car $y_S < 0$) $\Longrightarrow$ $y_S = -x_S \tan\theta$. Avec $\tan 27° \simeq 0,5$ $\Longrightarrow$ $y_S = -0,5x_S$. En égalisant les deux équations :

$$-0,5x_S = -0,026x_S^2 + 0,58 \Longrightarrow 0,026x_S^2 - 0,5x_S - 0,58 = 0$$

Le discriminant : $\Delta = (-0,5)^2 - 4(0,026)(-0,58) = 0,31$.

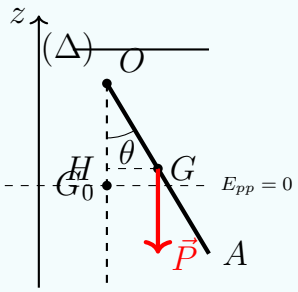
$$x_S = \frac{0,5 + \sqrt{0,31}}{2(0,026)} \Longrightarrow \boxed{x_S = 20,33\,\mathbf{m}} \quad \text{et} \quad y_S = -0,5(x_S) \Longrightarrow \boxed{y_S = -10,16\,\mathbf{m}}$$

3) Calcul de la vitesse au point S L'instant d'arrivée t_S : $x(S) = 13,86 \cdot t_S = 20,33$ $\Longrightarrow$ $t_S = 1,47$ s. On remplace dans les expressions des vitesses : $V_x = 13,86$ m/s et $V_y = -10(1,47) + 8 = -6,7$ m/s.

$$V_S = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \Longrightarrow \boxed{V_S = 15,39\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}}$$

Partie 2 : Étude d'un pendule pesant

1) Énergie mécanique E_m L'énergie cinétique est : $E_c = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2$. L'énergie potentielle de pesanteur : $E_{pp} = mgz_G + C$ (avec $E_{pp} = 0$ en $z = 0 \Longrightarrow C = 0$). L'altitude de G : $z_G = OG_0 - OH = OG_0 - OG\cos\theta = \frac{L}{2}(1 - \cos\theta)$. Pour de petites oscillations : $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$. $z_G = \frac{L}{2}\left(1 - (1 - \theta^2/2)\right) = \frac{L\cdot\theta^2}{4}$. Donc $E_{pp} = mg\frac{L\theta^2}{4}$.



$$\boxed{E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + \frac{1}{4}mgL\theta^2}$$

2) Équation différentielle du mouvement Puisque les frottements sont négligeables et que la seule force qui travaille est $\vec{P}$ (force conservative), l'énergie mécanique se conserve : $E_m = \text{cte} \Longrightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0$.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2\right) + \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{4}mgL\theta^2\right) = \frac{J_\Delta}{2}(2\dot{\theta}\ddot{\theta}) + \frac{1}{4}mgL(2\theta\dot{\theta}) = 0$$

Elomrani

$$J_\Delta \dot{\theta}\ddot{\theta} + \frac{1}{2}mgL\theta\dot{\theta} = \left(\frac{1}{3}mL^2\right)\dot{\theta}\ddot{\theta} + \frac{1}{2}mgL\theta\dot{\theta} = mL\dot{\theta}\left(\frac{L\ddot{\theta}}{3} + \frac{1}{2}g\theta\right) = 0$$

Comme $\dot{\theta}$ n'est pas constamment nulle : $\frac{L\ddot{\theta}}{3} + \frac{g\theta}{2} = 0$. En multipliant par $\frac{3}{L}$:

$$\ddot{\theta} + \frac{3g}{2L}\theta = 0$$

3) Période propre T_0 La solution est $\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. Par identification :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2L}{3g}}$$

4-1 Détermination de T_0 **et** g D'après le graphe, la période de l'énergie cinétique est $\frac{T_0}{2} = 0,6\,\text{s}$. Donc $T_0 = 1,2\,\text{s}$.

$$T_0^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{2L}{3g} \implies g = \frac{8\pi^2 L}{3T_0^2} = \frac{8 \cdot 10 \cdot 0,53}{3(1,2)^2} \implies g \simeq 9,81\,\mathbf{N \cdot kg^{-1}}$$

4-2 Vitesse angulaire initiale À $t = 0$, le graphe donne $E_c(0) = 0,50 \cdot 10^{-2}\,\text{J}$.

$$E_c = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 \implies \dot{\theta}(0) = \pm\sqrt{\frac{2E_c(0)}{J_\Delta}} \quad \text{avec } J_\Delta = \frac{1}{3}mL^2 = \frac{1}{3}(0,1)(0,53)^2 = 9,36\cdot10^{-3}$$

Le pendule est lâché dans le sens négatif, donc $\dot{\theta}_0 < 0$:

$$\dot{\theta}_0 \simeq -1,03\,\text{rad/s}$$

4-3 Énergie totale et amplitude θ_{max} L'énergie totale $E_T = E_{c(\max)} + E_{pp(\min)} = E_{c(\max)}$ (d'après le graphe) : $E_T = 0,9 \cdot 10^{-2}\,\mathbf{J}$. Or $E_T = E_{pp(\max)} = \frac{mgL\theta_{max}^2}{4} \implies \theta_{max} = \sqrt{\frac{4E_T}{mgL}}$.

$$\theta_{max} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,9 \cdot 10^{-2}}{0,1 \cdot 9,81 \cdot 0,53}} \implies \theta_{max} \simeq 0,26\,\mathbf{rad}$$

4-4 Calcul de la phase φ À $t = 0$, $E_c(0) = 0,5 \cdot 10^{-2}\,\text{J} \implies E_p(0) = E_m - E_c(0) = (0,9 - 0,5) \cdot 10^{-2} = 0,4 \cdot 10^{-2}\,\text{J}$.

$$\frac{mgL\theta_0^2}{4} = E_p(0) \implies \theta_0^2 = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^{-2}}{mgL} \implies \theta_0 \simeq \pm 0,17\,\text{rad}$$

D'après l'énoncé, on l'écarte dans le sens positif, donc $\theta_0 = +0,17\,\text{rad}$. La solution générale donne $\theta(0) = \theta_{max}\cos\varphi \implies \cos\varphi = \frac{0,17}{0,26} = 0,65 \implies \varphi = \pm 0,86\,\text{rad}$. Puisque on lâche dans le sens négatif, $\dot{\theta}(0) = -\theta_{max}\frac{2\pi}{T_0}\sin\varphi < 0 \implies \sin\varphi > 0$. Conclusion : $\varphi = +0,86\,\mathbf{rad}$.

Elomrani

Chimie

Partie 1

on travaille à 25°C et on donne : pKe = 14 $\quad M(CH_3-NH_2) = 31g/mol$

On dissout une masse **m** de méthylamine (CH_3-NH_2) dans de l'eau distillée, pour préparer une solution aqueuse (S_B), de volume $V = 500mL$, de concentration molaire $C_B = 2,4.10^{-2}\,mol.L^{-1}$ et $pH = 12$

On prélève un volume $V_B = 50mL$ la solution (S_B) et on le dose avec une solution (S_A) de chlorure d'hydrogène (solution d'acide chloridrique) ($H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) de sa concentration molaire $C_A = 10^{-1}\,mol.L^{-1}$.

La courbe à côté donne les variations de **pH** du mélange en fonction du volume V_A de la solution acide ajoutée

I) Etude de la solution (S_B) avant le dosage

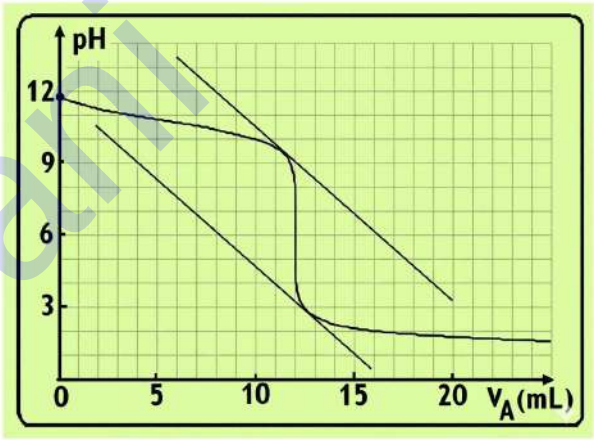
1- La méthylamine est-elle une base ou un acide ?justifier

2- Écrire l'équation de la réaction de méthylamine avec de l'eau

3- Exprimer le taux d'avancement final de la réaction τ en fonction de **pH** , pK_e et C_B ; Montrer que la réaction de la méthylamine avec l'eau est limitée

4- Etablir l'expression de la constante d'équilibre de la réaction :
$K_A = \frac{10^{-pH}(1-\tau)}{\tau}$;
Montrer que que pK_A du couple $CH_3-NH_3^+/CH_3-NH_2$ est **11,85**

5- Exprimer la constante d'equilibre **K** en fonction de K_e (produit ionique de l'eau) et K_A
Calculer **K** , conclure



II) Etude du dosage

1) Écrire l'équation de la réaction de dosage

2) Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence

3) Retrouver la valeur de C_B la concentration de la solution (S_B) puis calculer **m**

4) Parmi les indicateurs colorés suivants , quel est l'indicateur convenable pour ce dosage

5)Déterminer le volume V_{A1} de la solution d'acide chlorhydrique qu'il faut ajouter pour que la relation $[CH_3-NH_3^+] = 15.[CH_3-NH_2]$ soit vérifiée dans le mélange réactionnel.

Indicateurs colorés	*bleu de bromothymol*	*bleu de bromophénol*	*rouge de crésol*
La Zonne de virage	6,0 - 7,6	3,0 - 4,6	7,2 - 8,8

6) Montre que l'expression du taux d'avancement final τ de cette réaction pour un volume V_A ajouté inférieure à V_{AE} (Avant l'équivalence) est : $\tau = 1 - \frac{10^{-pH}(V_A+V_B)}{C_A V_A}$; calculer τ pour $V_A = 10ml$, conclure

7) calculer la valeur de la constante d'équilibre **K** de la réaction du dosage (l'eau en excès) , conclure

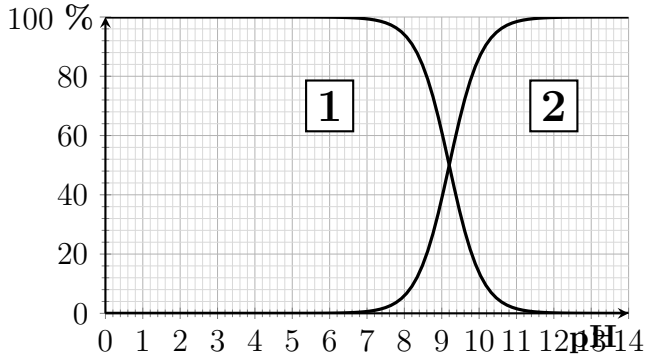
8) Tracer le diagramme de prédominance pour les espèces acide-base du couple ($CH_3-NH_3^+/CH_3-NH_2$.)
En fonction du volume V_A de l'acide ajouté à la solution acide au cours du dosage

9) On donne : pour $V_A = \frac{V_{AE}}{2}$: $[CH_3-NH_2] = [CH_3-NH_3^+]$ et $pH = pK_A$
Montrer que pour $V_A = \frac{V_{AE}}{2}$: $[CH_3-NH_2] = [CH_3-NH_3^+] = \frac{C_A.C_B}{2C_A+C_B}$

Elomrani

Partie 2

Le document ci-dessous représente le diagramme de distribution d'espèces chimiques pour l'ion ammonium $\mathbf{NH_4^+}$ et l'ammoniac $\mathbf{NH_3}$ pour le couple $(\mathbf{NH_4^+/NH_3})$ (les pourcentages α de la concentration d'acide par rapport à la base, puis la base par rapport à l'acide)



$\alpha(\mathbf{NH_4^+}) = \frac{[\mathbf{NH_4^+}]}{[\mathbf{NH_3}]+[\mathbf{NH_4^+}]} = \frac{[\mathbf{NH_4^+}]}{\mathbf{C}}$ $\qquad$ $\alpha(\mathbf{NH_3}) = \frac{[\mathbf{NH_3}]}{[\mathbf{NH_3}]+[\mathbf{NH_4^+}]} = \frac{[\mathbf{NH_3}]}{\mathbf{C}}$

1) à partir du document , déterminer en justifiant votre réponse la valeur du $\mathbf{pK_A}$ du couple $\mathbf{(NH_4^+/NH_3)}$

2) Associer, en justifiant votre réponse , la forme acide et basique du couple $\mathbf{(NH_4^+/NH_3)}$ à la courbe qui lui correspond

3) Préciser en justifiant votre réponse la zone de **pH** qui vérifie : $[\mathbf{NH_3}] > \mathbf{10}\,[\mathbf{NH_4^+}]$

4) On dissout une quantité d'ammoniac gazeux dans l'eau , on obtient une solution basique (S) de concentration molaire **C** et un volume de **V**

4-4 Écrire l'équation de la réaction qui se produit , puis dresser le tableau descriptif

4-4 Montrer que l'expression du pourcentage d'ion ammonium en solution **(S)** représente le taux d'avancement final de la réaction et son expression est $\%[\mathbf{NH_4^+}] = \tau = \frac{1}{1+10^{\mathbf{pH-pK_A}}}$

4-4 Montrer que l'expression du pourcentage d'ammoniac en solution (S) est $\%[\mathbf{NH_3}] = \frac{1}{1+10^{-\mathbf{pH+pK_A}}}$

4-4 on dilue la solution **(S)** , on obtient un nouvelle solution $\mathbf{(S')}$ de $\mathbf{pH' = 10}$
Déterminer graphiquement la nouvelle valeur du taux d'avancement τ' dans la solution $\mathbf{(S')}$

Partie 3 Taravai chez soi Hors EXAM Electrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'arg

On effectue l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent $(\mathbf{Ag^+_{aq}} + \mathbf{NO^-_{3(aq)}})$ acidifiée par une solution aqueuse d'acide nitrique $(\mathbf{H_3O^+_{aq}} + \mathbf{NO^-_{3(aq)}})$ en utilisant deux électrodes en graphite . le volume du mélange dans l'électrolyseur est $\mathbf{V = 400mL}$.

Données :

- Les deux couples Oxydant/Réducteur intervenant dans cette réaction sont : $\mathbf{O_{2(g)}/H_2O_{(l)}}$; $\mathbf{Ag^+_{aq}/Ag_{(S)}}$.
- Le faraday : $\mathbf{1F = 9,65.10^4\,C.mol^{-1}}$
- Masse molaire de l'argent : $\mathbf{M(Ag) = 108\,g.mol^{-1}}$
- Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $\mathbf{V_m = 22,4\,l.mol^{-1}}$

On mesure le **pH** du mélange avant la fermeture du circuit et on trouve $\mathbf{pH_0 = 3}$, puis on ferme le circuit à un instant choisi comme origine des dates (**t=0**). Un courant électrique d'intensité constante $\mathbf{I = 250\,mA}$ circule dans le circuit.
Un dépôt métallique brillant se dépose sur l'une des deux électrodes alors que du dioxygène gazeux se dégage au niveau de l'autre.

1. Ecrire la demi-équation de la réaction qui se produit à l'anode

2. A l'aide du tableau d'avancement de la réaction, montrer qu'a l'instant t on a ; $[\mathbf{H_3O^+}] = \mathbf{10^{-3} + 10.x}$ avec **x** l'avancement de la réaction .

3. Au bout d'une durée de fonctionnement $\mathbf{\Delta t = 1h15min}$, calculer :

a- La masse du métal déposée .

Elomrani

b- Le volume du gaz dégagé.

c- Le pH de la solution.

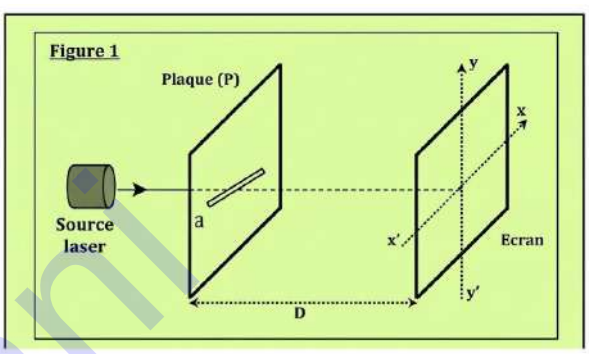
Physique 1

Partie 1 la diffraction de la lumière et les photons

L'étude du phénomène de diffraction de la lumière permet de déterminer la fréquence des ondes lumineuses.

On envoie à partir d'une source **S** une lumière monochromatique de longueur d'onde λ provenant d'un laser, perpendiculairement sur une fente rectiligne horizontale de largeur **a** connu. On observe le phénomène de diffraction sur un écran distant de la distance **D** de la fente. On mesure la largeur **L** de la frange centrale et on déduit la valeur de l'écart angulaire θ entre le milieu de la frange centrale et la 1ère extinction (**Figure1**).

On répète les mêmes mesures pour d'autres fentes.



On donne :

Pour des petits angles θ, on considérera : $\tan\theta \approx \theta(\mathbf{rad})$;

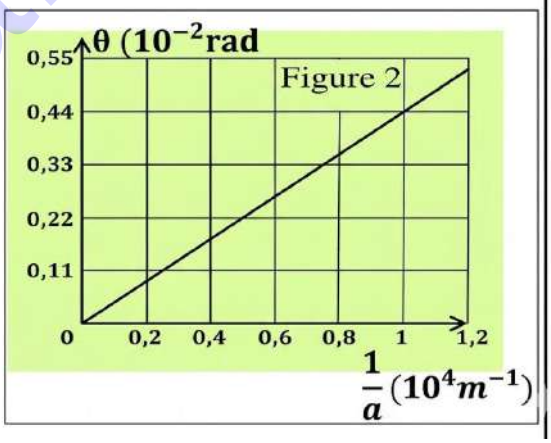
La célérité de la lumière dans l'air est : $\mathbf{C = 3.10^8\,m.s^{-1}}$.

La constante de Planck $\mathbf{h = 6,62.10^{-34}\,J.s}$

1- La figure de diffraction observée sur l'écran est : suivant **l'axe x'x** ou suivant **l'axe y'y** ? Justifier votre réponse

2- Quelle est la nature de la lumière mise en évidence par cette expérience

3- Trouver la relation entre : **L, λ, a et D**.



4- La figure 2 représente la courbe $\theta = \mathbf{f(1/a)}$:

4-0- Déterminer graphiquement la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée. En déduire la fréquence ν de cette onde.

4-0- déterminer le nombre de photons émis par la source **S** en une unité de temps Sachant que la puissance de **S** est $\mathbf{P = 25mW}$

5- On éclaire une fente par une lumière blanche au lieu du laser.

Sachant que les longueurs d'ondes du spectre visible sont comprises entre :

$\lambda_{\mathbf{V}} = \mathbf{400nm\ (Violet)}$ et $\lambda_{\mathbf{R}} = \mathbf{800nm\ (Rouge)}$.

5-0 Préciser la longueur d'onde correspondante a la plus large frange centrale.

5-0 Expliquer pourquoi le milieu de la frange centrale apparait-il blanc ?

Partie 2

Datation d'une roche métallique par la méthode d'Uranium-Plomb

Le Plomb et l'Uranium se trouvent, avec des proportions différentes, dans les roches métalliques selon leur date de formation.

On considère que la présence du plomb dans certaines roches métalliques est due seulement à la désintégration spontanée de l'Uranium 238 au cours du temps.

On dispose d'un échantillon d'une roche métallique contenant à la date de sa formation, considérée

Elomrani

comme origine des dates ($\mathbf{t = 0}$), un certain nombre de noyaux d'Uranium $^{\mathbf{238}}_{\mathbf{92}}\mathbf{U}$; Cet échantillon métallique contient à une date $\mathbf{t}$, une masse $\mathbf{m_U(t) = 10g}$ d'Uranium **238** et une masse $\mathbf{m_{Pb}(t) = 0,01g}$ de Plomb **206**

1) Montrer que l'expression de l'âge de la roche métallique est

$$\mathbf{t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(1 + \frac{m_{Pb}(t).M(^{238}U)}{m_U(t).M(^{206}Pb)}\right)}$$

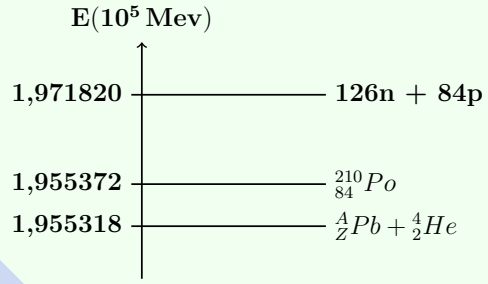
2) Calculer $\mathbf{t}$ en années.

Donées : $\mathbf{M(U) = 238g.mol^{-1}}$, $\mathbf{M(Pb) = 206\,g.mol^{-1}}$,
demie – vie de $^{\mathbf{238}}\mathbf{U}$ est $\mathbf{4,5}$ MA (milliard années)

Partie 3 Désintégration du polonium210

Le polonium est un métal radioactif rare découvert en **1898** par Pierre Curie.
Ce métal de symbole **Po** et de numéro atomique **84** est radioactif.
Le polonium **210** est le seul isotope que l'on trouve dans la nature.
La désintégration d'un noyau de polonium **210** produit un noyau de plomb avec émission d'une particule α.

On donne a côté le diagramme d'énergie de la réaction étudiée



Données :
-La demi-vie du polonium 210 : $\mathbf{t_{1/2} = 138}$ jours ; $\mathbf{1u = 931,41\,MeV/c^2}$; $\mathbf{1u = 1,66.10^{-27}\,kg}$.

1. Ecrire l'équation de désintégration du polonium 210 en déterminant **A** et **Z**

2. A l'aide du diagramme d'énergie représenté ci-contre, calculer :

2.2. l'énergie libérée $\mathbf{E_{lib}}$ lors de la désintégration d'un noyau de polonium 210.

2.2. le défaut de masse de désintégration du noyau de polonium 210 exprimé en kilogramme **(kg)**.

3. Calculer, **en** $\mathbf{s^{-1}}$, la constante radioactive du polonium 210.

4. Un échantillon de noyaux de polonium 210 a une activité $\mathbf{a_0 = 3,50.10^2\,GBq}$ à un instant de date t = 0
Déterminer, en jours, l'instant de date $\mathbf{t_1}$ où l'activité de cet échantillon est : $\mathbf{a_1 = 3,7.10^4\,Bq}$.

Partie 1 Etude d'un circuit LC

On charge totalement un condensateur de capacité $\mathbf{C = 9nF}$ avec un générateur délivrant une tension constante $\mathbf{E}$ puis on l'introduit à la date t=0 dans un circuit avec une bobine parfaite d'inductance $\mathbf{L}$ (**figure1**) .

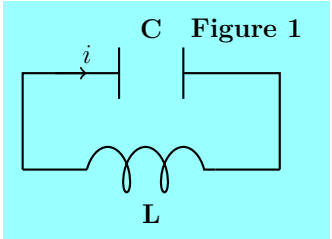


Figure 1

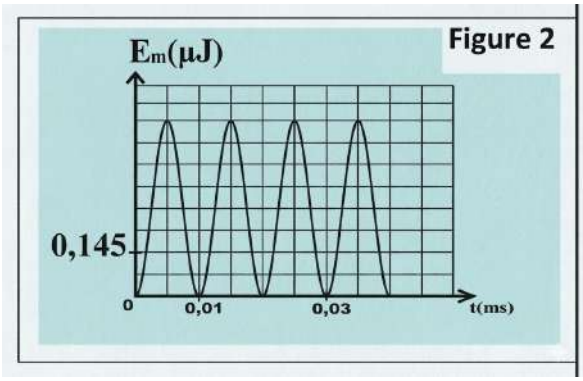
données $\cos(\mathbf{2}\alpha) = \mathbf{1} - \mathbf{2}\sin^{\mathbf{2}}(\alpha)$ et $\pi^{\mathbf{2}} = \mathbf{10}$

1) établir l'équation différentielles du circuit en fonction de $\mathbf{U_C}$. Donner la solution générale de cette équation ,et déterminer la valeur de La phase φ a l'origine des temps

2) Montrer que l'expression de l'énergie magnétique $\mathbf{E_m}$ emmagasinée dans la bobine **a une date t** est
$\mathbf{E_m = \frac{C.E^2}{4}(1 - \cos\frac{4\pi.t}{T_0})}$ Déduire, l'expression de l'énergie magnétique maximale $\mathbf{E_{m(max)}}$ en fonction de $\mathbf{C}$ et $\mathbf{E}$.

Elomrani

3) Le document de **la Figure (2)** représente les variations de l'énergie magnétique $\mathbf{E_m}$ en fonction du temps ; Déterminer graphiquement



3-0 la valeur de $\mathbf{E_{m(max)}}$, déduire la valeur de **E**

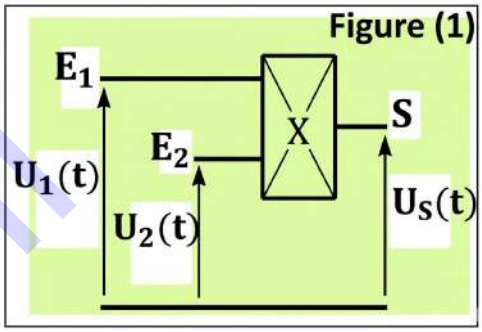
3-0 la valeur de la période propre des oxcillations $\mathbf{T_0}$, puis déduire la valeur de **L**

3-4 : Montrer que l'énergie totale emmagasinée dans le circuit reste constante avec le temps et calculer sa valeur

3-5 calculer la valeur maximale de l'intensité du courant $\mathbf{I_{max}}$

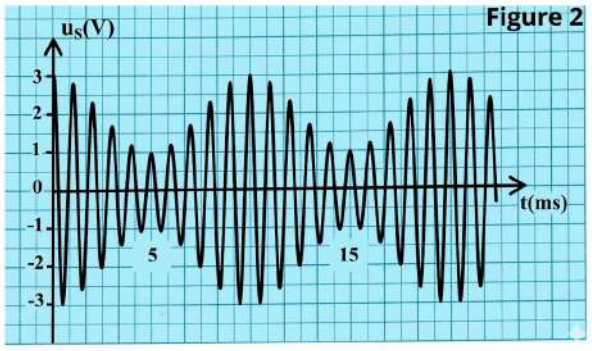
Partie 2 Modulation et démodulation

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un professeur et ses élèves réalisent un montage permettant d'émettre puis de recevoir un signal radio.



1) Pour étudier la modulation d'amplitude et vérifier la qualité de la modulation , au cours d'une séance de travaux pratiques , le professeur a utilisé avec ses élève un circuit intégré multiplieur **(X)** en appliquant une tension sinusoïdale $\mathbf{U_1(t) = P_m.\cos(2\pi F_P.t)}$ à son entrée $\mathbf{E_1}$ et une tension $\mathbf{U_2(t) = U_0 + S(t)}$ à son entrée $\mathbf{E_2}$, avec $\mathbf{U_0}$ la composante continue de la tension et $\mathbf{S(t) = S_m.\cos(2\pi f_S.t)}$

La courbe de la figure (2) représente la tension de sortie $\mathbf{U_S(t) = k.U_1(t).U_2(t)}$ visualisée par les élèves sur l'écran d'un oscilloscope. k est une constante positive caractérisant le multiplieur **X** .



1-1- Montrer en précisant les expressions de **A** et **m** , que la tension $\mathbf{U_S(t)}$ s'écrit sous la forme :

$\mathbf{U_S(t) = A[1 + m.\cos(2\pi f_S.t)].\cos(2\pi F_P.t)}$

1-2- QCM (questions à choix multiple)

En exploitant la courbe de la figure 2

Une démonstration est strictement obligatoire

1-2-1- La fréquence $\mathbf{F_p}$ de la porteuse en **KHz** est

A	**1**	**B**	**0,1**	**C**	**10**	**D**	**0,6**

1-2-2- La fréquence $\mathbf{f_S}$ de la tension modulante en **KHz** est

A	**1**	**B**	**0,1**	**C**	**10**	**D**	**0,6**

1-2-3- Le taux de modulation m est

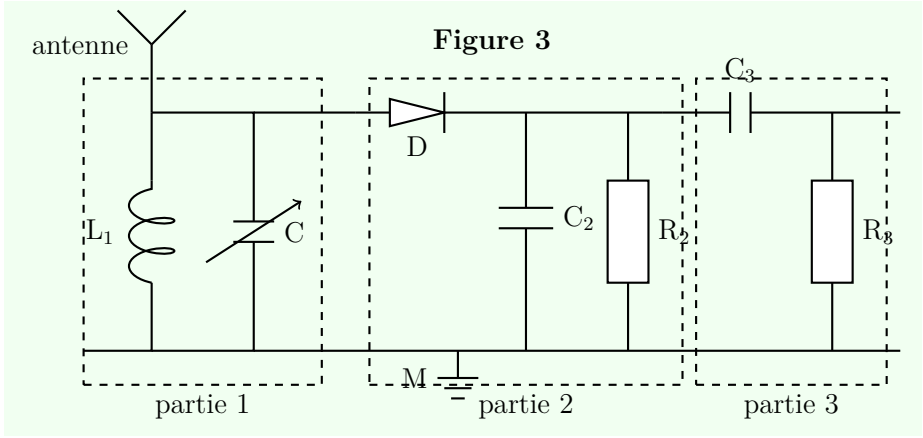
A- m=2	**B- m=0,5**	**C- m=33**	**D- m=0,3**

1-2-4- La qualité de modulation est

A- bonne	**B- mauvaise**	**C- critique**

2) Les élèves réalisent le montage simple de la réception d'une onde AM représenté sur la figure 3 et qui comprend trois parties principales

Elmrani



2-1- La première partie (partie 1) , **est le circuit d'accord**

2-1-1- le rôle de circuit d'accord est

A-Recevoir et sélectionner l'onde
B-Eliminer la porteuse
C-Moduler l'onde

2-1-2- Comment procède-t-on pour "capter" une station radio ?

2-1-3- Montrer que l'utilisation de la bobine d'inductance $\mathbf{L_1 = 8,44mH}$ et de condensateur de capacité $\mathbf{C = 3.10^{-6}F}$ permet à la partie 1 du montage de sélectionner le signal $\mathbf{U_S(t)}$ émis par le groupe.

2-2- Comment s'appelle la deuxième partie (partie 2) sur le schéma ? Quel est son rôle ?

2-3- La partie 2 est constitué du condensateur de capacité $\mathbf{C_2 = 4,7\mu F}$ et un conducteur ohmiques de résistance $\mathbf{R_2 = 1k\Omega}$: Est-ce que les élèves ont obtenu une bonne enveloppe de tension modulée ? justifier votre réponse.

2-4- le rôle de la troisième partie (partie 3) est ?

A-Eliminer la porteuse	**B-Eliminer la composante continue U_0**
C-Filtre passe tension	**D-Filtre passe - Bas**

Physique 3 Mécanique

Partie 1 Étude du mouvement d'un cycliste dans un circuit

La course à bicyclette sur des circuits fermés est devenue un sport très populaire. Plusieurs compétitions s'organisent chaque année avec des circuits fermés qui comprennent des obstacles.
Cet exercice vise l'étude du mouvement du centre d'inertie d'un système {Cycliste Bicyclette} dans un circuit fermé de la région de l'Atlas (figure 1).

Au cours de sa participation à une course dont le circuit est représenté sur la figure (1), un cycliste parcourt une partie de ce circuit constituée d'un tronçon AB rectiligne horizontal, d'un tronçon BC curviligne qui s'ouvre sur une fosse de largeur L et d'un tronçon DE horizontal (figure 2).

Figure (1)

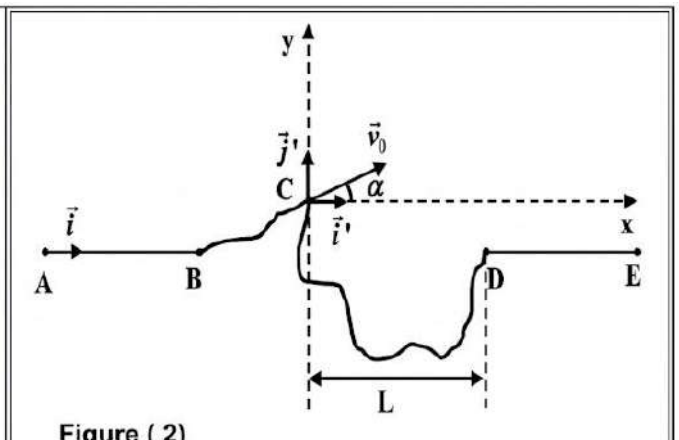


Figure (2)

Elomrani

Le mouvement sur le tronçon **AB** se fait avec des frottements modélisés par une force $\vec{f}$ constante de sens opposé au sens du vecteur vitesse.
L'ensemble {Cycliste Bicyclette} constitue un système de masse **m** et de centre d'inertie **G** Figure (4)

1. Mouvement du cycliste sur le tronçon AB

Le cycliste exerce entre **A** et **B** un effort modélisé par une force $\vec{F}$ horizontale supposée constante de même sens que le mouvement de **G**.
Le cycliste démarre sans vitesse initiale de la position **A**.
Pour étudier le mouvement de **G**, on choisit le repère $(A, \vec{i})$ lié à la Terre supposé Galiléen.
À l'instant $\mathbf{t}_0 = 0$, $\mathbf{x}_G = \mathbf{x}_A = 0$

Données :
$m = 70$ kg ; $g = 10$ m.s^{-2} ; $F = 180$ N ; $AB = 60$ m ; $f = 80$ N

1.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'expression de l'accélération du mouvement de **G** s'écrit : $a = \dfrac{F - f}{m}$.

1.2. Déterminer, en justifiant la réponse, la nature du mouvement de **G**.

1.3. Calculer la valeur de $\mathbf{t}_B$, l'instant de passage de **G** par **B**.

1.4. Déterminer la valeur de la vitesse $\mathbf{V}_B$ de **G** lors de son passage par **B**.

1.5. Déterminer l'intensité de la force $\vec{R}$ exercée par le plan sur le système au cours de son mouvement sur le tronçon **AB**.

1.6. Montrer que l'expression du coefficient de frottement **K** est : $\mathbf{K} = \sqrt{\left(\dfrac{R}{mg}\right)^2 - 1}$, Calculer **K**.

2. Mouvement du cycliste durant la phase du saut

Le cycliste quitte le tronçon **BC** en **C** avec une vitesse $\vec{V}_0$ qui fait un angle $\boldsymbol{\alpha}$ avec le plan horizontal (figure 2).
Au cours du saut, le système {Cycliste Bicyclette} n'est soumis qu'à son poids.
On étudie le mouvement de **G**, dans un repère orthonormé $(C, \vec{i}', \vec{j}')$ lié à la Terre supposé Galiléen.
On choisit l'instant de passage de **G** en **C** comme nouvelle origine des dates $\mathbf{t}_0 = 0$.
Les équations horaires du mouvement de **G** lors de la chute libre s'écrivent :

$$x_G(t) = (V_0 \cos\alpha).t \quad ; \quad y_G(t) = -\frac{1}{2}g.t^2 + (V_0 \sin\alpha).t$$

Au cours du mouvement, **G** atteint le sommet de la trajectoire à l'instant $\mathbf{t}_S = \mathbf{0,174}$ s et puis le système tombe sur le sol en un point **P** à l'instant $\mathbf{t}_P = \mathbf{1}$ s.

Données :
$\alpha = 10°$; $L = 8$ m ; $g = 10$ m.s^{-2} ; $\sin 2\alpha = 2 \sin\alpha \cos\alpha$

2.1. Montrer que $\mathbf{V}_0 \approx \mathbf{10}$ m.s^{-1}

2.2. Le cycliste a-t-il dépassé la fosse ? Justifier votre réponse.

2.3. Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{V}_P$ de **G** à l'instant $\mathbf{t}_P$, Déduire la valeur de $\mathbf{V}_P$.

2.4. Calculer l'angle $\boldsymbol{\beta}$ formé par le vecteur vitesse au point **P** et l'axe **ox**.

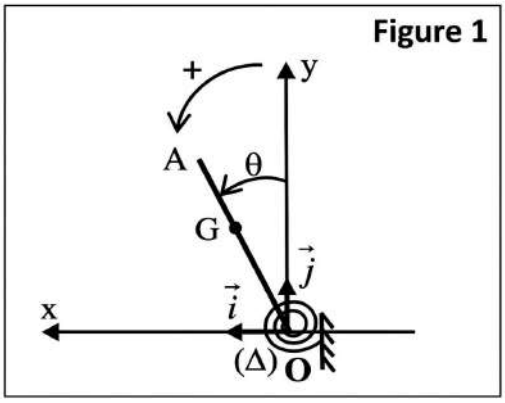
2.5. On modifie la valeur de $\mathbf{V}_0$ pour une nouvelle valeur $\mathbf{V}'_0$, le centre de gravité **G** tombe au point **D**.
Montrer que $\mathbf{V}'_0 = \sqrt{\dfrac{g.L}{\sin 2\alpha}}$, Calculer $\mathbf{V}'_0$.

Elomrani

Partie 2 Etude du mouvement d'un oscillateur : le gravimètre

Un gravimètre est un instrument qui permet de mesurer l'intensité de pesanteur g avec une bonne précision.

On modélise un gravimètre par un oscillateur constitué par :
- une tige OA de centre d'inertie **G**, de masse **m** et de moment d'inertie $\mathbf{J}_\Delta$ par rapport à l'axe de rotation (Δ) horizontal passant par le point **O**.
La tige est susceptible de tourner autour de l'axe (Δ) dans le plan vertical **(Oxy)** et son centre d'inertie **G** se trouve à la distance $\mathbf{OG} = \ell$ de l'axe (Δ) (figure 1).
- un ressort spirale tend à ramener la tige en position verticale en exerçant sur celle-ci un couple de moment $\mathbf{M}_\Delta = -C.\theta$ par rapport à l'axe de rotation (Δ) où **C** est la constante de Torsion du ressort ($C > 0$) et $\boldsymbol{\theta}$ l'angle de rotation exprimé en radian (angle de torsion).



Données :
- $\mathbf{m = 0,1}$ kg ; $\ell = \mathbf{58,4}$ cm ; $\mathbf{J_\Delta = 2,5.10^{-2}}$ kg.m^2 ; $\mathbf{C = 1,4}$ N.m.rad^{-1}
- Pour les petits angles θ : $\cos\theta \approx 1 - \dfrac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \approx \theta$ où θ est exprimé en radian ;
- On prend : $\pi^2 = 10$ et On néglige les frottements.

On repère la position de la tige **OA** à chaque instant **t** par son abscisse angulaire $\boldsymbol{\theta}$ par rapport à sa position d'équilibre stable. On écarte la tige de sa position d'équilibre verticale d'un angle $\boldsymbol{\theta_m}$ petit dans le sens positif et on la lâche sans vitesse initiale à l'instant de date **t=0**.
On étudie le mouvement de l'oscillateur dans un repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

1- Etablir, en appliquant la relation fondamentale de la dynamique dans le cas de la rotation, l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse angulaire $\boldsymbol{\theta}$ dans le cas de faibles amplitudes.

2- On choisit la position où $\boldsymbol{\theta = 0}$ comme état de référence de l'énergie potentielle de torsion ($\mathbf{E}_{pt} = 0$) et le plan horizontal passant par **O** comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ($\mathbf{E}_{pp} = 0$).

2-1- Montrer que l'expression de l'énergie potentielle totale de l'oscillateur $\mathbf{E}_p = \mathbf{E}_{pp} + \mathbf{E}_{pt}$ à un instant **t** est :

$$E_p = \frac{1}{2}(C - mg\ell)\theta^2 + mg\ell$$

2-2- Par une étude énergétique, établir de nouveau l'équation différentielle du mouvement dans le cas de faibles amplitudes.

2-3- pour une valeur de **C** tel que $C > C_0$ la solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme :

$$\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$ (Mouvement de rotation sinusoïdal)

2-3-1- Trouver l'expression de la période propre $\mathbf{T}_0$ en fonction de **C, m, ℓ, $\mathbf{J}_\Delta$ et g**

2-3-2- Exprimer en justifiant votre réponse $\boldsymbol{C_0}$ en fonction de **m, g et ℓ**

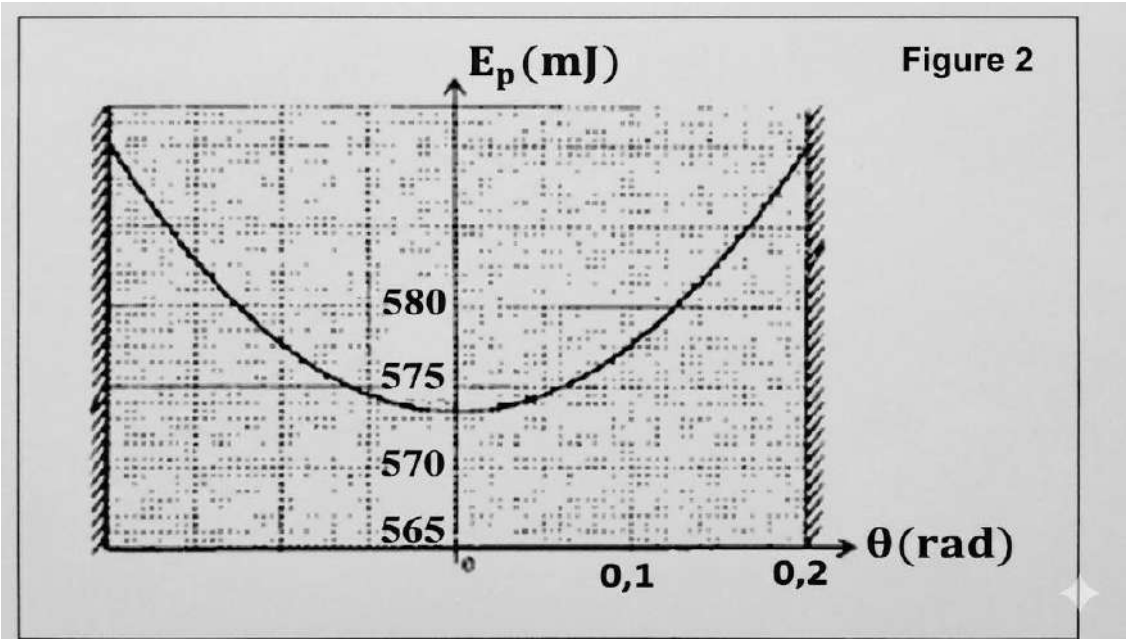
2-3-3- Calculer **g** sachant que $\mathbf{T}_0 = \mathbf{1,1}$ s.

2-4- La courbe de la figure 2 représente les variations de l'énergie potentielle totale $\mathbf{E}_p$ en fonction de $\boldsymbol{\theta}$.

2-4-1- Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie mécanique.

2-4-2- Trouver la valeur absolue de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ pour $\boldsymbol{\theta = 0,125}$ rad.

Elomrani



Elomrani

CHIMIE

Étude acido-basique, dosage, diagramme de distribution et électrolyse

Partie 1 : I) Étude de la solution (S_B) avant le dosage

— **1) Nature de la méthylamine :** La solution a un $pH = 12$. Puisque le $pH > 7$, la méthylamine $CH_3 - NH_2$ est une base.

— **2) Équation de la réaction avec l'eau :**

$$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH^+_{3(aq)} + HO^-_{(aq)}$$

— **3) Taux d'avancement final τ :** D'après le tableau d'avancement, $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[HO^-]\cdot V}{C_B \cdot V} = \frac{[HO^-]}{C_B}$. Or $K_e = [H_3O^+][HO^-] \implies [HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-pK_e}}{10^{-pH}} = 10^{pH-pK_e}$.

$$\tau = \frac{10^{pH-pK_e}}{C_B}$$

Application numérique : $\tau = \frac{10^{12-14}}{2{,}4\cdot 10^{-2}} \simeq 0{,}42$. Comme $\tau < 1$, la réaction est **limitée**.

— **4) Constante d'acidité K_A :** L'expression de la constante d'acidité est $K_A = \frac{[CH_3NH_2]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[CH_3NH_3^+]_f}$. D'après le tableau, $[CH_3NH_3^+]_f = [HO^-]_f = \tau \cdot C_B$ et $[CH_3NH_2]_f = \frac{C_BV - x_f}{V} = C_B(1-\tau)$.

$$K_A = \frac{[H_3O^+]_f \cdot C_B(1-\tau)}{\tau \cdot C_B} = \frac{10^{-pH}(1-\tau)}{\tau}$$

Application numérique : $K_A = \frac{10^{-12}(1-0{,}42)}{0{,}42} \simeq 1{,}38 \cdot 10^{-12}$.

$$pK_A = -\log(K_A) \simeq 11{,}85$$

— **5) Constante d'équilibre K de la réaction :**

$$K = \frac{[CH_3NH_3^+]_f \cdot [HO^-]_f}{[CH_3NH_2]_f}$$

En multipliant le numérateur et le dénominateur par $[H_3O^+]$:

$$K = \frac{[CH_3NH_3^+]_f}{[CH_3NH_2]_f \cdot [H_3O^+]_f} \times ([HO^-]_f \cdot [H_3O^+]_f) = \frac{1}{K_A} \times K_e = \frac{K_e}{K_A}$$

Application numérique : $K = \frac{10^{-14}}{1{,}38\cdot 10^{-12}} \simeq 7{,}25 \cdot 10^{-3}$. Comme $K < 10^4$, on conclut que la réaction est bien **limitée**.

Elomrani

Partie 1 : II) Étude du dosage

— **1) Équation de la réaction de dosage :**

$$CH_3NH_{2(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow CH_3NH^+_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

— **2) Coordonnées du point d'équivalence :** Par la méthode des tangentes sur la courbe, on relève le point d'équivalence $E(V_{AE} = 12\,\mathbf{mL}; pH_E = 6,5)$.

— **3) Concentration C_B et masse m :** À l'équivalence, on a la relation : $C_AV_{AE} = C_BV_B \implies C_B = \frac{C_AV_{AE}}{V_B}$.

$$C_B = \frac{10^{-1} \times 12}{50} = \mathbf{2,4 \cdot 10^{-2}}\,\mathbf{mol \cdot L^{-1}}$$

La masse m dissoute s'écrit : $C_B = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} \implies m = C_B \cdot V \cdot M$. Application numérique (avec $V = 500\,\text{mL}$) : $m = 2,4 \cdot 10^{-2} \times 500 \cdot 10^{-3} \times 31 \implies m = 0,372\,\mathbf{g}$.

— **4) Indicateur coloré convenable :** L'indicateur adéquat est le **Bleu de bromothymol**. En effet, le pH à l'équivalence ($pH_E = 6,5$) appartient à sa zone de virage $[6,0 - 7,6]$.

— **5) Volume V_{A1} pour $[CH_3NH_3^+] = 15[CH_3NH_2]$:** On utilise la relation d'Henderson-Hasselbalch : $pH = pK_A + \log\left(\frac{[CH_3NH_2]}{[CH_3NH_3^+]}\right)$.

$$pH = 11,85 + \log\left(\frac{1}{15}\right) = 11,85 - \log(15) \simeq 10,67$$

La projection de cette valeur de pH sur l'axe des abscisses donne : $V_{A1} \simeq 9\,\mathbf{mL}$.

— **6) Taux d'avancement final τ avant l'équivalence :** Avant l'équivalence ($V_A < V_{AE}$), le réactif limitant est $H_3O^+ \implies x_{max} = C_AV_A$. L'état final donne $n(H_3O^+)_f = C_AV_A - x_f \implies x_f = C_AV_A - n(H_3O^+)_f = C_AV_A - 10^{-pH}(V_A + V_B)$.

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{C_AV_A - 10^{-pH}(V_A + V_B)}{C_AV_A} = 1 - \frac{10^{-pH}(V_A + V_B)}{C_AV_A}$$

Pour $V_A = 10\,\text{mL}$, on lit $pH = 10$.

$$\tau = 1 - \frac{10^{-10}(50 + 10) \cdot 10^{-3}}{10^{-1} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 1 - \frac{60 \cdot 10^{-13}}{10^{-3}} \simeq 1$$

Puisque $\tau \simeq 1$, la réaction de dosage est **totale**.

Elomrani

— **7) Constante d'équilibre K du dosage :**

$$K = \frac{[CH_3NH_3^+]_f}{[CH_3NH_2]_f \cdot [H_3O^+]_f} = \frac{1}{K_A} = \frac{1}{1,38 \cdot 10^{-12}} \simeq 7,25 \cdot 10^{11}$$

Comme $K > 10^4$, ceci confirme que la réaction est **totale**.

— **8) Diagramme de prédominance :**

— Si $pH < pK_A$ ($pH < 11,85 \implies V_A > 11\,\text{mL}$) : L'espèce acide $CH_3NH_3^+$ prédomine sur CH_3NH_2.

— Si $pH > pK_A$ ($pH > 11,85 \implies V_A < 11\,\text{mL}$) : L'espèce basique CH_3NH_2 prédomine sur $CH_3NH_3^+$.

— **9) À la demi-équivalence ($V_A = \frac{V_{AE}}{2}$) :** On a $x_m = C_AV_A$ et $V_{AE} = \frac{C_BV_B}{C_A} \implies V_A = \frac{C_BV_B}{2C_A}$. D'après le tableau : $[CH_3NH_3^+] = \frac{x_m}{V_A+V_B} = \frac{C_AV_A}{V_A+V_B}$ et $[CH_3NH_2] = \frac{C_BV_B - x_m}{V_A+V_B}$. Puisque on est à la demi-équivalence, on a substitué et trouvé que les quantités de matière sont égales, d'où :

$$[CH_3NH_2] = [CH_3NH_3^+] = \frac{C_A \cdot C_B}{C_B + 2C_A} \quad \text{et} \quad pH = pK_A$$

Partie 2 : Diagramme de distribution d'espèces chimiques

— **1) Valeur du pK_A :** On sait que $pH = pK_A + \log\left(\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}\right)$. Au point d'intersection des deux courbes, $[NH_3] = [NH_4^+] \implies \log(1) = 0$, donc $pH = pK_A$. Graphiquement, l'abscisse du point d'intersection donne $pK_A \simeq 9,2$.

— **2) Association des courbes :** Pour $pH < pK_A$, la forme acide prédomine, donc $[NH_4^+] > [NH_3]$. **La courbe (1) correspond à $\%[NH_4^+]$ et la courbe (2) correspond à $\%[NH_3]$.**

— **3) Zone de pH pour $[NH_3] > 10[NH_4^+]$:**

$$[NH_3] > 10[NH_4^+] \implies \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} > 10 \implies \log\left(\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}\right) > \log(10) \implies \log\left(\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}\right) > 1$$

On remplace dans l'expression du pH : $pH > pK_A + 1 \implies pH > 9,2+1 \implies pH > 10,2$. La zone cherchée est donc : $10,2 < pH \leq 14$.

— **4-1) Équation de réaction :**

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{4(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-$$

Elomrani

— **4-2) Expression du pourcentage de $[NH_4^+]$ (τ) :** Par définition, $\%[NH_4^+] = \frac{[NH_4^+]}{C}$. D'après le tableau d'avancement, $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[NH_4^+]\cdot V}{C\cdot V} = \frac{[NH_4^+]}{C}$. D'autre part, $K_A = \frac{[H_3O^+]\cdot[NH_3]}{[NH_4^+]} \Longrightarrow 10^{-pK_A} = \frac{10^{-pH}\cdot C(1-\tau)}{C\tau} \Longrightarrow \tau\cdot 10^{-pK_A} = 10^{-pH} - \tau\cdot 10^{-pH}$.

$$\tau(10^{-pK_A}+10^{-pH}) = 10^{-pH} \Longrightarrow \tau = \frac{10^{-pH}}{10^{-pH}+10^{-pK_A}} = \frac{1}{1+10^{pH-pK_A}}$$

— **4-3) Expression du pourcentage de $[NH_3]$:** La somme des pourcentages vaut 100% (ou 1) : $\%[NH_3] + \%[NH_4^+] = 1$.

$$\%[NH_3] = 1-\tau = 1-\frac{1}{1+10^{pH-pK_A}} = \frac{10^{pH-pK_A}}{1+10^{pH-pK_A}} = \frac{1}{1+10^{pK_A-pH}}$$

— **4-4) Nouvelle valeur du taux d'avancement τ' à $pH = 10$:** Puisque $\tau' = \%[NH_4^+]$, il suffit de faire une projection de $pH = 10$ sur la courbe (1). Graphiquement, on lit $\tau' \simeq 10\%$.

Partie 3 : Électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent

— **1) Demi-équation à l'anode :** L'anode est le siège de l'oxydation anodique du réducteur. Le réducteur ici est H_2O (à partir du couple O_2/H_2O). Équation : $6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4e^-$.

— **2) Expression de $[H_3O^+]$ à un instant t :** Initialement, $n_0(H_3O^+) = [H_3O^+]_i \cdot V = 10^{-pH_0}\cdot V$. D'après le tableau d'avancement de l'oxydation, la quantité de H_3O^+ produite est $4x$, donc : $n_t(H_3O^+) = n_0 + 4x$. La concentration devient :

$$[H_3O^+]_{(t)} = \frac{10^{-pH_0}\cdot V + 4x}{V} = 10^{-pH_0} + \frac{4x}{V}$$

Application numérique : $V = 400\,\text{mL} = 0,4\,\text{L}$ et $pH_0 = 3$.

$$[H_3O^+]_{(t)} = 10^{-3} + 10\cdot x$$

— **3) Calculs après une durée $\Delta t = 1\,\text{h}\,15\,\text{min}$ ($\Delta t = 3600 + 15\times 60 = 4500\,\text{s}$) :**

a) Masse du métal déposée (Cathode) : Réduction cathodique de l'oxydant Ag^+ : $Ag^+ + 1e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$. $n(Ag) = x_{red} = n(e^-) = \frac{I\cdot\Delta t}{F}$. La masse est $m(Ag) = n(Ag)\cdot M(Ag) = \frac{M(Ag)\cdot I\cdot\Delta t}{F}$. Application numérique :

ElMrani

$m(Ag) = \frac{108\times250\cdot10^{-3}\times4500}{9{,}65\cdot10^{4}} \Longrightarrow \boxed{m(Ag) \simeq 1{,}26\,\mathbf{g}}$.

b) Volume du gaz dégagé (Oxygène à l'anode) : D'après la demi-équation anodique, $n(e^-) = 4 \cdot n(O_2) = \frac{I\cdot\Delta t}{F} \Longrightarrow n(O_2) = x = \frac{I\cdot\Delta t}{4F}$. Le volume est $V(O_2) = n(O_2)\cdot V_m = \frac{I\cdot\Delta t\cdot V_m}{4F}$. Application numérique : $V(O_2) = \frac{250\cdot10^{-3}\times4500\times22{,}4}{4\times9{,}65\cdot10^{4}} \Longrightarrow \boxed{V(O_2) \simeq 6{,}53\cdot10^{-2}\,\mathbf{L}\ (\textbf{soit}\ 65{,}3\,\mathbf{mL})}$.

c) Le pH de la solution :

$$x = \frac{I\cdot\Delta t}{4F} \simeq 4{,}15\cdot10^{-3}\,\text{mol}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-3} + 10\times(4{,}15\cdot10^{-3}) = 4{,}25\cdot10^{-2}\,\text{mol/L}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(4{,}25\cdot10^{-2}) \Longrightarrow \boxed{pH \simeq 1{,}39}$$

PHYSIQUE 1

La diffraction de la lumière et Études Nucléaires

Partie 1 : La diffraction de la lumière et les photons

1) Direction de la figure de diffraction : La fente est horizontale, donc le phénomène de diffraction s'observe dans la direction perpendiculaire. Les taches sont situées dans **le plan vertical** (YY').

2) Nature de la lumière : Cette expérience met en évidence la **nature ondulatoire** de la lumière.

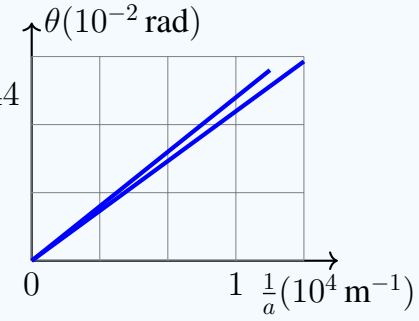
3) Relation entre L, λ, a et D : D'après la figure, $\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$. Pour les petits angles, $\tan\theta \approx \theta \Longrightarrow \theta = \frac{L}{2D}$. On sait aussi que $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

$$\Longrightarrow \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

Elmrani

4) Exploitation de la courbe $\theta = f(1/a)$:
4-1 Calcul de λ et ν : L'équation de la courbe est une droite passant par l'origine : $\theta = a' \cdot \left(\frac{1}{a}\right)$ où a' est le coefficient directeur.

$$a' = \frac{\Delta\theta}{\Delta(1/a)} = \frac{0,44 \cdot 10^{-2} - 0}{1 \cdot 10^{4} - 0} = 4,4 \cdot 10^{-7}\,\text{m}$$



Par identification avec $\theta = \lambda \cdot \frac{1}{a}$, on obtient $\lambda = a'$.

$$\lambda = 4,4 \cdot 10^{-7}\,\text{m}$$

La fréquence ν :

$$\nu = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{8}}{4,4 \cdot 10^{-7}} \implies \nu \simeq 6,81 \cdot 10^{14}\,\textbf{Hz}$$

4-2 Nombre de photons émis par unité de temps : Calcul de l'énergie d'un photon : $E = h\nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 6,81 \cdot 10^{14} \simeq 4,51 \cdot 10^{-19}$ J. La puissance $P = \frac{E_T}{\Delta t}$ (où E_T est l'énergie totale de N photons). Pour une unité de temps ($\Delta t = 1$ s) : $E_T = P \cdot \Delta t = 25 \cdot 10^{-3} \times 1 = 25 \cdot 10^{-3}$ J.

$$E_T = N \cdot E \implies N = \frac{E_T}{E} = \frac{25 \cdot 10^{-3}}{4,51 \cdot 10^{-19}} \implies N \simeq 5,54 \cdot 10^{16}$$

5) Utilisation de la lumière blanche : 5-1 $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \implies L = \left(\frac{2D}{a}\right) \cdot \lambda$. La largeur L est proportionnelle à λ. La plus large fente correspond donc à la plus grande longueur d'onde, soit le **Rouge** ($\lambda_R = 800$ nm). **5-2** Le milieu de la frange centrale apparaît blanc car c'est la zone où **toutes les couleurs (radiations) se superposent**.

Elmrani

Partie 2 : Datation d'une roche métallique par la méthode Uranium-Plomb

1) Expression de l'âge de la roche t : D'après la loi de décroissance radioactive, le nombre de noyaux d'Uranium restants est : $N_r(\text{U}) = N_0(\text{U}) \cdot e^{-\lambda t}$. La conservation du nombre de noyaux donne : $N_0(\text{U}) = N_r(\text{U}) + N(\text{U})_{\text{désintégrés}}$. Puisque chaque noyau d'Uranium désintégré donne un noyau de Plomb, $N(\text{U})_{\text{désintégrés}} = N(\text{Pb})_{\text{formés}}$.

$$N_r(\text{U}) \cdot e^{\lambda t} = N_r(\text{U}) + N(\text{Pb}) \implies e^{\lambda t} = 1 + \frac{N(\text{Pb})}{N_r(\text{U})}$$

En passant au logarithme népérien : $\lambda t = \ln\left(1 + \frac{N(\text{Pb})}{N_r(\text{U})}\right)$. Sachant que

$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$, on a $\frac{N(\text{Pb})}{N_r(\text{U})} = \frac{m(\text{Pb}) \cdot M(\text{U})}{m(\text{U}) \cdot M(\text{Pb})}$. En remplaçant $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$:

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln\left(1 + \frac{m(\text{Pb}) \cdot M(\text{U})}{m(\text{U}) \cdot M(\text{Pb})}\right)$$

2) Calcul de t :

$$t = \frac{4,5\,\text{MA}}{\ln 2} \ln\left(1 + \frac{0,01 \times 238}{10 \times 206}\right) \Longrightarrow t \simeq 7,5 \cdot 10^{-3}\,\textbf{MA} \quad \text{(Milliards d'années)}$$

Partie 3 : Désintégration du polonium 210

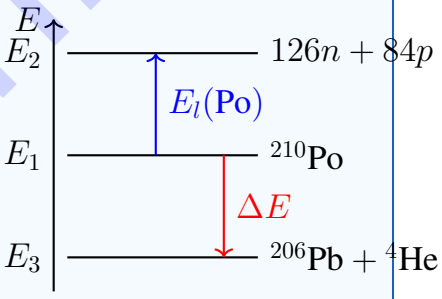
1) Équation de désintégration :

$$^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

D'après les lois de conservation de Soddy :

$$\begin{cases} 210 = A + 4 \Longrightarrow A = 206 \\ 84 = Z + 2 \Longrightarrow Z = 82 \end{cases}$$

2) Exploitation du diagramme d'énergie : 2-1



L'énergie libérée E_{lib} :

$$E_{lib} = |\Delta E| = |E_3 - E_1| = (1,955372 - 1,955318) \cdot 10^5$$

$$E_{lib} = 5,4\,\text{MeV}$$

2-2 Défaut de masse de la réaction Δm : On a $E_{lib} = |\Delta m| \cdot c^2 \Longrightarrow |\Delta m| = \frac{E_{lib}}{c^2} = 5,4\,\frac{\text{MeV}}{c^2}$. Sachant que $1\,\text{u} = 931,41\,\frac{\text{MeV}}{c^2}$, on obtient :

$$|\Delta m| = 5,4 \times \left(\frac{1}{931,41}\,\text{u}\right) \simeq 5,8 \cdot 10^{-3}\,\text{u}$$

Comme il s'agit d'une réaction spontanée (désintégration), la variation de masse est négative ($\Delta m_{\text{reaction}} < 0$) :

$$\Delta m = -5,8 \cdot 10^{-3}\,\text{u}$$

3) Calcul de la constante radioactive λ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \text{avec } t_{1/2} = 138\,\text{jours} = 138 \times 24 \times 3600\,\text{s}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{11923200} \Longrightarrow \lambda \simeq 5,81 \cdot 10^{-8}\,\textbf{s}^{-1}$$

Elomrani

4) Détermination de l'instant t_1 : L'activité s'exprime par $a_1 = a_0 \cdot e^{-\lambda t_1}$.

$$\frac{a_1}{a_0} = e^{-\lambda t_1} \implies -\lambda t_1 = \ln\left(\frac{a_1}{a_0}\right) \implies t_1 = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{a_1}{a_0}\right)$$

Avec $a_1 = 3,7 \cdot 10^4$ Bq et $a_0 = 3,50 \cdot 10^2$ GBq $= 3,50 \cdot 10^{11}$ Bq :

$$t_1 = -\frac{1}{5,81 \cdot 10^{-8}}\ln\left(\frac{3,7 \cdot 10^4}{3,50 \cdot 10^{11}}\right) \implies t_1 \simeq 2,76 \cdot 10^8 \text{ s}$$

PHYSIQUE 2 : ÉLECTRICITÉ

Étude d'un circuit LC et Modulation d'amplitude

Partie 1 : Étude d'un circuit LC

1) Équation différentielle du circuit et solution D'après la loi d'additivité des tensions dans la maille contenant le condensateur et la bobine idéale :

$$U_C + U_L = 0 \implies U_C + L\frac{di}{dt} = 0$$

Sachant que $i = C\frac{dU_C}{dt}$, on a $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2U_C}{dt^2}$. L'équation différentielle s'écrit donc :

$$LC\frac{d^2U_C}{dt^2} + U_C = 0$$

La solution générale est $U_C(t) = E\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. À $t = 0$, le condensateur est totalement chargé sous la tension E, donc $U_C(0) = E$.

$$E = E\cos(\varphi) \implies \cos(\varphi) = 1 \implies \varphi = 0$$

La solution s'écrit donc : $U_C(t) = E\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$

2) Expression de l'énergie magnétique E_m L'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine est $E_m(t) = \frac{1}{2}Li^2(t)$. L'intensité est $i(t) = C\frac{dU_C(t)}{dt} = -CE\frac{2\pi}{T_0}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$. En remplaçant $i(t)$ dans l'expression de E_m :

$$E_m(t) = \frac{1}{2}L\left(-CE\frac{2\pi}{T_0}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)\right)^2 = \frac{1}{2}LC^2E^2\frac{4\pi^2}{T_0^2}\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$$

Elomrani

On sait que $T_0^2 = 4\pi^2 LC \implies \frac{4\pi^2}{T_0^2} = \frac{1}{LC}$.

$$E_m(t) = \frac{1}{2}LC^2E^2\left(\frac{1}{LC}\right)\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) = \frac{CE^2}{2}\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$$

En utilisant la relation trigonométrique $\sin^2(\alpha) = \frac{1-\cos(2\alpha)}{2}$:

$$E_m(t) = \frac{CE^2}{4}\left(1 - \cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right)\right)$$

L'énergie magnétique est maximale lorsque $\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right) = -1$: $E_{m(\max)} = \frac{CE^2}{2}$.

3) Exploitation de la courbe d'énergie

3-1 Valeur de $E_{m(\max)}$ et E : Graphiquement (Figure 2), la valeur maximale est de 4 divisions sur l'axe des ordonnées où 1 div $= 0,145\,\mu$J.

$$E_{m(\max)} = 0,145 \times 4 \cdot 10^{-6}\,\text{J} = 0,58 \cdot 10^{-6}\,\text{J}$$

Calcul de E : $E_{m(\max)} = \frac{CE^2}{2} \implies E = \sqrt{\frac{2E_{m(\max)}}{C}}$.

$$E = \sqrt{\frac{2 \times 0,58 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-9}}} \implies E \simeq 11,35\,\text{V}$$

3-2 Valeur de la période propre T_0 et L : D'après la figure 2, la période de la fonction $E_m(t)$ correspond à $T = \frac{T_0}{2}$. On lit $T = 0,01$ ms, donc $T_0 = 0,02$ **ms** $= 2 \cdot 10^{-5}$ **s** . On déduit l'inductance L avec $T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \implies L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$.

$$L = \frac{(2 \cdot 10^{-5})^2}{40 \times 9 \cdot 10^{-9}} = \frac{4 \cdot 10^{-10}}{360 \cdot 10^{-9}} \implies L \simeq 1,1 \cdot 10^{-3}\,\text{H}$$

3-4 Conservation de l'énergie totale : $E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2}CU_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$.

$$\frac{dE_T}{dt} = \frac{C}{2}\left(2U_C\frac{dU_C}{dt}\right) + \frac{L}{2}\left(2i\frac{di}{dt}\right) = CU_C\frac{dU_C}{dt} + Li\frac{di}{dt}$$

Sachant que $i = C\frac{dU_C}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2U_C}{dt^2}$:

$$\frac{dE_T}{dt} = i \cdot U_C + Li\left(C\frac{d^2U_C}{dt^2}\right) = i\underbrace{\left(U_C + LC\frac{d^2U_C}{dt^2}\right)}_{=0\text{ (éq. diff.)}} = 0 \implies \mathbf{E_T = cte}$$

Calcul de E_T : $E_T = E_{e(\max)} = \frac{1}{2}CE^2 \simeq \mathbf{5,80 \cdot 10^{-7}}\,\text{J}$ (ou bien $E_{m(\max)}$ graphiquement).

Elomrani

3-5 Valeur maximale de l'intensité $I_{\max}$: On a $E_{m(\max)} = \frac{1}{2}LI_{\max}^2 \implies I_{\max} = \sqrt{\frac{2E_{m(\max)}}{L}}$.

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times 0,58 \cdot 10^{-6}}{1,1 \cdot 10^{-3}}} \implies I_{\max} \simeq 3,2 \cdot 10^{-2}\,\mathbf{A}$$

Partie 2 : Modulation et démodulation

1) Étude de la modulation d'amplitude 1-1 Expression de la tension $U_S(t)$: Le multiplieur délivre $U_S(t) = k \cdot U_1(t) \cdot U_2(t)$.

$$U_S(t) = k\,(P_m \cos(2\pi F_P t)) \cdot (S_m \cos(2\pi f_s t) + U_0)$$

En factorisant par U_0 :

$$U_S(t) = k \cdot P_m \cdot U_0 \left[\frac{S_m}{U_0}\cos(2\pi f_s t) + 1\right] \cos(2\pi F_P t)$$

Par identification avec $U_S(t) = A[1 + m\cos(2\pi f_s t)]\cos(2\pi F_P t)$, on a :

$$A = k \cdot P_m \cdot U_0 \quad \text{et} \quad m = \frac{S_m}{U_0}$$

1-2 QCM (Questions à choix multiple) En exploitant la figure 2 :

- **1-2-1 La fréquence de la porteuse F_P :** Dans une période T_S, on compte 10 périodes T_P. $T_S = 10\,T_P = 10\,\text{ms} \implies T_P = 1\,\text{ms}$. $F_P = \frac{1}{T_P} = \frac{1}{10^{-3}} = 10^3\,\text{Hz} = 1\,\text{kHz}$. **Réponse : A**
- **1-2-2 La fréquence de la tension modulante f_s :** $f_s = \frac{1}{T_S} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} = 100\,\text{Hz} = 0,1\,\text{kHz}$. **Réponse : B**
- **1-2-3 Le taux de modulation m :** Graphiquement, $U_{\max} = 3\,\text{V}$ et $U_{\min} = 1\,\text{V}$. $m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} = \frac{3-1}{3+1} = \frac{2}{4} = 0,5$. **Réponse : B**
- **1-2-4 La qualité de la modulation :** Puisque $m = 0,5 < 1$ et $F_P = 10 \cdot f_s$ (donc $F_P \geq 10 f_s$), la modulation est **bonne**. **Réponse : A**

2) Réception de l'onde AM

- **2-1-1 Rôle du circuit d'accord (partie 1) : A - Recevoir et sélectionner l'onde.**
- **2-1-2 Comment capter une station :** On modifie L_1 ou C (ici C car il est de capacité variable) de telle façon à ce que la fréquence propre du circuit LC soit égale à la fréquence de la porteuse : $f_0 = F_P$.

Elomrani

— **2-1-3 Sélection du signal :** On vérifie la condition : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C}}$.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{8,44 \cdot 10^{-3} \times 3 \cdot 10^{-9}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{25,32 \cdot 10^{-12}}} = 10^3\,\text{Hz}$$

Puisque $f_0 = F_P = 1\,\text{kHz}$, le circuit sélectionne bien ce signal.

— **2-2 Partie 2 :** C'est le filtre **passe-bas**. Son rôle est la **détection d'enveloppe**.

— **2-3 Bonne détection d'enveloppe :** Il faut vérifier la condition : $T_P \ll R_2C_2 < T_S$. Calcul de la constante de temps : $\tau = R_2C_2 = 10^3 \times 4,7 \cdot 10^{-6} = 4,7 \cdot 10^{-3}\,\text{s}$. On a $T_P = 10^{-3}\,\text{s}$ et $T_S = 10^{-2}\,\text{s}$. L'inégalité $10^{-3} \ll 4,7 \cdot 10^{-3} < 10^{-2}$ est vraie, donc les élèves ont obtenu une **bonne enveloppe**.

— **2-4 Rôle de la partie 3 :** Le circuit RC série (filtre passe-haut) sert à **éliminer la composante continue** U_0. **Réponse : B**

PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Étude du mouvement d'un cycliste et d'un gravimètre

Elmrari

Partie 1 : Étude du mouvement d'un cycliste

1. Mouvement sur le tronçon AB

1-1 Accélération du mouvement de G : En appliquant la deuxième loi de Newton sur le système : $\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{F} = m\vec{a}_G$. Par projection sur l'axe $\vec{Ox}$:

$$0 + 0 - f + F = ma \implies a = \frac{F - f}{m}$$

Application numérique : $a = \frac{180-80}{70} \implies a \simeq 1,43\,\mathbf{m \cdot s^{-2}}$.

1-2 Nature du mouvement : Puisque F, f et m sont des constantes, l'accélération $a = cste \neq 0$. Le mouvement est **rectiligne uniformément varié (accéléré)** car $V_0 = 0$ (départ sans vitesse initiale) et $a > 0$.

1-3 Calcul de l'instant de passage t_B : $a = \frac{dv}{dt} = 1,43 \implies v(t) = 1,43t \quad (V_0 = 0)$. $v = \frac{dx}{dt} = 1,43t \implies x(t) = \frac{1,43}{2}t^2 + x_0 \implies x(t) = 0,715t^2 \quad (x_0 = 0)$. Au point B : $AB = x(B) - x(A) = 0,715t_B^2$.

$$t_B = \sqrt{\frac{AB}{0,715}} = \sqrt{\frac{60}{0,715}} \implies t_B \simeq 9,16\,\mathbf{s}$$

.

1-4 Vitesse V_B :

$$V_B = v(t_B) = 1,43 \times 9,16 \implies \boxed{V_B \simeq 13,1\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}}$$

.

1-5 Intensité de la force $\vec{R}$: On a $R = \sqrt{R_N^2 + f^2}$. Par projection de la deuxième loi de Newton sur l'axe $\vec{Oy}$: $-mg + R_N + 0 + 0 = 0 \quad (a_y = 0)$. Donc $R_N = mg = 70 \times 10 = 700\,\text{N}$.

$$R = \sqrt{(mg)^2 + f^2} = \sqrt{700^2 + 80^2} \implies \boxed{R \simeq 704,6\,\mathbf{N}}$$

.

1-6 Coefficient de frottement K : On sait que $K = \tan\phi = \frac{f}{R_N} \implies f = K \cdot R_N$.

$$R = \sqrt{R_N^2 + K^2 R_N^2} = R_N\sqrt{1 + K^2} = mg\sqrt{1 + K^2}$$

En élevant au carré : $R^2 = (mg)^2(1 + K^2) \implies 1 + K^2 = \left(\frac{R}{mg}\right)^2$.

$$K = \sqrt{\left(\frac{R}{mg}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{704,6}{700}\right)^2 - 1} \implies \boxed{K \simeq 0,11}$$

.

---

2. Phase du saut

2-1 Calcul de V_0 : Au sommet de la trajectoire (S), la composante verticale de la vitesse s'annule : $V_{y(S)} = 0$. L'équation de la vitesse donne : $V_y(t) = -gt + V_0 \sin\alpha$.

$$V_{y(S)} = -gt_{(S)} + V_0 \sin\alpha = 0 \implies V_0 = \frac{g \cdot t_{(S)}}{\sin\alpha}$$

D'après les données, $t_{(S)} = 0,174\,\text{s}$.

$$V_0 = \frac{10 \times 0,174}{\sin 10^\circ} \implies \boxed{V_0 \simeq 10\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}}$$

.

2-2 Le cycliste a-t-il dépassé la fosse ? L'équation horaire sur $\vec{Ox}$ est $x(t) = (V_0 \cos\alpha) \cdot t$. Au point de chute P ($t_P = 1\,\text{s}$) : $x(P) = 10 \times \cos(10^\circ) \times 1 \simeq 9,85\,\text{m}$. Puisque $x(P) = 9,85\,\text{m} > L = 8\,\text{m}$, **le cycliste a bien dépassé la fosse.**

2-3 Coordonnées du vecteur vitesse $\vec{V}_P$ et valeur de V_P :

$$\begin{cases} V_{xP} = V_0 \cos\alpha = 10\cos 10^\circ = 9,85\,\text{m/s} \\ V_{yP} = -gt_P + V_0 \sin\alpha = -10(1) + 10\sin 10^\circ = -8,26\,\text{m/s} \end{cases}$$

Elomrani

$$V_P = \sqrt{V_{xP}^2 + V_{yP}^2} = \sqrt{9,85^2 + (-8,26)^2} \implies V_P \simeq 12,85\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}$$

.

2-4 Calcul de l'angle β :

$$\tan\beta = \left|\frac{V_{yP}}{V_{xP}}\right| = \frac{8,26}{9,85} \simeq 0,84 \implies \beta \simeq 40°$$

.

2-5 Calcul de la nouvelle vitesse V_0' : Le centre de gravité tombe au point D, donc $x_D = 8\,\text{m}$ et d'après la figure, $|y_D| = 1\,\text{m} \implies y_D = -1\,\text{m}$. L'équation de la trajectoire est : $y = \frac{-g}{2V_0'^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$. Au point D :

$$-1 = \frac{-10 \times (8)^2}{2V_0'^2\cos^2 10°} + 8\tan 10°$$

$$-1 = \frac{-640}{2V_0'^2(0,97)} + 1,41 \implies -1 = \frac{-640}{1,94V_0'^2} + 1,41 \implies \frac{-640}{1,94V_0'^2} = -2,41$$

$$V_0'^2 = \frac{640}{1,94 \times 2,41} \simeq 137 \implies V_0' = \sqrt{137} \simeq 11,7\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}$$

.

Partie 2 : Étude du mouvement d'un oscillateur (le gravimètre)

1) Équation différentielle (Relation fondamentale de la dynamique) :

$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta} \implies \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) + \mathcal{M}_\Delta(\text{Torsion}) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$

$$mg\ell\sin\theta + 0 - C\theta = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$

Pour de faibles amplitudes, $\sin\theta \approx \theta$, l'équation devient :

$$J_\Delta\ddot{\theta} + (C - mg\ell)\theta = 0 \implies \ddot{\theta} + \left(\frac{C - mg\ell}{J_\Delta}\right)\theta = 0$$

.

2-1 Énergie potentielle totale E_p : L'énergie potentielle de pesanteur (avec un axe Oy orienté vers le haut, $z = y$) : $E_{pp} = mgy_G + cste$. Comme $E_{pp} = 0$ pour $y = 0$, on a $cste = 0$. La position du centre de gravité est $y_G = \ell\cos\theta = \ell\left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)$. Donc $E_{pp} = mg\ell\left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)$. L'énergie potentielle de torsion : $E_{pT} = \frac{1}{2}C\theta^2 + C'$. Or $E_{pT} = 0$ en $\theta = 0$, donc

Elomrani

$C' = 0 \implies E_{pT} = \frac{1}{2}C\theta^2$. L'énergie potentielle totale est :

$$E_p = E_{pp} + E_{pT} = mg\ell\left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) + \frac{1}{2}C\theta^2 \implies E_p = \frac{1}{2}(C - mg\ell)\theta^2 + mg\ell$$

.

2-2 Équation différentielle (Étude énergétique) : Les frottements sont négligeables et les forces ($\vec{P}$ et couple de torsion) sont conservatives, donc l'énergie mécanique E_m est constante : $\frac{dE_m}{dt} = 0$.

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}(C - mg\ell)\theta^2 + mg\ell$$

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2}J_\Delta(2\dot{\theta}\ddot{\theta}) + \frac{1}{2}(C - mg\ell)(2\theta\dot{\theta}) + 0 = 0$$

$\dot{\theta}\left[J_\Delta\ddot{\theta} + (C - mg\ell)\theta\right] = 0 \implies \ddot{\theta} + \left(\frac{C-mg\ell}{J_\Delta}\right)\theta = 0$ (car $\dot{\theta} \neq 0$ en général).

2-3 Expression de T_0, C_0 et calcul de g :

— **2-3-1** La solution est $\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. En dérivant deux fois : $\ddot{\theta} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\theta$. Par identification avec l'équation différentielle, on trouve $\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{C-mg\ell}{J_\Delta}$.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C-mg\ell}}$$

— **2-3-2** Le domaine de définition de la racine impose que $C - mg\ell > 0$. Donc $C > mg\ell$. Puisque l'énoncé indique $C > C_0$, on en déduit que $C_0 = mg\ell$.

— **2-3-3 Calcul de g :**

$$T_0^2 = 4\pi^2\frac{J_\Delta}{C - mg\ell} \implies C - mg\ell = \frac{4\pi^2 J_\Delta}{T_0^2} \implies mg\ell = C - \frac{4\pi^2 J_\Delta}{T_0^2}$$

$$g = \frac{1}{m\ell}\left(C - \frac{4\pi^2 J_\Delta}{T_0^2}\right)$$

Application numérique avec $4\pi^2 = 40$:

$$g = \frac{1}{0,1 \times 0,584}\left(1,4 - \frac{40 \times 2,5 \cdot 10^{-2}}{1,1^2}\right) = \frac{1}{0,0584}\left(1,4 - \frac{1}{1,21}\right) \simeq \frac{1,4 - 0,8}{0,0584}$$

$$g \simeq 9,82\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

Elomrani

2-4 Exploitation de la figure 2 :

— **2-4-1 Valeur de l'énergie mécanique E_m :** $E_m = E_{p(\max)}$. D'après le graphe, le maximum d'énergie potentielle est atteint aux extrémités.

$$E_m = 590\,\text{mJ} = 0,59\,\text{J}$$

— **2-4-2 Valeur absolue de la vitesse angulaire $|\dot{\theta}|$ pour $\theta = 0,125$ rad :** On sait que $E_m = E_c + E_p \implies E_c = E_m - E_p$. Pour $\theta = 0,125$ rad, on lit sur le graphe (ou on calcule) $E_p \simeq 578\,\text{mJ} = 0,578\,\text{J}$.

$$\frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 = E_m - E_p \implies |\dot{\theta}| = \sqrt{\frac{2(E_m - E_p)}{J_\Delta}}$$

$$|\dot{\theta}| = \sqrt{\frac{2(0,590 - 0,578)}{2,5\cdot 10^{-2}}} = \sqrt{\frac{2\times 0,012}{0,025}} = \sqrt{\frac{0,024}{0,025}} \implies |\dot{\theta}| \simeq 0,98\,\textbf{rad}\cdot\textbf{s}^{-1}$$

.

Elomrani

Chimie

On travaille à la température **25°C** et on donne le produit ionique de l'eau pure $pK_e = 14$
la solution aqueuse d'acide chlorhydrique est utilisée comme décapant et comme détartrant notamment pour les surfaces émaillées recouvertes de calcaire.
Sur une bouteille de solution d'acide commercial (**S**) de concentration $\mathbf{C}_{com}$ figure l'indication suivante :
P = 25% en chlorure d'hydrogène (**HCl**) minimum où **P** est le pourcentage massique de l'acide par rapport à la masse de la solution.
On souhaite vérifier la teneur exacte en chlorure d'hydrogène dissous de cette solution commerciale.

Données
La densité de la solution commerciale est : $\mathbf{d = 1,15}$.
La masse volumique de l'eau : $\rho_0 = 1$ g.cm^{-3} ;
Les masses molaires : $M(H) = 1$ g.mol^{-1} ; $M(HCl) = 35,5$ g.mol^{-1}

1) Déterminer la masse de chlorure d'hydrogène dissous totalement dans un volume $\mathbf{V = 1L}$ de solution commerciale.

2) La solution commerciale (**S**) est diluée **500** fois. La concentration molaire de la nouvelle solution ($\mathbf{S}_0$) ainsi préparée est notée $\mathbf{C}_0$. On la dose par colorimétrie. Pour cela, un volume $\mathbf{V}_0 = \mathbf{10,0}$ mL de cette solution est prélevé et dosé par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) étalon fraîchement préparée de concentration molaire $\mathbf{C}_b = \mathbf{1,0 \cdot 10^{-2}}$ mol.L^{-1}
Le changement de couleur de l'indicateur coloré est obtenu pour un volume versé $\mathbf{V}_{béq} = \mathbf{16,2}$ mL.

2.1. Justifier par calcul de la constante d'équilibre que la réaction de ce dosage est totale.

2.2. Déduire à partir de la courbe ci-jointe la valeur du pH à l'équivalence du dosage.

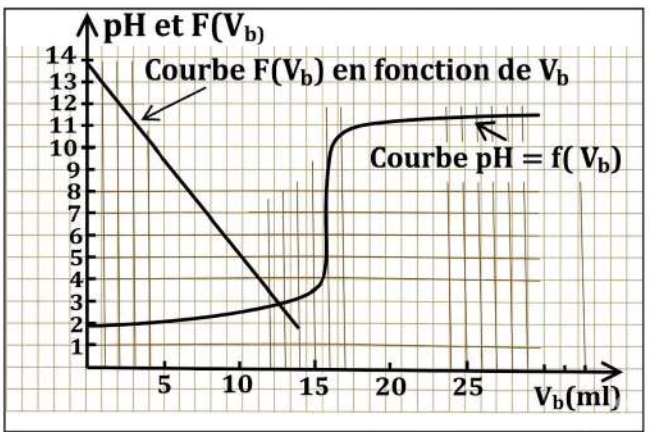
3) **Un dosage colorimétrique étant peu précis**
on souhaite améliorer la détermination du volume à l'équivalence $\mathbf{V}_{béq}$ en effectuant un dosage suivi par pH-métrie. Un volume $\mathbf{V}_0$ de la solution $\mathbf{S}_0$ de concentration $\mathbf{C}_0$ est placé dans un bécher, dans lequel sont plongées les électrodes reliées à un pH-mètre. Le pH est relevé après introduction, mL par mL, d'une solution de soude étalon. Dans le document ci-dessous, figure la courbe du dosage de $\mathbf{V}_0 = \mathbf{10,0}$ mL de la solution $\mathbf{S}_0$ par de la soude de concentration molaire $\mathbf{C}_b = \mathbf{1,0 \cdot 10^{-2}}$ mol.L^{-1}.
Pour trouver le point d'équivalence par une autre méthode que la méthode des tangentes, il est possible ***d'utiliser la méthode de Gran.*** (évolution de $\mathbf{F(V}_b\mathbf{)}$ en fonction de $\mathbf{(V}_b\mathbf{)}$).

3.1. À l'aide d'un tableau d'avancement, Montrer que l'expression de la concentration molaire des ions oxonium avant l'équivalence ($V_b < V_{béq}$) est $[H_3O^+] = \dfrac{C_0V_0 - C_bV_b}{V_0 + V_b}$

3.2. En utilisant la relation à l'équivalence reliant $\mathbf{C}_0$, $\mathbf{V}_0$, $\mathbf{C}_b$ et $\mathbf{V}_{béq}$, donner l'expression littérale donnant $[H_3O^+]$ avant l'équivalence en fonction de $\mathbf{C}_b$, $\mathbf{V}_0$, $\mathbf{V}_b$, $\mathbf{V}_{béq}$.

3.3. Soit $\mathbf{F}(V_b) = 10^{-\mathrm{pH}}(V_0 + V_b)$, grandeur calculée grâce aux mesures expérimentales.
Montrer que : $\mathbf{F}(V_b) = \mathbf{C}_b(V_{béq} - V_b)$.

3.4. Déterminer graphiquement la valeur de $\mathbf{V}_{béq}$, comparer ce résultat à celui obtenu par la méthode des tangentes, laquelle des deux méthodes est plus précise ? Justifier.



Elomrani

3.5. Calculer la concentration molaire $\mathbf{C_0}$ en ions hydronium H_3O^+ dans la solution $\mathbf{S_0}$.

3.6. En déduire la concentration molaire $\mathbf{C_{com}}$ de la solution commerciale.

3.7. **3-7-1** Déterminer la masse de chlorure d'hydrogène dissous dans le volume $\mathbf{V = 1L}$ de la solution commerciale dosée.

3-7-2 En déduire le pourcentage massique de chlorure d'hydrogène dissous dans la solution commerciale dosée. L'information sur l'étiquette était-elle correcte ?

L'axe des ordonnées représente pH et $\mathbf{F(V_b)}$, il est gradué uniquement pour les valeurs de **pH**

Physique 1

Partie 1 Calcul de l'épaisseur e d'une plaque de plexiglas

On immerge dans une cuve remplie d'eau une plaque en plexiglas d'épaisseur **e**. On place dans l'eau une sonde formée par un émetteur **E** et un récepteur **R** des ondes ultrasonores. (Voir figure 1) On visualise, à l'aide d'un dispositif approprié le signal émis et reçu par la sonde.
La durée du signal ultrasonore est très petite de façon qu'elle soit représentée par une raie.

1. En absence de la plaque plexiglas, on obtient oscillogramme de la figure 2. La sonde capte le signal ultrasonore à l'instant $\mathbf{t}_R$ après qu'il soit réfléchi par le plan **P**.
Déterminer l'expression de $\mathbf{t}_R$ en fonction de **D** et **V**. (**V** la vitesse de propagation de l'onde dans l'eau)

2. On obtient l'oscillogramme de la figure 3 lorsqu'on ajoute la plaque plexiglas dans la cuve. Soit $\mathbf{t}_A$ et $\mathbf{t}_B$ les deux instants où la sonde capte les ondes réfléchies successivement sur les faces **(a)** et **(b)** de la plaque plexiglas, $\mathbf{t'}_R$, l'instant où la sonde capte l'onde réfléchie sur le plan **P** et $\mathbf{V'}$ la vitesse de propagation de l'onde dans le plexiglas.

2-1. Dans quel milieu (eau, plexiglas) la vitesse de propagation ultrasonore est grande ? Justifier votre réponse.

2-2. Exprimer $\mathbf{t'}_R$ en fonction de **D**, **e**, **V** et $\mathbf{V'}$.

2-3. Déterminer l'expression de l'épaisseur **e** en fonction de **V**, $\mathbf{t}_R$, $\mathbf{t'}_R$, $\mathbf{t}_A$ et $\mathbf{t}_B$.

2-4. Calculer la valeur de **e** sachant que la vitesse des ondes ultrasonores dans l'eau est $V = \mathbf{1,42}$ Km.s^{-1}.

Elomrani

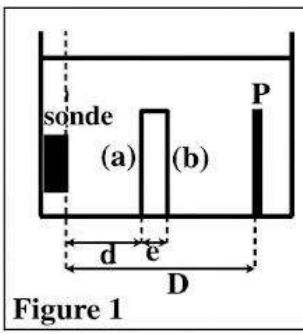
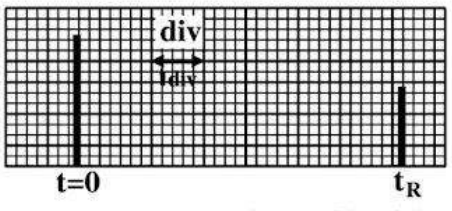
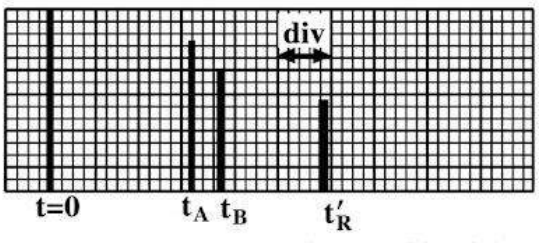


Figure 1



balayage horizntal 20µs/div
Figure 2



Balalayage horizontal 20µs/div
Figure 3

Partie 2

I-Fission nucléaire

Le nucléide le plus couramment utilisé dans les réactions de fission nucléaire est l'uranium 235.
L'une des réactions nucléaires possibles de l'uranium 235 est la suivante :

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{146}_{58}\mathrm{Ce} + {}^{85}_{Z}\mathrm{Se} + \mathrm{x}\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Données

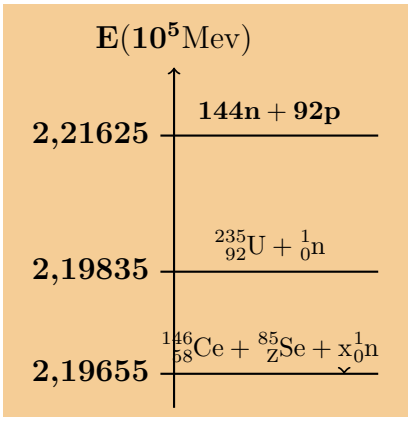
- La masse atomique d'uranium 235 : $\mathbf{m}(U^{235}) = \mathbf{234,99332U}$
- $\mathbf{1U = 1,66 \cdot 10^{-27}}$Kg

1- Déterminer en justifiant votre réponse les nombres **Z** et **x**.

2- A l'aide du diagramme d'énergie représenté ci-contre, déterminer :

2-1 l'énergie libérée $\mathbf{E}_{Lib}$ lors de la désintégration d'un noyau d'uranium 235.

2-2 L'énergie de liaison $\mathbf{E}_l(^{235}_{92}\mathrm{U})$ de noyau d'uranium 235.



3- Montre que l'énergie libérée $\mathbf{E}_T$ lors de la désintégration d'un nombre de noyau $\mathbf{N}_D$ d'uranium 235 à l'instant $\mathbf{t = nt}_{1/2}$:

$$\mathbf{E}_T\left(nt_{1/2}\right) = \mathbf{N}_0\left(1 - \frac{1}{2^n}\right) \cdot \mathbf{E}_{lib}$$

4- Calcule $\mathbf{E}_T$ à l'instant $\mathbf{t} = 4\mathbf{t}_{1/2}$. Sachant que la masse d'uranium utilisé est $m_0 = \mathbf{20}$ mg.

II-Fusion Nucléaire

Lorsqu'un noyau de deutérium entre en collision avec un noyau de tritium à grande vitesse, ils donnent un noyau d'hélium et un neutron, comme l'indique la réaction nucléaire suivante :

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + ^{3}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow ^{A}_{Z}\mathrm{He} + ^{1}_{0}\mathrm{n}$$

1- Trouver les nombres **A** et **Z**.

2- Déterminer le noyau le plus stable. Justifier votre réponse.

3- Calculer $\mathbf{E}_{lib2}$ l'énergie libre lors de cette réaction de fusion.

Noyaux	$^{A}_{Z}\mathrm{He}$	$^{3}_{1}\mathrm{H}$	$^{2}_{1}\mathrm{H}$
Énergie de liaison en MeV	**28,41**	**8,57**	**2,23**

Elomrani

Physique 2 Electricité

Partie 1

Cet exercice se propose d'étudier :
- la réponse d'un dipôle **RC** à un échelon de tension ;
- la réponse d'un dipôle **RL** à un échelon de tension ;

I) Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension

On réalise le montage représenté sur le schéma de (la figure1) qui comporte :
- un générateur de tension **G** de force électromotrice **E** ;
- un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R = 2k\Omega}$;
- un condensateur de capacité **C** initialement déchargé ;
- un interrupteur **K** .

A l'instant **t=0** on ferme **K**. On note $\mathbf{U}_C$ la tension aux bornes du condensateur.

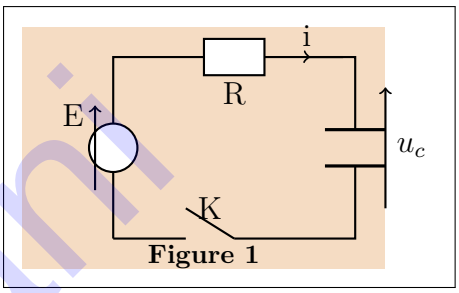


Figure 1

La courbe de la figure2 représente les variations de $\frac{\mathbf{dU}_C}{\mathbf{dt}}$ en fonction de $\mathbf{U}_C$.

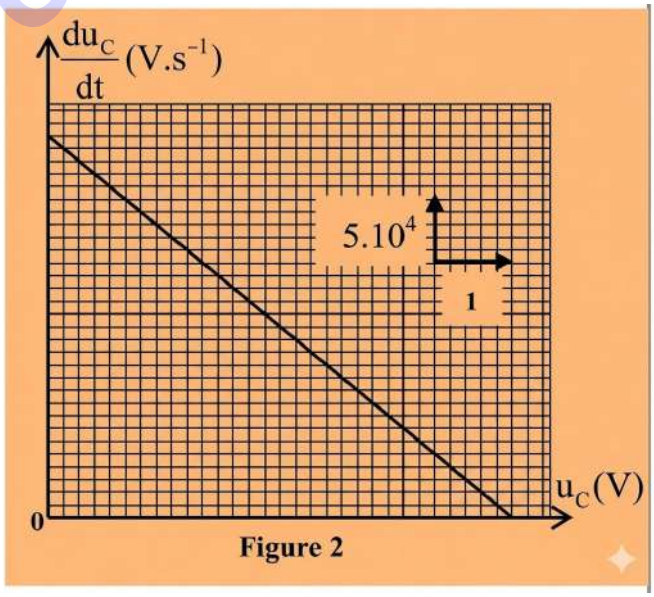


Figure 2

1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par $\mathbf{U}_C$.

2- Déterminer la valeur de **E** et vérifier que **C=10nF**.

3- On définit le rendement énergétique de la charge du Condensateur par

$\rho = \frac{\mathbf{E}_e}{\mathbf{E}_g}$

$\mathbf{E}_e$: l'énergie emmagasinée par le condensateur jusqu'au régime permanent

$\mathbf{E}_g = \mathbf{C}.\mathbf{E}^2$ L'énergie fournie par le générateur **G**. Déterminer la valeur de $\boldsymbol{\rho}$.

Elomrani

II- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On réalise le montage, représenté sur le schéma de la figure 3, comportant :

- un générateur de f.e.m. **E=6V** ;
- deux conducteurs ohmiques de résistance $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$**=2kΩ**
- une bobine (b) d'inductance **L** et de résistance **r=20Ω**
- un interrupteur **K** ;
- une diode idéale de tension seuil **Us=0**

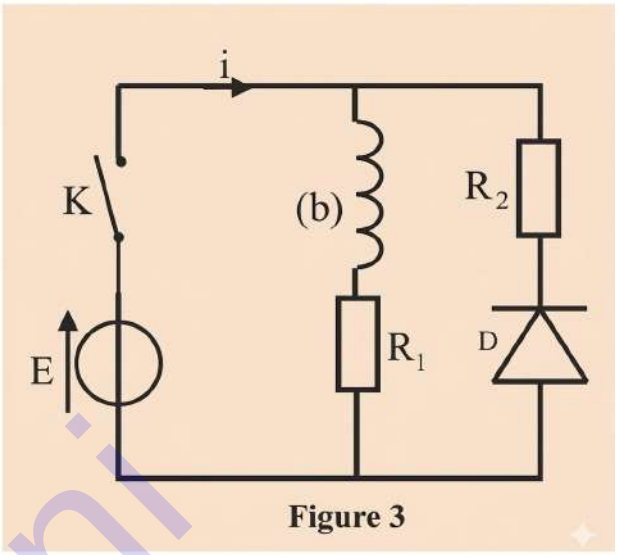


Figure 3

1- On ferme l'interrupteur **K** à l'instant de date $t_0 = 0$. Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe représentant l'évolution de l'intensité du courant **i(t)** dans le circuit (figure 4).
La droite (T) représente la tangente à la courbe à t=0.

1-1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par **i(t)**.

1-2- Déterminer la valeur de la résistance $\mathbf{R_1}$ et vérifier que la valeur de l'inductance de la bobine est **L=0,3H**.

1-3- Lorsque le régime permanent est établi, calculer la tension aux bornes de la bobine.

2- Le régime permanent étant atteint, on ouvre **K**. On prend l'instant d'ouverture de **K** comme nouvelle origine des dates (t=0).

2-1- Quelle est la valeur de l'intensité du courant juste après l'ouverture de **K** ? justifier la réponse.

2-2- En se basant sur l'équation différentielle vérifiée par **i(t)** lors de la rupture du courant, déterminer à l'instant t=0, la valeur de $\frac{\mathbf{di}}{\mathbf{dt}}$ et celle de la tension aux bornes de la bobine.

3- Justifier le rôle de la branche du circuit formé par la diode et le conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R_2}$ dans le circuit au moment de l'ouverture de l'interrupteur **K**.

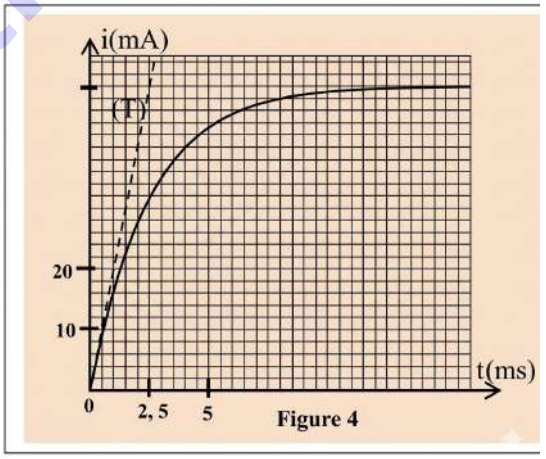


Figure 4

Elomrani

Partie 2

On réalise un circuit RLC en série comprenant :
- un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale $\mathbf{U(t)}$ de tension efficace constante $\mathbf{U = 10V}$ et de fréquence $\mathbf{N}$ réglable ;
- un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R = 1980\Omega}$;
- une bobine (b) d'inductance $\mathbf{L}$ et de résistance $\mathbf{r}$;
- un condensateur de capacité $\mathbf{C}$

L'étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentant les variations de l'impédance $\mathbf{Z}$ du dipôle RLC en fonction de la fréquence $\mathbf{N}$ (figure ci contre).
On prendra : $\sqrt{\mathbf{2}} = \mathbf{1,4}$ **et** $\pi^{\mathbf{2}} = \mathbf{10}$

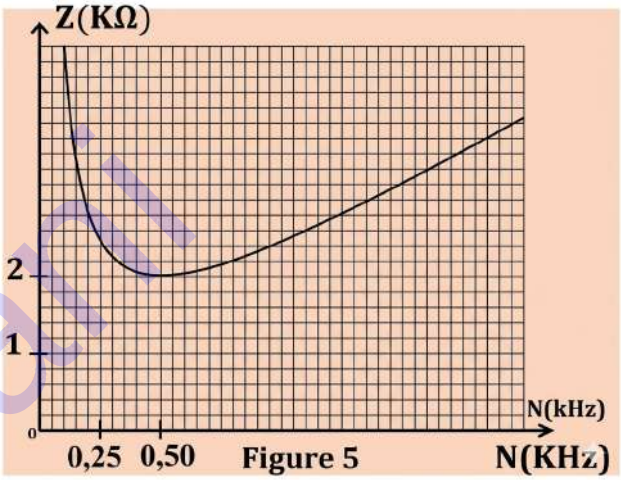


Figure 5

1- Déterminer à la résonance : la fréquence $\mathbf{N_0}$ et l'impédance $\mathbf{Z_0}$ du circuit et déduire la valeur de $\mathbf{r}$

2- On note $\mathbf{I_0}$ la valeur maximale de l'intensité efficace $\mathbf{I}$ du courant dans le circuit. Pour $\mathbf{I} = \dfrac{\mathbf{I_0}}{\sqrt{2}}$;

2-1 Montrer que $\mathbf{Z} = (\mathbf{R} + \mathbf{r})\sqrt{2}$

2-2 Déduire graphiquement $\mathbf{N_1}$ et $\mathbf{N_2}$ les valeurs des fréquences qui délimitent la bande passante ($\mathbf{N_2} > \mathbf{N_1}$) et vérifier que $\mathbf{N_1}.\mathbf{N_2} \approx \mathbf{N_0^2}$ ($\mathbf{N_0}$ la fréquence du circuit à la résonance).

2-3 calculer la largeur de la bande passante à -3dB et déduire la valeur du facteur de qualité $\mathbf{Q}$.

2-4 on donne l'expression du facteur de qualité : $\mathbf{Q} = \dfrac{2\pi \mathbf{L N_0}}{\mathbf{R} + \mathbf{r}}$
Calculer les valeurs de $\mathbf{L}$ et $\mathbf{C}$.

2-5 on désigne par $\boldsymbol{\varphi}$ le déphasage entre la tension $\mathbf{U(t)}$ et le courant dans le circuit $\mathbf{i(t)}$
On donne : $\mathbf{cos}\varphi = \dfrac{\mathbf{R} + \mathbf{r}}{\mathbf{Z}}$; déterminer les valeurs possibles de $\boldsymbol{\varphi}$ pour les fréquences qui délimitent la bande passante.

3- on désigne par $\mathbf{U_0(C)}$ et $\mathbf{U_0(L)}$ les tensions efficaces aux bornes du condensateur et la bobine à la résonance $\mathbf{U_0(C) = Q.U}$ **et** $\mathbf{U_0(L) = Q.U}$, ($\mathbf{U}$ la tension efficace du générateur)
Calculer $\mathbf{U_0(C)}$ et $\mathbf{U_0(L)}$; quel est le phénomène physique qui se produit aux bornes du condensateur et la bobine à la résonance.

Elmrani

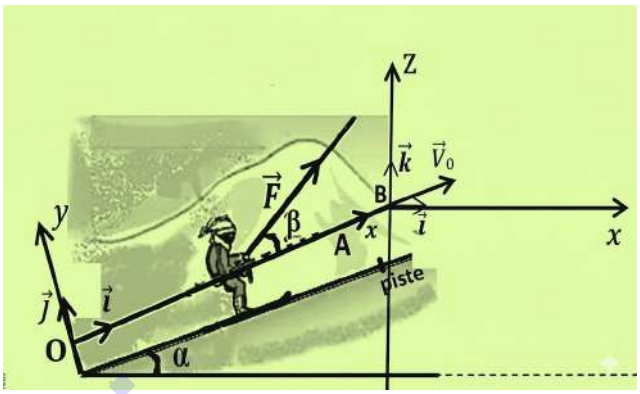
Physique 3

Partie 1 mouvement d'un skieur

I) On étudie le mouvement d'un skieur sur une piste de longueur **L=OB=153m** inclinée d'un angle $\boldsymbol{\alpha}$ par rapport à l'horizontale. Le skieur est tiré par un câble faisant un angle $\boldsymbol{\beta}$ avec la grande pente du plan incliné et exerçant une force constante $\vec{F}$ d'intensité **F**
au cours de son mouvement, le skieur subit une force de frottement $\vec{f}$ exercée par la piste, constante opposée au sens du mouvement

Données :

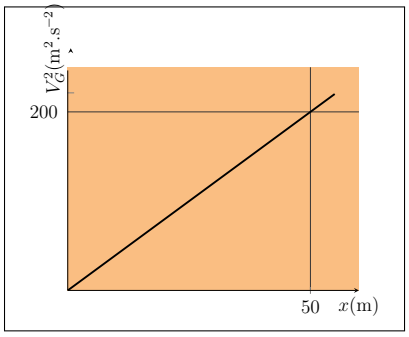
- Masse du skieur $\mathbf{m = 80Kg}$, l'angle d'inclinaison $\alpha = \mathbf{20°}$ et $\beta = \mathbf{15°}$
- intensité de gravitation $\mathbf{g = 9,81m.s^{-2}}$, $\mathbf{OA = 150m}$; $\mathbf{f = 90N}$



On étudie le mouvement du centre d'inertie du skieur sur la piste **OB** dans le référentiel $(\mathbf{O}, \vec{i}, \vec{j})$ lié à la terre et considéré comme galiléen.
Le skieur part du point **O** à la date t=0 sans vitesse initiale.

1) la courbe à côté donne les variations du carré de la vitesse du centre d'inertie du skieur en fonction de son abscisse **x**
Montrer que l'accélération du mouvement est $\mathbf{a_G = 2m.s^{-2}}$ déduire la nature du mouvement

2) En appliquant la 2ème loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse du centre d'inertie de skieur est :
$\frac{d}{dt}V = -g.\sin(\alpha) + \frac{F.\cos(\beta) - f}{m}$; calculer la valeur de **F**



3) Déterminer les équations horaires $\mathbf{V(t)}$ et $\mathbf{x(t)}$ du mouvement

4) Calculer la vitesse du skieur au point **A**.

5) Calculer l'intensité **R** de la réaction $\vec{\mathbf{R}}$ de la piste sur le skieur

6) Montrer que $\mathbf{R} = (\mathbf{mg}\cos\alpha - \mathbf{F}\sin\beta)\sqrt{\mathbf{1 + K^2}}$ avec **K** le coefficient de frottement. Calculer **K**.

7) on considère le point **A** comme nouvelle origine des dates.
au point **A** le skieur lâche le câble, et continu son mouvement sur la piste, le skieur peut-il atteindre le point **B** ? si oui calculer sa vitesse $\mathbf{V}_B$.

II) le skieur passe par le point **B** à une nouvelle origine des dates avec une vitesse $\mathbf{V_0 = 6,77m.s^{-1}}$, et subit une chute dans l'air avec frottement.
La force de frottement exercée par l'air est modélisée par l'expression $\vec{\mathbf{f}} = -\mathbf{K}\tilde{\mathbf{V}}$ (**K** une constante positive)
On néglige la poussée d'Archimède.
On étudie le mouvement du centre d'inertie du skieur dans le référentiel $(\mathbf{O}, \vec{i}, \vec{k})$ lié à la terre et considéré comme galiléen.

1) En appliquant la 2ème loi de Newton, montrer que les équations différentielles des composantes $\mathbf{V}_x$ et $\mathbf{V}_Z$ du vecteur vitesse $\vec{\mathbf{V}}_G$ sont : $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{V_x} + \frac{\mathbf{K}}{\mathbf{m}}\mathbf{V_x} = \mathbf{0}$ et $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{V_Z} + \frac{\mathbf{K}}{\mathbf{m}}\mathbf{V_Z} = -\mathbf{g}$
Sachant que $\frac{d}{dt}V_x + \frac{1}{\tau}V_x = 0$ et $\frac{d}{dt}V_Z + \frac{1}{\tau}V_Z = -g$, Donner l'expression de $\boldsymbol{\tau}$

2) Déterminer l'expression de la composante de la vitesse limite $\vec{\mathbf{V}}_{lim}$ en fonction de **m**, **g** et **K**, préciser la direction du vecteur $\vec{\mathbf{V}}_{lim}$ (horizontal ou vertical ou incliné ?)

Elomrani

3) la solution de l'équation différentielle $\frac{d}{dt}V_x + \frac{K}{m}V_x = 0$ s'écrit $\mathbf{V_x(t) = A_x e^{\frac{-t}{\tau}} + B_x}$
Montrer que $\mathbf{A_x = V_0 \cos\alpha}$ et $\mathbf{B_x = 0}$; écrire l'expression de $\mathbf{V}_x(t)$

4) la solution de l'équation différentielle $\frac{d}{dt}V_Z + \frac{K}{m}V_Z = -g$ s'écrit $\mathbf{V_Z(t) = A_Z e^{\frac{-t}{\tau}} + B_Z}$
Montrer que $\mathbf{A_Z = V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}}$ et $\mathbf{B_Z = \frac{-mg}{K}}$; écrire l'expression de $\mathbf{V}_Z(t)$

5) Déduire les équations horaires $\mathbf{x}(t)$ et $\mathbf{Z}(t)$ du mouvement du skieur

6) Montrer que l'équation de la trajectoire s'écrit sous la forme :

$$\mathbf{Z}(x) = \left(\tan\alpha + \frac{mg}{KV_0\cos(\alpha)}\right)x + \frac{m^2g}{K^2}Ln\left(1 - \frac{x.K}{mV_0\cos(\alpha)}\right)$$

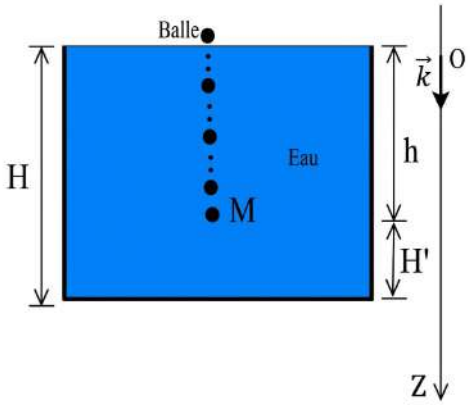
Elomrani

Partie 2 Travail chez soi Hors EXAM mouvement d'une balle dans un fluide

Un fusil peut envoyer des balles de tennis, de masse $\mathbf{m = 100g}$ avec une vitesse $\vec{V}_0$.
On tire verticalement vers le bas, dans l'eau d'une piscine de profondeur $\mathbf{H = 10m}$. (Figure 1)
la balle pénètre dans l'eau par un point d'abscisse $\mathbf{Z = 0}$ à l'instant $\mathbf{t = 0}$ avec une vitesse $\vec{V}_0$ Verticale ;
on assimile le mouvement de la balle à celui de son centre d'inertie G.
Dans l'eau, les forces exercées sur la balle sont :

- le poids,
- La poussée d'Archimède,
- la force de frottement $\vec{f} = -k\vec{V}$ (**k** une constante positive)

Figure 1



On étudie le mouvement du centre d'inertie **G** de la balle dans l'eau dans le repère $(O, \vec{k})$ lié à la terre et supposé galiléen.
On désigne par $\boldsymbol{v}$ le volume de la balle et on donne $\mathbf{g = 10m.s^{-2}}$

1) Montrer que l'équation différentielle que vérifie la composante V_Z du vecteur vitesse $\vec{V}_G$ est : $\tau\frac{dV_Z}{dt} + V_Z = V_{zLim}$ et déduire l'expression de τ et V_{zLim} en fonction de **k , m, g et** α $\left(\alpha = \frac{\rho_{eau}}{\rho_{balle}}\right)$

2) La solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous la forme $V_Z(t) = A.e^{\frac{-t}{\tau}} + B$.
Déterminer l'expression de **A** et **B** en fonction de V_0 et V_{zLim} (V_0 : la vitesse a t=0)

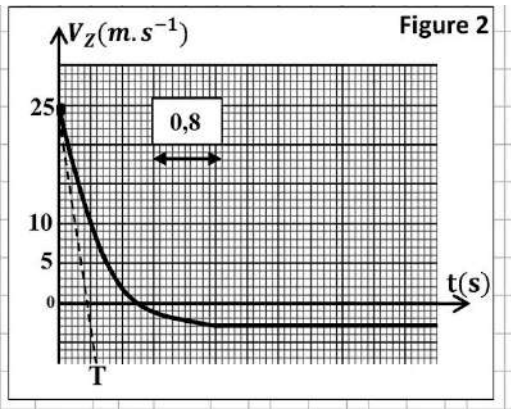
3) la figure (2) représente les variations de $V_Z(t)$ en fonction de **t**
T : la tangente à la courbe à la date t=0

3-1 déterminer graphiquement les valeurs de V_0 et V_{zLim} ,
et déduire les valeurs de **A** et **B**

3-2 calculer les valeurs de **k** et α

3-3 à partir de la valeur de V_{zLim} déduire le sens du mouvement de la balle dans le régime permanent.

Figure 2



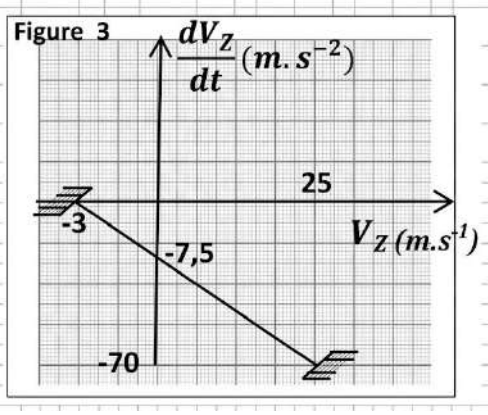
4) la balle change le sens du mouvement en un point **M** à la date t_R
Déterminer graphiquement puis par calcul la valeur de t_R

5) la figure ci contre représente les variations de $\frac{dV_Z}{dt}$ en fonction de V_Z
déterminer graphiquement :

5-1 la valeur de V_0

5-2 les valeurs de **k** et α

Figure 3



6) montrer que l'équation horaire du mouvement de la balle s'écrit sous la forme : $Z(t) = \tau.A\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right) + B.t$
Calculer la profondeur **h** de l'eau où arrive la balle à l'instant t_R ,
déduire la distance **H'**

Elomrani

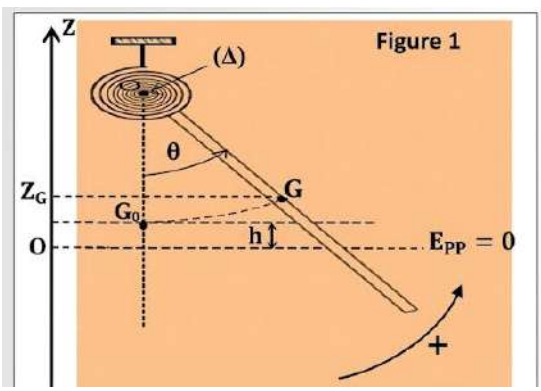
Partie 3 Travail chez soi Hors EXAM Pendule de Torsion

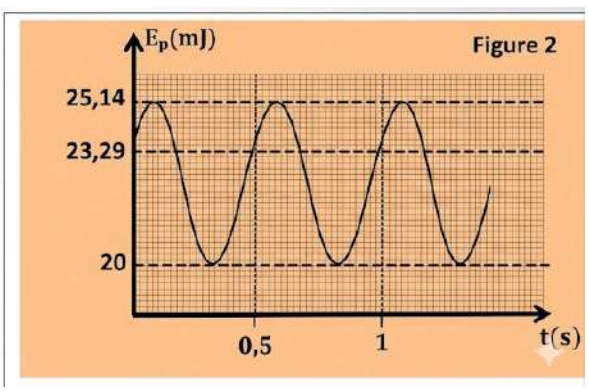
On considère une tige homogène de masse **m** et de centre d'inertie G, capable de tourner autour d'un axe fixe passant par son extrémité O. On pose $\mathbf{J}_\Delta$ le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe (voir figure 1).
On fixe en O, un ressort spirale caractérisé par une constante de torsion **C** et de masse négligeable et dont l'autre extrémité est fixée à un support. À d'équilibre, le ressort est non déformé.
On écarte le pendule dans le sens positif de sa position d'équilibre d'un petit angle $\boldsymbol{\theta_0}$ puis on le lâche dans le sens positif avec une vitesse initiale à un instant t=0.
La position du pendule est repérée par l'angle $\boldsymbol{\theta}$ formée par la tige avec la verticale passant par O.
On pose **OG=d** et on admet que pour les petites oscillations : $\cos\theta \approx \mathbf{1} - \dfrac{\boldsymbol{\theta^2}}{\mathbf{2}}$ et $\sin\theta \approx \theta$ avec θ en radian

On donne : $\theta_0 = \dfrac{\pi}{15}$ rad $\quad \mathbf{m = 0,1kg} \quad , \quad \mathbf{g = 10m.s^{-2}} \quad , \quad \mathbf{d = 0,1m} \quad , \quad \boldsymbol{\pi^2 = 10}$

On néglige les frottements

1. En appliquant la relation fondamentale de la dynamique trouver l'équation différentielle du mouvement.
2. La solution de cette équation s'écrit sous la forme $\theta(\mathbf{t}) = \theta_\mathbf{0} \cos\left(\dfrac{\mathbf{2\pi}}{\mathbf{T_0}}\mathbf{t} + \varphi\right)$
   Trouver l'expression de la période propre $\mathbf{T_0}$ des oscillations.
3. On considère l'état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur, le plan horizontal qui se trouve à une hauteur **h** au-dessous de $\mathbf{G_0}$ (plan passant par l'origine **O** de l'axe $\vec{\mathbf{OZ}}$) , et l'état de référence de l'énergie potentielle de torsion lorsque le ressort est non déformé.
   - **3.1.** Exprimer l'énergie potentielle totale du système en fonction de : **m, g, d, h, C et $\boldsymbol{\theta}$**.
   - **3.2.** En déduire l'expression de l'énergie mécanique du système, et montrer qu'elle se conserve.
   - **3.3.** La courbe de la figure -2- montre les variations de l'énergie potentielle totale du système en fonction du temps. Trouver :
     - **a)** La valeur de **h**.
     - **b)** La constante de torsion **C** du ressort spiral.
     - **c)** L'amplitude des oscillations $\theta_\mathbf{m}$.
     - **d)** La vitesse angulaire maximale, et en déduire le moment d'inertie $\mathbf{J}_\Delta$ de la tige par rapport à l'axe Δ.
     - **e)** La valeur absolue de la vitesse angulaire initiale à la date t=0.
     - **f)** La valeur de $\boldsymbol{\varphi}$.





Elomrani

CHIMIE

Acide commercial, Dilution, Dosage colorimétrique et pH-métrique (Méthode de Gran)

1/ Préparation de la solution aqueuse d'acide commercial (S)

Première remarque : Le pourcentage massique est $P = 25\% \neq 100\%$, donc le gaz HCl dissous n'est pas pur.
L'équation de la réaction qui se produit au cours de la dissolution de HCl dans l'eau pure :

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

Donc la bouteille contient les ions (H_3O^+ et Cl^-).
Calcul de $m(HCl)$ dissous dans $V = 1$ L : On sait que la densité de la solution (S) est donnée par $d(S) = \frac{\rho(S)}{\rho_0(\text{eau})} = \frac{m(S)}{V(S)\cdot\rho_0}$. D'où la masse de la solution :

$$m(S) = d(S) \cdot V(S) \cdot \rho_0 \quad (1)$$

On sait aussi que le pourcentage massique est $P = \frac{m(HCl)}{m(S)} \implies m(S) = \frac{m(HCl)}{P}$ (2).
En remplaçant (2) dans (1) :

$$\frac{m(HCl)}{P} = d(S) \cdot V(S) \cdot \rho_0 \implies m(HCl) = P \cdot d(S) \cdot V(S) \cdot \rho_0$$

Application numérique (avec $V = 1\,\text{L} = 10^3\,\text{cm}^3$) :

$$m(HCl) = \frac{25}{100} \times 1,15 \times 10^3 \times 1$$

$$m(HCl) = 287,5\,\text{g}$$

Elomrani

2/ Dilution de (S) et Dosage colorimétrique

Dilution de (S) : On dilue $F = 500$ fois (coefficient de dilution) pour obtenir la solution (S_0). On dose un volume $V_0 = 10\,\text{mL}$ de (S_0) de concentration C_0 par une solution titrante de concentration C_b.

2.1 Réaction du dosage :

$$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

(Les ions Na^+ et Cl^- sont spectateurs).
Constante d'équilibre K :

$$K = \frac{1}{[H_3O^+][HO^-]} = \frac{1}{K_e} = \frac{1}{10^{-14}} = 10^{14}$$

Puisque $K \gg 10^4$, la réaction est totale.
2.2 Valeur du pH à l'équivalence : D'après la réaction du dosage, les produits formés se résument à H_2O, qui est une espèce neutre. Méthode des tangentes

$\Longrightarrow$ point d'équivalence E. $\boxed{pH_E = 7}$

3/ Dosage suivi par pH-métrie et Méthode de Gran

3.1 Expression de $[H_3O^+]$ avant l'équivalence :

Équation	$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$		
État initial	C_0V_0	C_bV_b	En excès
État intermédiaire	$C_0V_0 - x$	$C_bV_b - x$	En excès
Avant l'équivalence	$C_0V_0 - x_m$	$C_bV_b - x_m$	En excès

Pour $V_b < V_{béq}$ (avant l'équivalence), le réactif limitant est HO^-. Donc $C_bV_b - x_m = 0 \Longrightarrow x_m = C_bV_b$. La concentration en ions oxonium est :

$$[H_3O^+] = \frac{n(H_3O^+)}{V_T} = \frac{C_0V_0 - x_m}{V_0 + V_b} \Longrightarrow \boxed{[H_3O^+] = \frac{C_0V_0 - C_bV_b}{V_0 + V_b}}$$

3.2 Expression en fonction de $V_{béq}$: Relation à l'équivalence : $C_0V_0 = C_bV_{béq}$.

$$[H_3O^+] = \frac{C_bV_{béq} - C_bV_b}{V_0 + V_b} = \frac{C_b(V_{béq} - V_b)}{V_0 + V_b}$$

3.3 Montrons l'expression de $F(V_b)$: D'après la question 3.2, et sachant que $[H_3O^+] = 10^{-pH}$:

$$10^{-pH} = \frac{C_b(V_{béq} - V_b)}{V_0 + V_b} \Longrightarrow 10^{-pH}(V_0 + V_b) = C_b(V_{béq} - V_b)$$

Or, les données posent $F(V_b) = 10^{-pH}(V_0 + V_b)$, donc : $\boxed{F(V_b) = C_b(V_{béq} - V_b)}$

Elomrani

3.4 Détermination de $V_{béq}$ et précision : Pour $V_b = V_{béq}$, on a $F(V_b) = 0$. Graphiquement, l'intersection de la droite $F(V_b)$ avec l'axe des abscisses donne : $V_{béq} = 16\,\text{mL}$ (Exact) Comparaison : La méthode des tangentes donne $V_{béq} \simeq 16,2\,\text{mL}$. La méthode des tangentes peut manquer de précision (incertitudes de tracé), alors que la méthode de Gran repose sur le prolongement d'une droite, ce qui est **plus précis**.

3.5 Calcul de la concentration C_0 : À l'équivalence : $C_0V_0 = C_bV_{béq}$

$$C_0 = \frac{C_bV_{béq}}{V_0} = \frac{10^{-2} \times 16}{10} \implies C_0 = 1,6 \cdot 10^{-2}\,\textbf{mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$$

3.6 Concentration commerciale C_{com} : $F = 500 = \frac{C_{com}}{C_0} \implies C_{com} = 500 \cdot C_0 = 500 \times 1,6 \cdot 10^{-2}$ $C_{com} = 8\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

3.7 Masse et Pourcentage massique : 3.7.1 La concentration de la solution est $C_{com} = \frac{n(HCl)_{pur}}{V(S)} = \frac{m(HCl)_{diss}}{M(HCl) \cdot V(S)}$.

$$m(HCl)_{diss} = C_{com} \cdot M(HCl) \cdot V(S) = 8 \times 35,5 \times 1 \implies m(HCl)_{diss} = 284\,\textbf{g}$$

$$m(HCl)_{diss} = 8 \times 36,5 \times 1 \implies m(HCl)_{diss} = 292\,\textbf{g}$$

3.7.2 Densité : $d(S) = \frac{\rho(S)}{\rho_0} \implies m(S) = d \cdot V(S) \cdot \rho_0 = 1,15 \times 1 \times 10^3 = 1150\,\text{g}$. Le pourcentage massique est :

$$P = \frac{m(HCl)}{m(S)} = \frac{292}{1150} \simeq 0,2539 \implies P \simeq 25,4\%$$

Conclusion : $25,4\% \geq 25\%$, l'information sur l'étiquette (25% minimum) est **presque correcte**.

PHYSIQUE

Partie 1 : Ondes Ultrasonores | Partie 2 : Transformations Nucléaires

Partie 1 : Calcul de l'épaisseur e d'une plaque de plexiglas

1. En absence de la plaque de plexiglas : L'onde parcourt la distance D à

Elomrani

l'aller et au retour dans l'eau. La distance totale parcourue est $2D$.

$$V = \frac{2D}{t_R} \implies t_R = \frac{2D}{V}$$

2. En présence de la plaque de plexiglas : 2-1. Comparaison des vitesses : Le plexiglas (solide) est plus dense que l'eau (liquide). La vitesse de propagation des ondes mécaniques y est donc plus grande :

$$V'_{ondes(plex)} > V_{son(eau)}$$

2-2. Expression de t'_R en fonction de D, e, V, V' : D'après le schéma des distances, l'onde traverse une distance d dans l'eau, e dans le plexiglas, et x dans l'eau. Le temps d'aller-retour total est :

$$t'_R = 2\left(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3\right) = 2\left(\frac{d}{V} + \frac{e}{V'} + \frac{x}{V}\right) = \frac{2d+2x}{V} + \frac{2e}{V'}$$

Or, on sait que $D = d + e + x \implies d + x = D - e$. En remplaçant :

$$t'_R = \frac{2(D-e)}{V} + \frac{2e}{V'} \implies t'_R = \frac{2D-2e}{V} + \frac{2e}{V'}$$

2-3. Expression de l'épaisseur e : Les instants t_A et t_B correspondent aux réflexions sur les deux faces de la plaque. L'onde parcourt l'épaisseur e en aller-retour dans le plexiglas :

$$V' = \frac{2e}{t_B - t_A}$$

Reprenons l'expression de t'_R en y insérant $t_R = \frac{2D}{V}$:

$$t'_R = \frac{2D}{V} - \frac{2e}{V} + \frac{2e}{V'} \implies t'_R = t_R - \frac{2e}{V} + \frac{2e}{\left(\frac{2e}{t_B - t_A}\right)}$$

$$t'_R = t_R - \frac{2e}{V} + (t_B - t_A)$$

En multipliant par V :

$$t'_R \cdot V = V \cdot t_R - 2e + V(t_B - t_A)$$

$$2e = V \cdot t_R - V \cdot t'_R + V(t_B - t_A) \implies e = \frac{V(t_R - t'_R + t_B - t_A)}{2}$$

2-4. Calcul de e : D'après les oscillogrammes (balayage horizontal 20 μs/div) :

- $t_R = 7\,\text{div} \times 20 = 140\,\mu\text{s}$
- $t_A = 3\,\text{div} \times 20 = 60\,\mu\text{s}$

Elomrani

— $t_B = 3,4\,\text{div} \times 20 = 68\,\mu\text{s}$

— $t'_R = 5,8\,\text{div} \times 20 = 116\,\mu\text{s}$

Application numérique avec $V = 1,42\,\text{km/s} = 1420\,\text{m/s}$:

$$e = \frac{1420 \times (140 - 116 + 68 - 60) \times 10^{-6}}{2} = \frac{1420 \times 32 \times 10^{-6}}{2} = 0,02272\,\text{m}$$

$e \simeq 2,27\,\text{cm}$

Partie 2 : Nucléaire

I/ Fission Nucléaire

1. Détermination de A et Z (Lois de Soddy) : Équation de la réaction : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{146}_{58}Ce + {}^{85}_{Z}Se + x\,{}^{1}_{0}n$ Conservation du nombre de masse (A) : $235 + 1 = 146 + 85 + x \implies 236 = 231 + x \implies \mathbf{x = 5}$ Conservation du numéro atomique (Z) : $92 + 0 = 58 + Z + 0 \implies 92 = 58 + Z \implies \mathbf{Z = 34}$

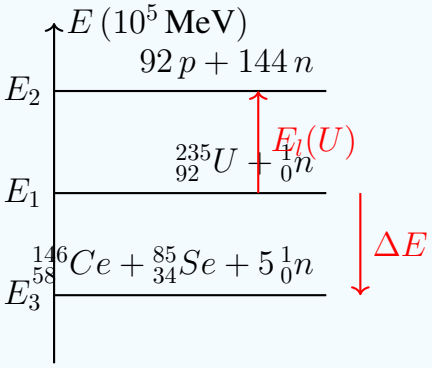
2. Exploitation du diagramme d'énergie :

2-1. Énergie libérée E_{lib} :

$$E_{lib} = |\Delta E| = |E_3 - E_1|$$

$$E_{lib} = |2,19655 - 2,19835| \times 10^5\,\text{MeV}$$

$E_{lib} = 180\,\text{MeV}$ *(C'est l'énergie libérée par 1 noyau d'Uranium)*



2-2. Énergie de liaison $E_l(U)$:

$$E_l(U) = E_2 - E_1$$

$$E_l(U) = (2,21625 - 2,19835) \times 10^5\,\text{MeV}$$

$E_l(U) = 1790\,\text{MeV}$

3. Énergie totale E_T à l'instant $t = n \cdot t_{1/2}$: Le nombre de noyaux désintégrés est $N_D = N_0 - N(\text{restant}) = N_0 - N_0 e^{-\lambda t}$.

$$N_D(t) = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad \text{avec} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Elomrani

Pour $t = n \cdot t_{1/2}$, on a : $e^{-\lambda t} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot n \cdot t_{1/2}} = e^{-n \ln 2} = (e^{\ln 2})^{-n} = 2^{-n}$.
Donc $N_D = N_0 \left(1 - \frac{1}{2^n}\right)$. L'énergie libérée totale est : $E_T = N_D \cdot E_{lib} \Longrightarrow$ $E_T(n \cdot t_{1/2}) = N_0 \left(1 - \frac{1}{2^n}\right) E_{lib}$

4. Calcul de E_T à $t = 4t_{1/2}$ ($n = 4$) : Calculons d'abord N_0 à partir de la masse $m_0 = 20\,\text{mg}$:

$$N_0 = \frac{m_0}{m(1 \text{ noyau } U)} = \frac{20 \times 10^{-6}\,\text{kg}}{234,99332\,\text{u} \times 1,66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg/u}} \simeq 5,13 \cdot 10^{19} \text{ noyaux}$$

On remplace dans l'expression de E_T :

$$E_T = 5,13 \cdot 10^{19} \left(1 - \frac{1}{2^4}\right) \times 180 = 5,13 \cdot 10^{19} \left(1 - \frac{1}{16}\right) \times 180$$

$$E_T \simeq 8,66 \cdot 10^{21}\,\text{MeV}$$

II/ Fusion Nucléaire

Équation : ${}^2_1H + {}^3_1H \longrightarrow {}^A_ZHe + {}^1_0n$

1. Nombres A et Z : $A = 2 + 3 - 1 \Longrightarrow \mathbf{A = 4}$ et $Z = 1 + 1 - 0 \Longrightarrow$ **Z = 2**

2. Noyau le plus stable : On calcule l'énergie de liaison par nucléon $\xi = \frac{E_l}{A}$:

- $\xi({}^2_1H) = \frac{2,23}{2} \simeq 1,115\,\text{MeV/nucléon}$
- $\xi({}^3_1H) = \frac{8,57}{3} \simeq 2,856\,\text{MeV/nucléon}$
- $\xi({}^4_2He) = \frac{28,41}{4} \simeq 7,102\,\text{MeV/nucléon}$

Le noyau d'Hélium (${}^4_2He$) possède la plus grande énergie de liaison par nucléon, il est donc **le plus stable**.

3. Énergie libérée E_{lib2} :

$$E_{lib2} = |\Delta E| = \left|\sum E_l(\text{réactifs}) - \sum E_l(\text{produits})\right|$$

$$E_{lib2} = \left|E_l({}^2_1H) + E_l({}^3_1H) - E_l({}^4_2He)\right|$$

$$E_{lib2} = |2,23 + 8,57 - 28,41| = |-17,61|$$

$$E_{lib2} = 17,61\,\text{MeV}$$

Elomrani

PHYSIQUE 2 : ÉLECTRICITÉ

Dipôle RC, Dipôle RL et Oscillateur RLC en régime forcé

I - Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension

1- Équation différentielle vérifiée par la tension u_C : D'après la figure 1 : $u_R+u_C = E \quad (1)$ En respectant les conventions : $u_R = R\cdot i = R\cdot\frac{dq}{dt} = RC\cdot\frac{du_C}{dt}$

La relation (1) devient : $RC\cdot\frac{du_C}{dt} + u_C = E$, ou bien : $\boxed{\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC}u_C = \frac{E}{RC}}$

2- Détermination de E : L'équation de la fonction $\frac{du_C}{dt} = f(u_C)$ est de la forme : $\frac{du_C}{dt} = A\cdot u_C + B$ L'équation différentielle peut s'écrire : $\frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{RC}u_C + \frac{E}{RC}$ Lorsque $\frac{du_C}{dt} = 0$, alors $E = u_C$. Graphiquement (figure 2), on trouve : $\boxed{E = 6\,\text{V}}$

*** Vérification de $C = 10\,\text{nF}$:** On pose $A = -\frac{1}{RC}$: le coefficient directeur de la droite. Alors $C = -\frac{1}{R\times A} = -\frac{1}{2\cdot10^3\times\frac{6\times5\cdot10^4-0}{0-6}} \Longrightarrow C = 10^{-8}\,\text{F} = 10\,\text{nF}$

$\boxed{C = 10\,\text{nF}}$

3- Détermination de la valeur du rendement ρ : Par définition : $\rho = \frac{E_e}{E_g}$ En régime permanent, $u_C(\infty) = E$, alors $E_e = \frac{1}{2}Cu_C^2 = \frac{1}{2}CE^2$ et l'énergie du générateur $E_g = CE^2$. Donc : $\rho = \frac{\frac{1}{2}CE^2}{CE^2} = \frac{1}{2}$ $\boxed{\rho = 0,50 = 50\%}$

II - Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

1-1- Équation différentielle vérifiée par $i(t)$: D'après la loi d'additivité des tensions : $u_b + u_{R_1} = E \quad (1)$ En respectant les conventions : $u_b = L\cdot\frac{di}{dt} + r\cdot i$ et $u_{R_1} = R_1\cdot i$ Alors (1) s'écrit : $L\cdot\frac{di}{dt} + (r+R_1)i = E$, ou bien : $\boxed{\frac{di}{dt} + \frac{(r+R_1)}{L}i = \frac{E}{L}}$

1-2- Détermination de R_1 : Au régime permanent : $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t\to\infty} = 0 \Longrightarrow \frac{(r+R_1)}{L}I_{max} = \frac{E}{L} \Longrightarrow (r+R_1)I_{max} = E$ Finalement : $R_1 = \frac{E}{I_{max}} - r$ Application Numérique : $R_1 = \frac{6}{50\cdot10^{-3}} - 20 = 100\,\Omega$ $\boxed{R_1 = 100\,\Omega}$

Elomrani

*** Vérification de $L = 0,3\,\mathbf{H}$:** La constante de temps du circuit RL : $\tau = \frac{L}{r+R_1}$ On en déduit que : $L = \tau \times (r + R_1)$. Avec $\tau = 2,5\,\text{ms}$ (figure 4). $A.N.$: $L = 2,5 \cdot 10^{-3} \times (20 + 100) = 0,3\,\text{H}$. $\boxed{L = 0,3\,\text{H}}$

1-3- Calcul de u_b au régime permanent : L'équation différentielle donne : $(u_b)_\infty = E - (u_{R_1})_\infty \implies (u_b)_\infty = E - R_1 I_{max}$ $A.N.$: $(u_b)_\infty = 6 - 100 \times 0,05 = 1\,\text{V}$. $\boxed{U(b) = 1\,\text{V}}$

2-1- Valeur de i juste après l'ouverture de l'interrupteur K : L'intensité $i(t)$ dans une bobine est une fonction continue : $\boxed{i(t=0) = I_{max} = 50\,\text{mA}}$

2-2- Valeur de $\frac{di(t)}{dt}$ à $t = 0$: D'après la loi d'additivité des tensions : $u_b + u_{R_1} + u_{R_2} = 0 \quad (1)$ $u_b = L \cdot \frac{di(t)}{dt} + r \cdot i$, $u_{R_1} = R_1 \cdot i$ et $u_{R_2} = R_2 \cdot i$ Alors (1) s'écrit : $L \cdot \frac{di}{dt} + (r + R_1 + R_2)i = 0 \implies \left(\frac{di(t)}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{(r+R_1+R_2)}{L} I_{max}$ $A.N.$: $\left(\frac{di(t)}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{(20+100+2000)}{0,3} \times 50 \cdot 10^{-3} = -3,53 \cdot 10^2\,\text{A} \cdot \text{s}^{-1}$ $\boxed{\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -3,53 \cdot 10^2\,\text{A} \cdot \text{s}^{-1}}$

*** Calcul de u_b à l'ouverture de l'interrupteur K :** L'expression est : $u_b(0) = L \cdot \left(\frac{di(t)}{dt}\right)_{t=0} + r \cdot I_{max}$ $A.N.$: $u_b(0) = 0,3 \times (-3,53 \cdot 10^2) + 20 \times 0,05 = -105\,\text{V}$. $\boxed{U_b(0) = -105\,\text{V!!!}}$

3- Rôle de la branche : C'est pour éviter l'apparition des étincelles aux bornes de l'interrupteur au moment de son ouverture, qui sont dues à la surtension aux bornes de la bobine : $u_b(0) = -105\,\text{V!!!}$

Elomrani

Partie 3 : Oscillateur RLC en régime forcé

1- Fréquence de résonance N_0 et calcul de r : D'après le graphe, $N_0 = 0,5\,\text{KHz} = 500\,\text{Hz}$. À la résonance, $Z_0 = R + r \implies r = Z_0 - R$. Graphiquement, $Z_0 = Z_{min} = 2 \cdot 10^3\,\Omega$. Donc : $r = 2000 - 1980 = 20\,\Omega$.

2-1- Relation entre Z, r et R : Pour $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, on a : $U = Z \cdot I = Z \cdot \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ À la résonance, $I = I_0$, on a : $U = Z_0 I_0 = (r + R)I_0$ Des deux relations, on trouve : $Z = (r + R)\sqrt{2}$

2-2- Fréquences délimitant la bande passante : Pour $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, on a $Z = (P + r)\sqrt{2} = (1980 + 20) \times 1,4 = 2800\,\Omega \implies \mathbf{Z = 2,8\,K\Omega}$. N_1 et N_2 sont les fréquences qui délimitent la bande passante, par définition : $N = N_1$ ou

$N = N_2 \Longrightarrow I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$. Graphiquement, on projette $Z = 2,8\,\text{K}\Omega$ sur la courbe et on trouve : $N_1 = 0,20\,\text{KHz} = 200\,\text{Hz}$ et $N_2 = 1,25\,\text{KHz} = 1250\,\text{Hz}$
On vérifie : $N_1 \cdot N_2 = 0,25\,(\text{KHz})^2$ et $N_0^2 = (0,5)^2 = 0,25\,(\text{KHz})^2$, donc $N_1 \cdot N_2 = N_0^2$.

2-3- Bande passante ΔN et Facteur de qualité Q : $\Delta N = N_2 - N_1 = 1,25 - 0,20 = 1,05\,\text{KHz} \Longrightarrow \mathbf{\Delta N = 1050\,Hz}$.

$Q = \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{1,05}{0,5} \Longrightarrow Q = 2,1$

2-4- Calcul de L et C : $*$ Calcul de L : $Q = \frac{2\pi L N_0}{R+r} \Longrightarrow L = \frac{Q(R+r)}{2\pi N_0} = \frac{2,1(1980+20)}{2\cdot 3,14\cdot 0,5\cdot 10^3}$

$$L \simeq 1,34\,\text{H}$$

$*$ Calcul de C : On sait que $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Longrightarrow N_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \Longrightarrow C = \frac{1}{N_0^2 \cdot 4\pi^2 L}$

$C = \frac{1}{(0,5\cdot 10^3)^2 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 1,34}$

$$C \simeq 7,46 \cdot 10^{-8}\,\text{F}$$

2-5- Déphasage φ : $\cos\varphi = \frac{R+r}{Z} = \frac{R+r}{(R+r)\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Longrightarrow \varphi = \pm\frac{\pi}{4}$

3- Phénomène observé : $U_0(C) = Q \cdot U = 2\ 1 \cdot 10 = 21\,\text{V}$ $U_0(L) = Q \cdot U = 21\,\text{V}$ $U_0(C) > U(\text{générateur})$
Le générateur fournit les tensions aux autres dipôles donc logiquement on devrait avoir $U(C)$ et $U(L) < U_{\text{gén}}$. C'est le **Phénomène de surtension**

PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Mouvement d'un skieur : Piste inclinée et Chute dans un fluide

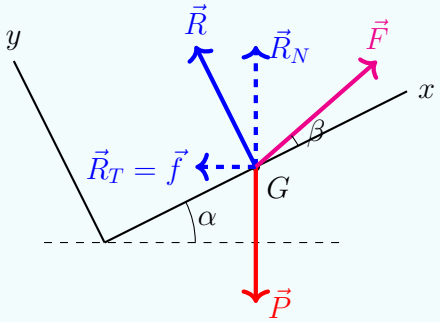
Partie 1 : I/ Mouvement sur la piste OB

Bilan des forces :

— $\vec{P}\begin{cases} P_x = -mg\sin\alpha \\ P_y = -mg\cos\alpha \end{cases}$

— $\vec{F}\begin{cases} F_x = F\cos\beta \\ F_y = F\sin\beta \end{cases}$

— $\vec{R} = \vec{R}_T + \vec{R}_N\begin{cases} R_x = -f < 0 \\ R_y = R_N > 0 \end{cases}$



1) Calcul de l'accélération a : L'équation de la courbe est $V^2 = A \cdot x$. Graphi-

Elomrani

quement : $A = \frac{200-0}{50-0} = 4\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. On a $V^2 = A \cdot x$. En dérivant par rapport au temps :

$$\frac{d}{dt}(V^2) = \frac{d}{dt}(A \cdot x) \implies 2V\frac{dV}{dt} = A\frac{dx}{dt}$$

Puisque $\frac{dV}{dt} = a$ et $\frac{dx}{dt} = V$, on obtient : $2V \cdot a = A \cdot V \implies 2a = A \implies a = \frac{A}{2} = 2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. **Nature du mouvement :** Puisque $a = \text{cte} > 0$ et le sens du mouvement est celui de $\vec{Ox}$ ($V > 0$), alors $a \cdot V > 0$: **le mouvement est rectiligne uniformément accéléré**.

2) Équation différentielle de V et Calcul de F : Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{R}_T + \vec{F} = m\vec{a}_G$ Projection sur l'axe $\vec{Ox}$:

$$P_x + R_{Nx} + R_{Tx} + F_x = ma \implies -mg\sin\alpha + 0 - f + F\cos\beta = m\frac{dV}{dt}$$

$\frac{dV}{dt} = -g\sin\alpha + \frac{F\cos\beta - f}{m}$ Calcul de F d'après l'équation précédente ($a = \frac{dV}{dt}$) :

$$F\cos\beta = ma + f + mg\sin\alpha \implies F = \frac{ma + f + mg\sin\alpha}{\cos\beta}$$

Application numérique : $F \simeq 536,7\,\text{N}$

3) Équations horaires $V(t)$ et $x(t)$: On a $\frac{dV}{dt} = a = 2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. Par intégration : $V(t) = 2t + C$. Or $V_0 = 0 \implies C = 0 \implies V(t) = 2t$ On a $\frac{dx(t)}{dt} = V(t) = 2t$. Par intégration : $x(t) = t^2 + C'$. Or $x_0 = 0 \implies C' = 0 \implies x(t) = t^2$

4) Calcul de V_A : Au point A, on a $x_A = OA = 150\,\text{m}$. $x(t_A) = t_A^2 \implies t_A = \sqrt{OA} = \sqrt{150} \simeq 12,25\,\text{s}$. On déduit la vitesse : $V_A = 2t_A = 2(12,25) \implies V_A = 24,5\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

5) Calcul de R : $R = \sqrt{R_T^2 + R_N^2}$ avec $R_T = f = 90\,\text{N}$. Calcul de R_N par projection de la 2ème loi de Newton sur $\vec{Oy}$ ($a_y = 0$) :

$$P_y + R_{Ny} + F_y = ma_y \implies -mg\cos\alpha + R_N + F\sin\beta = 0 \implies R_N = mg\cos\alpha - F\sin\beta$$

A.N. : $R_N \simeq 598\,\text{N}$. On calcule $R = \sqrt{90^2 + 598^2} \implies R \simeq 605\,\text{N}$

6) Expression avec le coefficient de frottement K : On sait que $K = \tan\varphi = \frac{R_T}{R_N} \implies R_T = K \cdot R_N$.

$$R = \sqrt{R_N^2 + (K\cdot R_N)^2} = \sqrt{R_N^2(1+K^2)} = R_N\sqrt{1+K^2}$$

On remplace R_N : $R = (mg\cos\alpha - F\sin\beta)\sqrt{1+K^2}$ Calcul de K : $R^2 = R_N^2(1+K^2) \implies K = \sqrt{\left(\frac{R}{R_N}\right)^2 - 1} \implies K \simeq 0,15$

Elmrani

7) Le skieur peut-il atteindre B ? (Nouvelle accélération en A) En A, on élimine la force $\vec{F}$. La 2ème loi de Newton devient $\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$. Projection sur $\vec{Ox}$: $P_x + R_x = ma \implies -mg\sin\alpha - f = ma$.

$$a = -(g\sin\alpha + f) = -93,35\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Équations du mouvement avec $t = 0$ en A ($V_0 = 24,5\,\text{m/s}, x_0 = 150\,\text{m}$) : $V(t) = -93,35t + 24,5$ $x(t) = -46,68t^2 + 24,5t + 150$ Supposons qu'il atteigne B ($x(B) = 153\,\text{m}$) :

$$-46,68t_B^2 + 24,5t_B + 150 = 153 \implies 46,68t_B^2 - 24,5t_B + 3 = 0$$

Le discriminant $\Delta = 40$. Les solutions sont $t_1 = 0,33\,\text{s}$ et $t_2 = 0,19\,\text{s}$. Puisque $t > 0$, le skieur **atteint le point B**. Vitesse en B (à $t = 0,19\,\text{s}$) : $V(0,19) = -93,35(0,19) + 24,5 \implies V_B \simeq 6,77\,\mathbf{m\cdot s^{-1}}$

Partie 2 : II/ Nouvelle origine des dates (Chute dans l'air)

Le skieur quitte la piste en B ($t = 0$). **1) Équations différentielles pour V_x et V_z :** Les forces appliquées sont le poids $\vec{P}$ et le frottement fluide $\vec{f} = -K\vec{V}$. 2ème loi de Newton : $\vec{P} + \vec{f} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} - K\vec{V} = m\vec{a}_G$.

— Projection sur l'axe $\vec{Ox}$:

$$-K\cdot V_x = m\cdot a_x = m\frac{dV_x}{dt} \implies \frac{dV_x}{dt} + \frac{K}{m}V_x = 0$$

— Projection sur l'axe $\vec{Oz}$ (vers le haut) :

$$-mg - K\cdot V_z = m\cdot a_z = m\frac{dV_z}{dt} \implies \frac{dV_z}{dt} + \frac{K}{m}V_z = -g$$

Expression de τ : Par analogie avec l'équation générale $\frac{dV}{dt} + \frac{1}{\tau}V = \ldots$, on identifie : $\tau = \frac{m}{K}$

2) Expression et direction de la vitesse limite $\vec{V}_{lim}$:

— **1er cas :** Supposons que $\vec{V}_{lim}$ soit sur l'axe $\vec{Ox}$. On a $\frac{dV_x}{dt} + \frac{K}{m}V_x = 0$. En régime limite, $V_x = V_{x(lim)} = \text{cte} \implies \frac{dV_x}{dt} = 0$. Donc $0 + \frac{K}{m}V_{x(lim)} = 0 \implies V_{x(lim)} = 0$. Ce n'est donc pas sur $\vec{Ox}$.

— **2ème cas :** Supposons que $\vec{V}_{lim}$ soit sur l'axe $\vec{Oz}$. On a $\frac{dV_z}{dt} + \frac{K}{m}V_z = -g$. En régime limite, $\frac{dV_z}{dt} = 0$. Donc $0 + \frac{K}{m}V_{z(lim)} = -g \implies V_{z(lim)} = -\frac{mg}{K} \neq 0$.

Elomrani

Puisque $V_{z(lim)} \neq 0$ et $V_{z(lim)} < 0$, $\vec{V}_{lim}$ est **verticale (parallèle à l'axe Oz)** et de sens opposé à $\vec{Oz}$ (vers le bas).

3) Solution de l'équation sur Ox : L'équation est $\frac{dV_x}{dt} + \frac{K}{m}V_x = 0$. On pose la solution $V_x(t) = A_x e^{-t/\tau} + B_x$.

$$\frac{dV_x}{dt} = -\frac{A_x}{\tau}e^{-t/\tau}$$

On remplace :

$$-\frac{A_x}{\tau}e^{-t/\tau} + \frac{K}{m}(A_x e^{-t/\tau} + B_x) = 0 \implies A_x e^{-t/\tau}\underbrace{\left(-\frac{1}{\tau} + \frac{K}{m}\right)}_{=0} + \frac{K}{m}B_x = 0$$

Puisque $\tau = \frac{m}{K}$, le premier terme est nul. On obtient $\frac{K}{m}B_x = 0 \implies \mathbf{B_x = 0}$.
Conditions initiales ($t = 0$) : $V_x(0) = V_0 \cos\alpha$. Donc $V_x(0) = A_x e^0 = A_x \implies \mathbf{A_x = V_0}\cos\alpha$. Finalement : $V_x(t) = (V_0 \cos\alpha)e^{-t/\tau}$

4) Solution de l'équation sur Oz : L'équation est $\frac{dV_z}{dt} + \frac{K}{m}V_z = -g$. On pose la solution $V_z(t) = A_z e^{-t/\tau} + B_z$.

$$\frac{dV_z}{dt} = -\frac{A_z}{\tau}e^{-t/\tau}$$

On remplace :

$$-\frac{A_z}{\tau}e^{-t/\tau} + \frac{1}{\tau}(A_z e^{-t/\tau} + B_z) = -g \implies \frac{B_z}{\tau} = -g \implies \mathbf{B_z = -g\tau = -\frac{mg}{K}}$$

Conditions initiales ($t = 0$) : $V_z(0) = V_0 \sin\alpha$.

$$V_z(0) = A_z e^0 + B_z \implies V_0 \sin\alpha = A_z - \frac{mg}{K} \implies \mathbf{A_z = V_0}\sin\alpha + \mathbf{\frac{mg}{K}}$$

Finalement : $V_z(t) = \left(V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}\right)e^{-t/\tau} - \frac{mg}{K}$

5) Équations horaires du mouvement $x(t)$ et $z(t)$:

— On a $\frac{dx(t)}{dt} = V_x(t) = (V_0 \cos\alpha)e^{-t/\tau}$. Par intégration :

$$x(t) = -\tau(V_0 \cos\alpha)e^{-t/\tau} + C$$

À $t = 0, x = 0 \implies 0 = -\tau(V_0 \cos\alpha) + C \implies C = \tau(V_0 \cos\alpha)$.

$$x(t) = \tau(V_0 \cos\alpha)\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

Elomrani

— On a $\frac{dz(t)}{dt} = V_z(t) = \left(V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}\right) e^{-t/\tau} - \frac{mg}{K}$. Par intégration :

$$z(t) = -\tau \left(V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}\right) e^{-t/\tau} - \frac{mg}{K} t + C'$$

À $t = 0, z = 0 \implies 0 = -\tau \left(V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}\right) + C' \implies C' = \tau \left(V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}\right)$.

$$z(t) = \tau \left(V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}\right)\left(1 - e^{-t/\tau}\right) - \frac{mg}{K} t$$

6) Équation de la trajectoire $Z(x)$: Il faut éliminer le temps t entre les équations $x(t)$ et $z(t)$. De l'équation $x(t)$, on tire :

$$1 - e^{-t/\tau} = \frac{x}{\tau V_0 \cos\alpha} \implies e^{-t/\tau} = 1 - \frac{x}{\tau V_0 \cos\alpha}$$

En passant au logarithme népérien :

$$-\frac{t}{\tau} = \ln\left(1 - \frac{x}{\tau V_0 \cos\alpha}\right) \implies t = -\tau \ln\left(1 - \frac{x}{\tau V_0 \cos\alpha}\right)$$

On remplace l'expression de $\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$ et de t dans l'équation de $z(t)$:

$$z(x) = \tau \left(V_0 \sin\alpha + \frac{mg}{K}\right)\left(\frac{x}{\tau V_0 \cos\alpha}\right) - \frac{mg}{K}\left[-\tau \ln\left(1 - \frac{x}{\tau V_0 \cos\alpha}\right)\right]$$

On simplifie par τ dans le premier terme et on utilise $\tau = \frac{m}{K}$:

$$z(x) = \left(V_0 \sin\alpha + \frac{m}{K} g\right) \frac{x}{V_0 \cos\alpha} + \frac{mg}{K} \cdot \frac{m}{K} \ln\left(1 - \frac{K \cdot x}{m \cdot V_0 \cos\alpha}\right)$$

En distribuant et en reconnaissant $\tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$:

$$z(x) = \left(\frac{V_0 \sin\alpha}{V_0 \cos\alpha} + \frac{mg}{K V_0 \cos\alpha}\right) x + \frac{gm^2}{K^2} \ln\left(1 - \frac{K \cdot x}{m \cdot V_0 \cos\alpha}\right)$$

$$Z(x) = \left(\tan\alpha + \frac{mg}{KV_0 \cos\alpha}\right) x + \frac{g \cdot m^2}{K^2} \ln\left(1 - \frac{K \cdot x}{m \cdot V_0 \cos\alpha}\right)$$

Elomrani

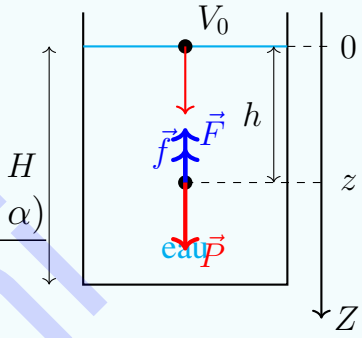
PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE (SUITE)

Partie 2 : Mouvement d'une bille dans un fluide | Partie 3 : Pendule de Torsion

Partie 2 : Mouvement d'une bille dans un fluide (Suite)

1) Équation différentielle vérifiée par V_z : La deuxième loi de Newton donne : $\vec{P}+\vec{f}+\vec{F}=m\vec{a}_G$
Avec $\vec{F}$ la poussée d'Archimède : $F=\rho_{eau}\cdot v\cdot g$ (v : volume du ballon) On sait que $\rho(\text{balle})=\frac{m}{v}\implies v=\frac{m}{\rho(\text{balle})}$ Donc $F=\rho_{eau}\times\frac{m}{\rho(\text{balle})}\cdot g=\alpha\cdot m\cdot g$ (avec $\alpha=\rho_{eau}/\rho_{balle}$) Projection sur l'axe $\vec{Oz}$ (orienté vers le bas) :

$$P_z-KV_z-F_z=ma_z\implies mg-KV_z-\alpha mg=m\frac{dV_z}{dt}$$



En divisant par K :

$$\frac{m}{K}\frac{dV_z}{dt}=\frac{mg(1-\alpha)}{K}-V_z\implies\frac{m}{K}\frac{dV_z}{dt}+V_z=\frac{mg(1-\alpha)}{K}$$

En régime permanent ($V_z=V_{zlim}$), on a $\frac{dV_z}{dt}=0$.
Donc :

$$\frac{m}{K}(0)+V_{zlim}=\frac{mg(1-\alpha)}{K}\implies V_{zlim}=\frac{mg(1-\alpha)}{K}$$

En posant $\tau=\frac{m}{K}$, l'équation s'écrit finalement :

$$\tau\frac{dV_z}{dt}+V_z=V_{zlim}$$

2) Détermination de A et B pour $V_z(t)=Ae^{-t/\tau}+B$: On a $\frac{dV_z}{dt}=-\frac{A}{\tau}e^{-t/\tau}$.
En remplaçant dans l'équation différentielle, on trouve $B=V_{zlim}$. Conditions initiales ($t=0$) : $V_z(0)=V_0$.

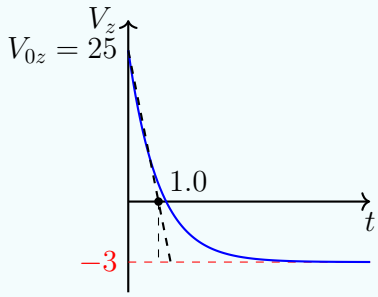
$$V_0=Ae^0+B\implies A=V_0-B=V_0-V_{zlim}$$

$$V_z(t)=(V_0-V_{zlim})e^{-t/\tau}+V_{zlim}$$

Elomrani

3) Remarque sur le sens du mouvement : D'après la courbe $V_z(t)$:

- **Partie I** ($t < 1\,\mathbf{s}$) : $V_z > 0$, donc le sens du mouvement est celui du sens $\oplus$ de l'axe $\vec{Oz}$ (vers le bas).
- **À** $t = 1\,\mathbf{s}$: $V_z = 0$, le ballon s'arrête instantanément.
- **Partie II** ($t > 1\,\mathbf{s}$) : $V_z < 0$, le sens du mouvement du ballon est contraire au sens $\oplus$ de l'axe $\vec{Oz}$ (vers le haut).



Conclusion : Le ballon se déplace d'abord vers le bas, sa vitesse diminue. À $t = 1\,\mathrm{s}$, il s'arrête, change de sens, remonte, et atteint le régime permanent ($V_{zlim} = -3\,\mathrm{m/s}$).

3-1) Valeurs graphiques : D'après la courbe : $V_0 = 25\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}$ et $V_{zlim} = -3\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}$

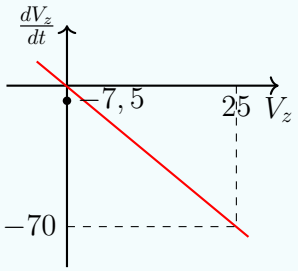
3-2) Calcul de K et α : D'après la courbe, $\tau \simeq 0,4\,\mathrm{s}$. On sait que $\tau = \frac{m}{K} \Longrightarrow K = \frac{m}{\tau} = \frac{0,1}{0,4} \Longrightarrow K = 0,25\,\mathbf{kg \cdot s^{-1}}$. De plus, $V_{zlim} = \frac{mg(1-\alpha)}{K} \Longrightarrow \alpha = 1 - \frac{V_{zlim} \cdot K}{mg} = 1 - \frac{(-3)(0,25)}{0,1 \times 10} \Longrightarrow \alpha = 1,75$.

3-3) Sens en régime permanent : $V_{zlim} < 0 \Longrightarrow$ Mouvement vers le haut.

4) Calcul de t_R (temps de rebroussement) : À $t = t_R$, $V_z = 0$. D'après le graphe, $t_R \simeq 1,0\,\mathrm{s}$. Par le calcul : $(V_0 - V_{zlim})e^{-t_R/\tau} + V_{zlim} = 0 \Longrightarrow e^{-t_R/\tau} = \frac{-V_{zlim}}{V_0 - V_{zlim}} = \frac{3}{28} \simeq 0,107$.

$$t_R = -\tau \ln(0,107) = -0,4 \times (-2,23) \Longrightarrow t_R \simeq 0,92\,\mathbf{s} \simeq 1\,\mathbf{s}$$

5) Exploitation du 2ème graphe $\frac{dV_z}{dt} = f(V_z)$: 5-1) L'ordonnée à l'origine (pour $\frac{dV_z}{dt} = 0$) correspond à V_{zlim}. Le point d'intersection avec l'axe horizontal donne $V_0 = 25\,\mathbf{m/s}$. **5-2) Calcul de K et α :** L'équation de la droite est $\frac{dV_z}{dt} = A \cdot V_z + B$. Coefficient directeur $A = \frac{-70-(-7,5)}{25-0} = -2,5\,\mathrm{s^{-1}}$. Donc : $\frac{dV_z}{dt} = -2,5V_z - 7,5 \quad (1)$. L'équation différentielle donne $\frac{dV_z}{dt} = -\frac{1}{\tau}V_z + \frac{V_{zlim}}{\tau} \quad (2)$. Par analogie : $-\frac{1}{\tau} = -2,5 \Longrightarrow \tau = 0,4\,\mathrm{s} \Longrightarrow K = 0,25\,\mathrm{kg/s}$. Et $\frac{V_{zlim}}{\tau} = -7,5 \Longrightarrow V_{zlim} = -3\,\mathrm{m/s}$. On retrouve $\alpha = 1,75$.



6) Calcul de h et H' : On a $\frac{dZ(t)}{dt} = V_z(t) = (V_0 - V_{zlim})e^{-t/\tau} + V_{zlim}$. Par

Elomrani

intégration :

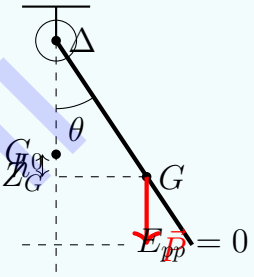
$$Z(t) = -\tau(V_0 - V_{zlim})e^{-t/\tau} + V_{zlim} \cdot t + C$$

À $t = 0, Z = 0 \implies C = \tau(V_0 - V_{zlim})$. Donc $Z(t) = \tau(V_0 - V_{zlim})(1 - e^{-t/\tau}) + V_{zlim} \cdot t$. On identifie : $Z(t) = A \cdot \tau(1 - e^{-t/\tau}) + B \cdot t$. Calcul de h (profondeur max atteinte à $t_R \simeq 1\,\text{s}$) : $h = Z(t = t_R) \implies h \simeq 7\,\textbf{m}$. Puisque $H = 10\,\text{m}$, la distance par rapport au fond est $H' = H - h \implies H' = 3\,\textbf{m}$.

Partie 3 : Pendule de Torsion

1) Équation différentielle : Théorème du moment cinétique : $\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = J_\Delta \ddot{\theta}$. $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) + \mathcal{M}_T = J_\Delta \ddot{\theta}$ $-mg \cdot d\sin\theta - C\theta = J_\Delta \ddot{\theta}$ (avec $\sin\theta \simeq \theta$)

$$\ddot{\theta} + \left(\frac{mgd+C}{J_\Delta}\right)\theta = 0$$



2) Période propre T_0 :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd+C}}$$

3-1) Expression de l'énergie potentielle E_p : $E_{pp} = mg(Z_G - Z_0)$ (avec $Z_0 = 0$) $Z_G = OG(1 - \cos\theta) + h \simeq d\frac{\theta^2}{2} + h \implies E_{pp} = mg\left(d\frac{\theta^2}{2} + h\right)$ $E_{pt} = \frac{1}{2}C\theta^2$ $E_p = E_{pp} + E_{pt} \implies E_p = \frac{\theta^2}{2}(mgd + C) + mgh$

3-2) Conservation de l'énergie mécanique :

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + \frac{\theta^2}{2}(mgd + C) + mgh = \text{cte}$$

3-3) Exploitation du graphe d'énergie : a) Calcul de h : Le minimum d'énergie potentielle est $E_{p(min)} = 20 \cdot 10^{-3}\,\text{J}$. Ce minimum correspond à $\theta = 0 \implies E_{p(min)} = mgh \implies h = \frac{E_{p(min)}}{mg}$. $h = \frac{20\cdot10^{-3}}{0{,}1\times10} \implies h = 2 \cdot 10^{-2}\,\textbf{m} = 2\,\textbf{cm}$

b) Calcul de C : À $t = 0$, $\theta = \theta_0 = \frac{\pi}{15}\,\text{rad}$. D'après la courbe, $E_{p0} = 23,29 \cdot 10^{-3}\,\text{J}$. $E_{p0} = \frac{\theta_0^2}{2}(mgd + C) + mgh \implies C = \frac{2(E_{p0} - mgh)}{\theta_0^2} - mgd$. $A.N. : C = \frac{2(23,29-20)\cdot10^{-3}}{(\pi/15)^2} - 0,1 \times 10 \times 0,1 \implies C \simeq 5 \cdot 10^{-2}\,\textbf{N} \cdot \textbf{m} \cdot \textbf{rad}^{-1}$

c) Amplitude θ_m : Le maximum d'énergie potentielle est $E_{p(max)} = 25,14 \cdot 10^{-3}\,\text{J}$. $E_{p(max)} = \frac{\theta_m^2}{2}(mgd + C) + mgh \implies \theta_m = \sqrt{\frac{2(E_{p(max)} - mgh)}{mgd+C}}$. $A.N. : \theta_m \implies \theta_m \simeq 0,26\,\textbf{rad}$ $(\theta_m > \theta_0)$

d) Vitesse angulaire maximale et moment d'inertie J_Δ : $\dot{\theta}_{max} = \theta_m\frac{2\pi}{T_0} =$

Elomrani

$0,26 \times \frac{2\pi}{1} \Longrightarrow \dot{\theta}_{max} \simeq 1,63\,\textbf{rad/s}$ Conservation de E_m : $E_{c(max)} = E_m - E_{p(min)} = E_{p(max)} - E_{p(min)} = \frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}^2_{max}$. $J_\Delta = \frac{2(E_{p(max)} - E_{p(min)})}{\dot{\theta}^2_{max}} \Longrightarrow J_\Delta \simeq 1,9 \cdot 10^{-3}\,\textbf{kg} \cdot \textbf{m}^2$

e) Valeur absolue de la vitesse angulaire à $t = 0$ **:** $E_m = E_c + E_p \Longrightarrow E_{c0} = E_{p(max)} - E_{p0} = \frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}^2_0$. $|\dot{\theta}_0| = \sqrt{\frac{2(E_{p(max)} - E_{p0})}{J_\Delta}} \Longrightarrow |\dot{\theta}_0| \simeq 0,44\,\textbf{rad/s}$

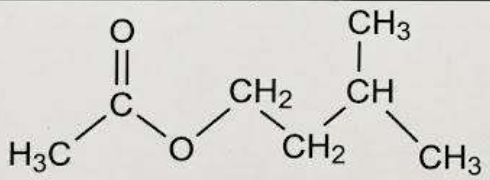
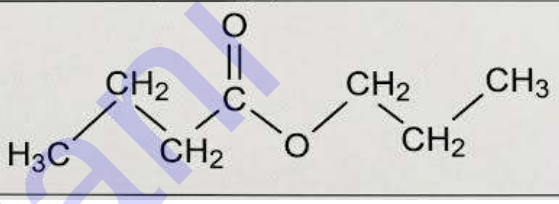
f) Phase φ **:** La solution est $\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. À $t = 0$, $\theta_0 = \theta_m \cos\varphi \Longrightarrow \cos\varphi = \frac{\theta_0}{\theta_m}$. Puisque le pendule est lancé dans le sens positif ($\dot{\theta}_0 > 0$), on a $\sin\varphi < 0$. On déduit $\varphi \simeq -0,64\,\textbf{rad}$.

Elomrani

Chimie

Partie 1 Etude de l'hydrolyse d'un ester

Deux composés organiques (A) éthanoate 3-methylbutyl et (B) butanoate de propyl ont la même formule brute $C_7H_{14}O_2$ et possèdent le même groupe caractéristique, mais ils n'ont pas la même formule semi-développé

Formule semi-développée du composé (A)	Formule semi-développée du composé (B)
	

Le composé (A) possède un goût et une odeur de banane, il est utilisé comme composé additif dans l'industrie alimentaire, le composé (B) est utilisé dans l'industrie des parfums.

Données :

Masses molaires moléculaires :

$\mathbf{M(A) = M(B) = 130}$ g.mol^{-1} ; $\mathbf{M(H_2O) = 18,0}$ g.mol^{-1}

Masse volumique de l'eau : $\boldsymbol{\rho(H_2O) = 1,00}$ g.mL^{-1}

Masse volumique du composé A : $\boldsymbol{\rho(A) = 0,87}$ g.mL^{-1}

Constante d'acidité du couple $\mathbf{CH_3COOH/CH_3COO^-}$ à 25°C : $\mathbf{K_A = 1,80.10^{-5}}$

Le Produit ionique de l'eau à 25°C : $\mathbf{Ke = 10^{-14}}$.

I- Groupement fonctionnel

1- Donner le groupe caractéristique commun aux deux composés (A) et (B).

2- Donner la formule semi développée de l'acide et de l'alcool qui donnent par réaction chimique le composé (A).

II- Etude de l'hydrolyse du composé (A)

On dissout **30 mL** de l'éthanoate 3-méthylbutyle dans un volume d'eau pour obtenir un mélange réactionnel de volume **100 mL**.

Elomrani

On répartit **50 mL** de ce mélange dans 10 béchers de telle sorte que chaque bécher contient **5 mL** du mélange réactionnel et on garde **50 mL** de ce mélange dans un ballon.

A l'instant t = 0 on place les dix béchers et le ballon dans un bain marie de température constante $\boldsymbol{\theta}$.

A un instant t , on fait sortir un bécher du bain marie et on le place dans de l'eau glacée ; et on dose la quantité de matière n de l'acide formé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $\mathbf{C}_B$.

On réalise ce dosage en présence d'un indicateur coloré convenable. On répète la même opération pour les autres béchers à des instants différents.

On désigne par V_{BE} le volume de la solution d'hydroxyde de sodium correspondant à l'équivalence.

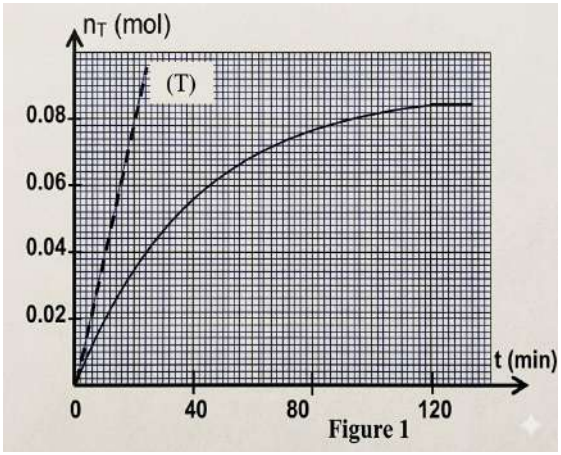


Figure 1

Les résultats de ce dosage permettent d'obtenir la courbe de l'évolution de la quantité de matière $\mathbf{n_T}$ de l'acide formé dans le ballon en fonction du temps $\mathbf{n_T = f(t)}$ **, figure (1)** .

1-Réaction du dosage

1.1- Ecrire l'équation de la réaction du dosage.

1.2- Exprimer la constante d'équilibre **K** associé à l'équation du dosage en fonction de la constante d'acidité $\mathbf{K}_A$ du couple $\mathbf{CH_3COOH/CH_3COO^-}$ et la constante $\mathbf{K}_e$. Calculer la valeur de K.

1.3- On considère que la réaction du dosage est totale.

Exprimer la quantité de matière **n** de l'acide contenu dans le bécher à un instant t en fonction de $\mathbf{C}_B$ et $\mathbf{V}_{BE}$.

En déduire en fonction de $\mathbf{C}_B$ et $\mathbf{V}_{BE}$ la quantité de matière $\mathbf{n_T}$ de l'acide formé dans le ballon au même instant t et à la même température $\boldsymbol{\theta}$.

2- Réaction d'hydrolyse

2.1- Donner les caractéristiques de la réaction d'hydrolyse.

2.2- Calculer les quantités de matière $\mathbf{n_i(A)}$ du composé (A) et $\mathbf{n_i(H_2O)}$ de l'eau contenues dans ***le ballon*** avant le début de la réaction.

2.3- En déduire, à l'équilibre , la valeur du taux d'avancement final $\boldsymbol{\tau}$ de la réaction hydrolyse.

2.4- La droite (T) représente la tangente à la courbe $\mathbf{n_T = f(t)}$ à l'instant t = 0 **, figure (1)**.

Déterminer la valeur de la vitesse volumique de la réaction qui a lieu dans le ballon à t = 0.

2.5- Expliquer comment évolue la vitesse volumique de la réaction au cours du temps.

Quel est le facteur cinétique responsable de cette évolution ?

III Réaction entre (A) et une solution basique

On fait réagir une quantité du composé **(A)** avec une solution d'hydroxyde de potassium ($K^+ + HO^-$)

1- Ecrire l'équation de la réaction qui se produit , préciser son nom et ses caractéristiques.

2- Donner les formules semi-développée et les nom des produits formés.

3- L'un des produits précédents représente le savon formé , préciser sa partie hydrophile et hydrophobe.

Elomrani

Partie 2 Taraiter chez soi synthèse d'un ester

Afin de comparer les actions de l'acide butanoïque et de l'anhydride butanoïque sur le propan-1-ol , on réalise deux synthèses en utilisant le dispositif de la figure (2) :

- 1ère synthèse :

on introduit dans le ballon une quantité de matière $\mathbf{n_i}$ de propan-1-ol et de l'acide butanoïque en excès.

- 2ème synthèse :

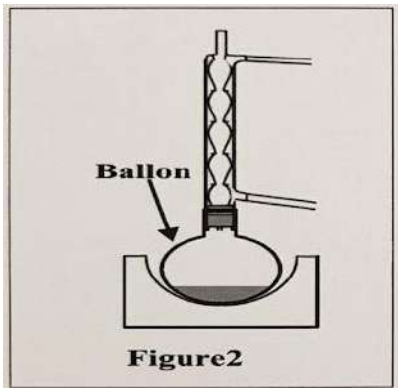
on introduit dans le ballon la même quantité de matière $\mathbf{n_i}$ de propan-1-ol et de l'anhydride butanoïque en excès.

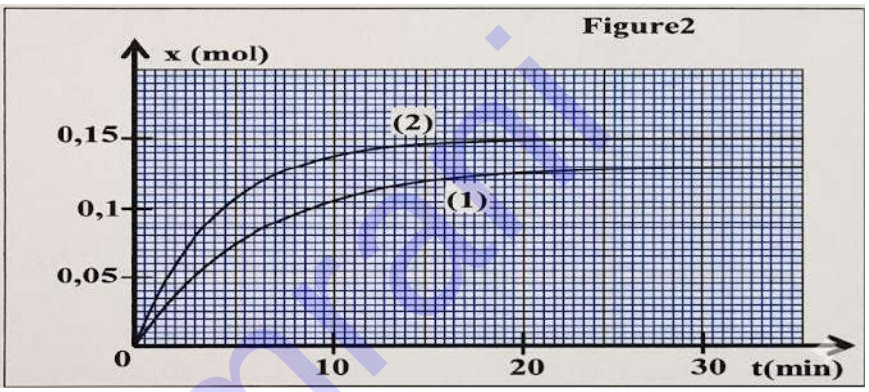
Les courbes (1) et (2) représentent respectivement l'avancement de la 1ère et de la 2ème synthèse en fonction du temps **t** , figure (3)

1- Donner le nom du dispositif utilisé pour cette synthèse , justifier son choix.

2- En utilisant les formules semi-développées , écrire l'équation chimique de la 2ème synthèse.

3- A partir des deux courbes expérimentales (1) et (2), déterminer le rendement de la première synthèse





Physique 1

Partie 1 Détermination du diamètre d'une corde cylindrique

Taraiter chez soi

Elomari

Le montage de la figure **(1)** représenté à coté est constitué d'une corde ***homogène*** **(f)** cylindrique inextensible, de masse négligeable, de longueur $\boldsymbol{l}$, de diamètre de base **D**, de masse **m** et de densité **d = 4**.
On fixe l'une des extrémités de la corde à un support, on fait passer cette corde par la gorge d'une poulie capable de tourner autour d'un axe fixe passant par son centre de gravité et l'autre extrémité supporte un solide de masse **M** variable. Le système est en équilibre.
A partir du point **S**, on produit une onde mécanique progressive qui se propage le long de la corde avec une vitesse **V** constante.
On fait varier **M** et on mesure à l'aide d'un dispositif expérimental la valeur de **V**.
On obtient la courbe de variation de **V** en fonction de $\sqrt{M}$**(figure 2)**.

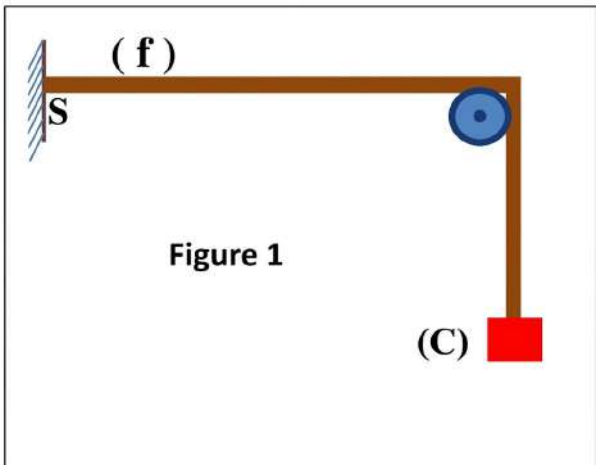
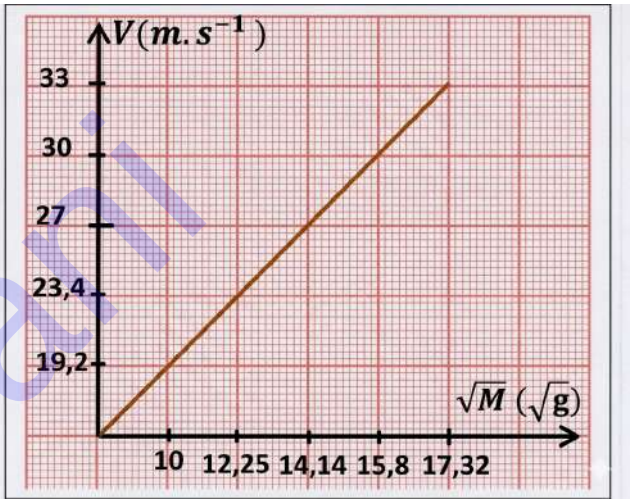


Figure 1



Données
- Intensité de la pesanteur : $\mathbf{g = 10N.Kg^{-1}}$
- La masse volumique de l'eau : $\rho_0 = \mathbf{1g.ml^{-1}}$

1- on admet que la vitesse de l'onde le long de la corde est :
$\mathbf{V = F^a.\mu^b}$ (**F** : la tension de la corde et $\boldsymbol{\mu}$ sa masse linéaire)
Déterminer en justifiant votre réponse les valeurs de **a** et **b**.

2- Montrer que l'expression de la vitesse **V** est : $\mathbf{V = K\sqrt{M}}$
Donner l'expression de la constante **K** en fonction de : **D, d,** $\boldsymbol{\rho_0}$**,** $\boldsymbol{\pi}$ **et g**.

3- Calculer la valeur de **D** en mm.

4- On réalise la même expérience avec deux cordes de même nature ($\mathbf{f_1}$) et ($\mathbf{f_2}$)
Pour ($\mathbf{f_1}$) : le diamètre de base est $\mathbf{D_1}$ et supporte une masse $\mathbf{M_1}$, la vitesse de propagation de l'onde est $\mathbf{V_1}$
Pour ($\mathbf{f_2}$) : le diamètre de base est $\mathbf{D_2}$ et supporte une masse $\mathbf{M_2}$, la vitesse de propagation de l'onde est $\mathbf{V_2}$
Sachant que $\mathbf{M_1 = 2M_2}$ et $\mathbf{D_2 = 3D_1}$, Montrer que $\mathbf{V_1 = 3\sqrt{2}.V_2}$

Elomrani

Partie 2 Ondes lumineuses

On place sur un demi-cylindre en verre une petite cuve contient un liquide. Voir figure 1.
Un rayon lumineux $\mathbf{R_1}$ monochromatique de fréquence $\nu_1 = 4,28.10^{14}\mathbf{Hz}$ arrive sur la face plane qui sépare le verre et le liquide au point **I** avec un angle d'incidence $\mathbf{i} = 30°$ le rayon $\mathbf{R_1}$ se réfracte au point **I** et arrive à un écran **E** au point **M** distant de **O** à $\mathbf{OM} = 21,26\mathbf{cm}$.
L'indice de réfraction du verre par rapport au rayon $\mathbf{R_1}$ est $\mathbf{n_1} = 1,51$, et l'indice de réfraction du liquide par rapport au rayon $\mathbf{R_1}$ est **n**.

1- Calculer $\mathbf{i_1}$ l'angle de réfraction du rayon $\mathbf{R_1}$ au point **I**.

2- Trouver l'indice de réfraction **n** du liquide.

3- Déterminer le plus grand angle d'incidence **i'** qui donne la plus grande distance **OM'**.
M' le point d'arrivée du rayon $\mathbf{R_1}$ sur l'écran. Calculer **OM'**.

4- On enlève la cuve, et on envoie le rayon lumineux $\mathbf{R_1}$ et un autre rayon lumineux $\mathbf{R_2}$ de fréquence $\nu_2 = 6.10^{14}\mathbf{Hz}$ avec le même angle d'incidence $\mathbf{i} = 30°$. Le rayon $\mathbf{R_1}$ arrive sur l'écran au point $\mathbf{M_1}$ et le rayon $\mathbf{R_2}$ arrive sur l'écran au point $\mathbf{M_2}$, tel que $\mathbf{d} = |\mathbf{OM_1} - \mathbf{OM_2}| = 0,5\mathbf{cm}$. Voir figure 2.

4.1. Déterminer l'indice de réfraction $\mathbf{n_2}$ du verre par rapport au rayon $\mathbf{R_2}$.

4.2. Trouver la valeur de la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda_2}$ du rayon $\mathbf{R_2}$ dans le verre du demi-cylindre.
On donne la célérité de la lumière dans le vide : $\mathbf{C} = 3.10^8\mathbf{m.s^{-1}}$

Figure 1

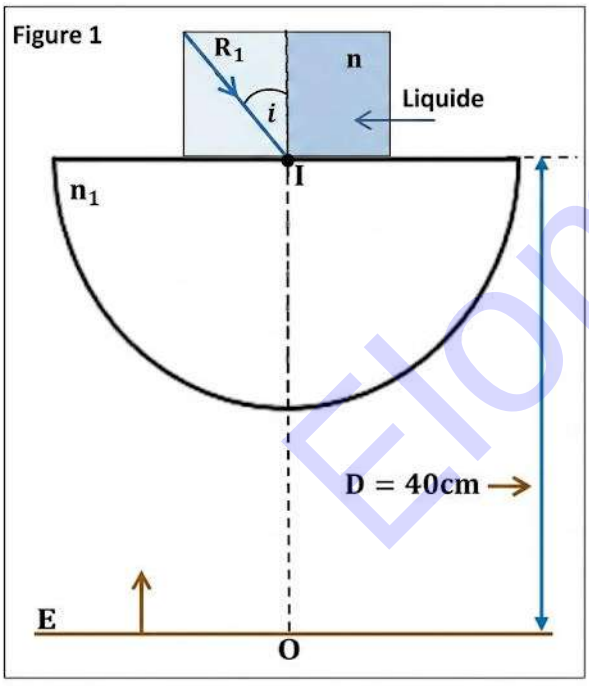
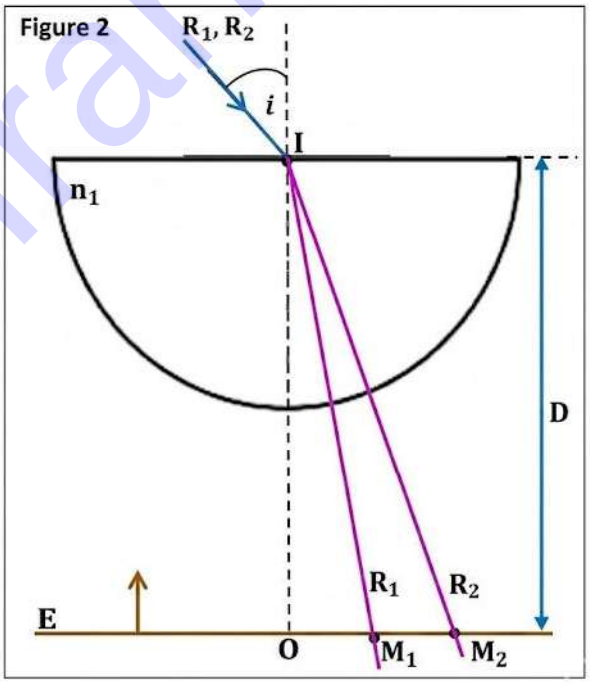


Figure 2



Elomrani

Partie 3 Datation d'une roche volcanique

Le magma terrestre contient de potassium, dont l'une des isotopes, $^{40}_{19}$K, est radioactif. Dans 12% des cas, celui-ci se désintègre en argon gazeux $^{40}_{18}$Ar.
Lors d'une éruption volcanique, les roches en fusion laissent échapper les gaz dans l'atmosphère.
Une fois refroidies, les roches gardent l'argon 40 prisonnier.
La mesure du rapport $\mathbf{N_{Ar}/N_K}$ permet de déterminer l'âge de la roche.

Données
La demi-vie du potassium 40 est $\mathbf{t_{1/2} = 1,3 \times 10^9}$ ans

1. Écrire l'équation nucléaire de désintégration du potassium 40 et préciser son type.

2. écrire la relation qui relie entre $\mathbf{N_0(K)}$, $\mathbf{N(K)_{(t)}}$ et $\mathbf{N(Ar)_{(t)}}$
- $\mathbf{N_0(K)}$: le nombre de noyaux de K à la date t=0
- $\mathbf{N(K)_{(t)}}$: le nombre de noyaux de K restants à une date t
- $\mathbf{N(Ar)_{(t)}}$: le nombre de noyaux de Ar formé à une date t

3. Exprimer le rapport $\mathbf{N_{Ar}/N_K}$ en fonction de $\mathbf{t}$.

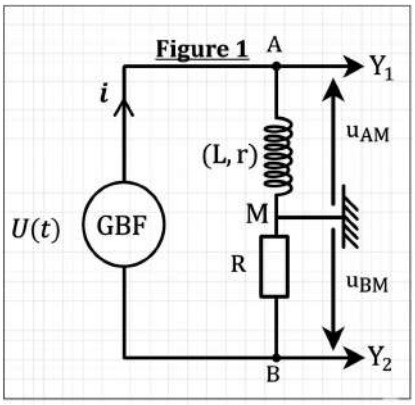
4. Déterminer l'âge de la roche si le rapport précédent est égale à $\mathbf{3,3}$%.

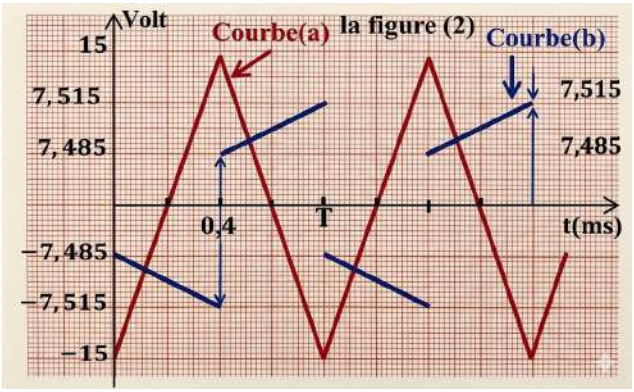
Elomrani

Physique 2 Electricité Circuit RL

Le montage expérimental de la figure (1) représenté à côté comporte :
- Un générateur à basses fréquences (**GBF**) qui délivre une tension électrique triangulaire $\mathbf{U(t)}$, qui donne naissance à un courant électrique triangulaire d'intensité $\boldsymbol{i(t)}$
- Un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R = 5K\Omega}$
- Un bobine d'inductance **L** et de résistance interne **r** et Un interrupteur **K**

On relie la borne **A** du circuit à l'entrée $\mathbf{Y_1}$ d'un oscilloscope bicourbe et la borne **B** à la deuxième entrée $\mathbf{Y_2}$.
On ferme (**K**) , la figure (2) représente l'oscillogramme obtenue sur l'écran de l'oscilloscope.





1- parmi les courbes **(a)** et **(b)**, identifier en justifiant votre réponse, la courbe qui représente les variations de la tension $\mathbf{U_{AM}}$ et celle qui représente l'évolution de $\mathbf{U_{BM}}$.

2- déterminer graphiquement dans l'intervalle de temps $\mathbf{0 \leq t \leq \frac{T}{2}}$ les expressions des tensions $\mathbf{U_{AM}}$ et $\mathbf{U_{BM}}$ en fonction de $\mathbf{t}$.
$\mathbf{T}$ représente la période des tensions $\mathbf{U_{AM}}$ et $\mathbf{U_{BM}}$.

3- déduire les valeurs de **L** et **r**.

4- calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine à la date $\mathbf{t = 0,30}$ ms.

5- on ouvre le circuit , on remplace le (GBF) par un autre générateur idéal de tension de force électromotrice $\mathbf{E}$ et de résistance interne $\mathbf{r_0}$ supposée nulle puis on ferme le circuit à une date t=0

5-1 montrer que l'équation différentielle que vérifie $\mathbf{U_R(t)}$ aux bornes du conducteur ohmique est :

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{U_R} + \frac{\mathbf{R+r}}{\mathbf{L}}\mathbf{U_R} = \frac{\mathbf{R.E}}{\mathbf{L}}$$

5-2 la solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous la forme $\mathbf{U_R(t) = RI_p(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})}$, vérifier que $\tau = \dfrac{\mathbf{L}}{\mathbf{R+r}}$ et $\mathbf{I_p} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{R+r}}$, calculer $\boldsymbol{\tau}$, que représente $\mathbf{I_p}$?

5-3 en utilisant un oscilloscope a mémoire convenablement branché au circuit, on visualise simultanément l'évolution, au cours du temps de la tension $\mathbf{U_R(t)}$ aux bornes du conducteur ohmique et $\mathbf{U_L(t)}$ aux bornes de la bobine. La **figure (3)** représente l'oscillogramme obtenu. (**T**) représente la tangente à la courbe $\mathbf{C_1}$ à la date t=0.

5-3-1 identifier, en justifiant votre réponse, la courbe qui représente $\mathbf{U_R(t)}$ et celle de $\mathbf{U_L(t)}$.

5-3-2 déterminer la valeur de **E**.

5-3-3 déterminer la valeur de la constante de temps, comparer au résultat de la question (5-2), conclure et calculer la valeur du facteur responsable de cette conclusion.

5-3-4 on désigne par $\mathbf{t_1}$ la date où les tensions $\mathbf{U_R(t)}$ et $\mathbf{U_L(t)}$ prennent La même valeur, Déterminer graphiquement et par calcul la valeur de $\mathbf{t_1}$.

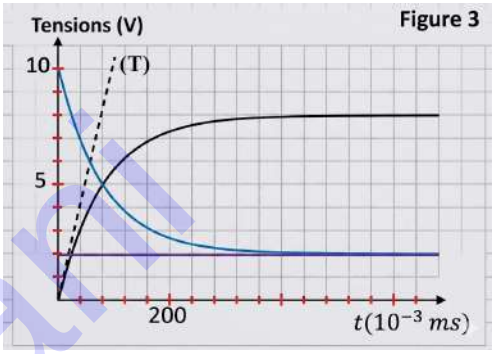


Figure 3

Elomrani

Partie 2 on néglige les frottements

Un pendule élastique horizontal est constitué d'un solide (S) de masse **m** lié à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives de longueur à vide $\mathbf{l_0}$, de masse négligeable de raideur **K** .

L'autre extrémité du ressort est liée à un support fixe , **figure (1)**.

A l'équilibre , le centre d'inertie G du solide (S) coïncide avec l'origine **O** du repère d'espace $(\mathbf{O}, \vec{i})$ lié à la Terre et le ressort n'est pas déformé.

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre dans le sens positif jusqu'à ce que son centre d'inertie G coïncide avec un point A situé à une distance d du point O.

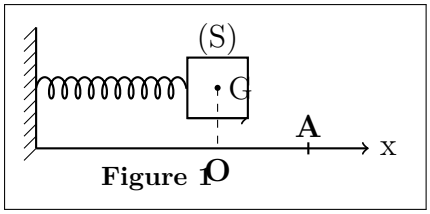


Figure 1

<u>On considère les deux cas suivants :</u>

- **<u>1</u>**er **<u>cas</u>** : On abandonne à $\mathbf{t = 0}$ le corps (S) au point A sans vitesse initiale.
- **<u>2</u>**ème **<u>cas</u>** : On lance à $\mathbf{t = 0}$, le corps (S) à partir du point A dans le sens négatif avec une vitesse initiale $\vec{\mathbf{V}}_A$.

Dans les deux cas le solide (S) effectue un mouvement oscillatoire autour de sa position d'équilibre O .

1- Etablir l'équation différentielle que vérifie l'abscisse $\boldsymbol{x}$ du centre d'inertie G du solide.

2- Trouver l'expression littérale de la période propre $\mathbf{T_0}$ de l'oscillateur pour que l'équation $\mathbf{x = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi\right)}$ soit solution de l'équation différentielle.

3- On obtient à l'aide d'un dispositif approprié la courbe d'évolution des abscisses $\mathbf{x_1}$ et $\mathbf{x_2}$ du centre d'inertie G du corps (S) successivement dans le 1er et le 2ème cas comme l'indique **la figure (2)** . Préciser , en justifiant la réponse , la courbe correspondante au mouvement de l'oscillateur dans le 1er cas.

4- On considère l'oscillateur dans le 2ème cas et on désigne l'amplitude de son mouvement par $\mathbf{x_{m2}}$ et la phase à l'origine des dates par $\boldsymbol{\varphi_2}$

4.1- Déterminer à partir du graphe, figure (2) la valeur de la distance **d** et la valeur de l'amplitude $\mathbf{x_{m2}}$.

4.2- En appliquant la conservation de l'énergie mécanique , montrer que l'amplitude $\mathbf{x_{m2}}$ peut s'écrire sous la forme : $\mathbf{x_{m2} = \sqrt{\frac{m.V_A^2}{K} + d^2}}$

4.3- Trouver l'expression de $\mathbf{\tan\varphi_2}$ en fonction de **d** et $\mathbf{x_{m2}}$.

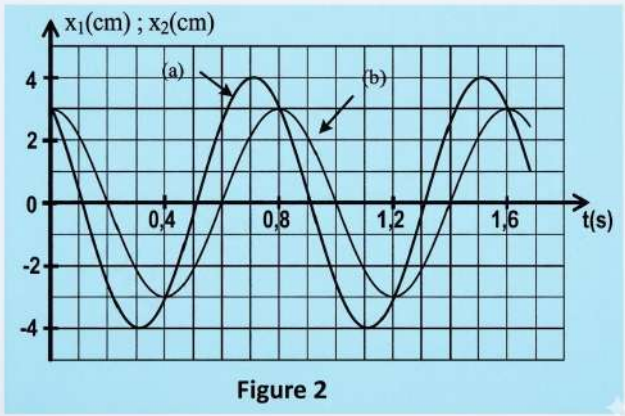
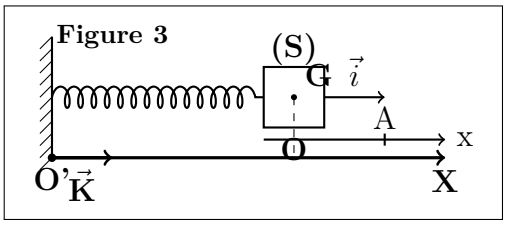


Figure 2

Elomrani

5- on étudie maintenant le mouvement oscillatoire de G dans le repère $\mathbf{R}(\mathbf{O'}, \tilde{\mathbf{K}})$ (Voir Figure 3)
On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre dans le sens Positif puis on l'abandonne à $\mathbf{t = 0}$ sans vitesse initiale.



5-1 en appliquant la deuxième loi de Newton Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse $\mathbf{X(t)}$ s'écrit sous la forme $\ddot{\mathbf{X}}(\mathbf{t}) + \alpha \mathbf{X}(\mathbf{t}) = \beta$;
$\boldsymbol{\alpha}$ **et** $\boldsymbol{\beta}$ deux constantes qui dépendent des paramètres de montage.

5-2 en se basant sur la relation entre $\mathbf{X(t)}$ et $\boldsymbol{x(t)}$ déterminer la solution générale de cette équation différentielle.

5-3 Représenter graphiquement sans échelle la courbe de variation $\mathbf{X(t)}$ (on donne $l_0 > x_{\max}$)

Elomrani

CHIMIE

Bac Blanc 4 (SM) Rép : Estérification, Hydrolyse, Saponification et Synthèse

Partie 1 : I/ Groupement fonctionnel

1°/ groupe ester : $-COO-$

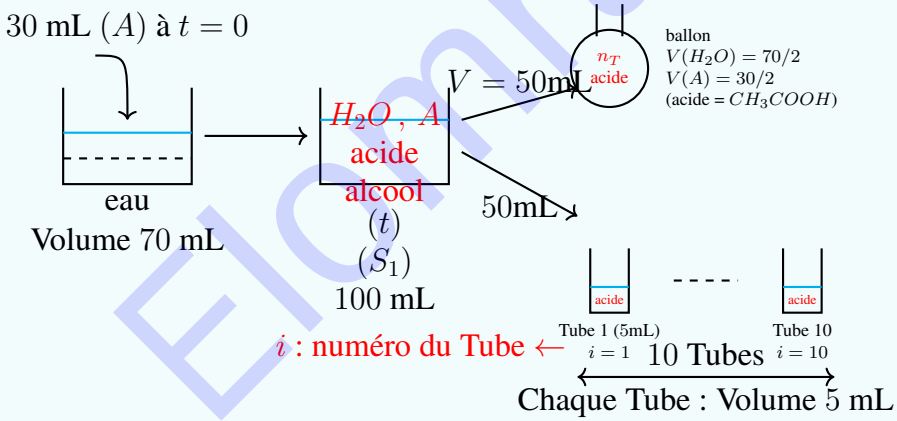
2°/ Composé (A) : $CH_3-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$ (ester)

L'ester obtenu par la réaction entre l'acide carboxylique et l'alcool :

$$R-C(=O)-OH \quad + \quad R'-OH \quad \rightleftharpoons \quad R-C(=O)-O-R' \quad + \quad H_2O$$

$$\underbrace{CH_3-C(=O)-OH}_{\text{L'acide}} \quad + \quad \underbrace{CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2OH}_{\text{Alcool}} \quad \rightleftharpoons \quad CH_3-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3+H_2O$$

II/ Suivi cinétique par dosage :



(A) éthanoate de 3-méthylbutyl (ester) dissocié dans l'eau selon la réaction d'hydrolyse aqueuse :

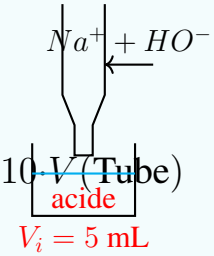
$$\underset{\text{ester}}{CH_3-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3} \quad + \quad H_2O \quad \rightleftharpoons \quad \underset{\text{acide}}{CH_3-C(=O)-OH} \quad + \quad \underset{\text{alcool}}{CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2OH}$$

À une date $t > 0$: le mélange contient : l'ester (restant), H_2O, L'acide (formé) et l'alcool. **But : dosage de l'acide formé** dans 1 Tube (Volume 5 mL).

Elmrani

* $n(CH_3COOH)$ (dans 1 Tube) $\Longrightarrow$ n_i (i : numéro de Tube : $1 \rightarrow 10$) * $V_i = 5$ mL (Volume) * $n(CH_3COOH)$ (dans le ballon) : n_T

$$\left(\begin{array}{l} 1 \text{ tube : Volume } V_i = 5 \text{ mL} \\ \text{ballon : Volume } V = 50 \text{ mL} \end{array}\right) \Longrightarrow \text{donc } V(\text{ballon}) = 10\, V(\text{Tube})$$



$$n_T = 10 \cdot n_i$$

1°/ et 2°/ Exploitation du dosage et de l'hydrolyse

1°/ 1-1 Réaction du dosage :

$$CH_3COOH \quad + \quad HO^- \quad \longrightarrow \quad CH_3COO^- \quad + \quad H_2O$$

1-2 Constante d'équilibre K :

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{\text{éq}}}{[CH_3COOH]_{\text{éq}} \cdot [HO^-]_{\text{éq}}} \times \frac{[H_3O^+]_{\text{éq}}}{[H_3O^+]_{\text{éq}}} = \frac{K_A}{K_e}$$

$$K = \frac{K_A}{K_e} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{10^{-14}} \Longrightarrow K = 1,8 \cdot 10^9$$

1-3 Relation d'équivalence : * donnée : $n(CH_3COOH)$ dans 1 Tube (bécher) $= n$ (au lieu de n_i)

$$n(CH_3COOH)_{\text{doser}} = n(HO^-)_{\text{verser}} \Longrightarrow n = C_B \cdot V_{BE}$$

* $n_T = 10 \cdot n \Longrightarrow n_T = 10 \cdot C_B \cdot V_{BE}$

2°/ Réaction d'hydrolyse de l'ester (A) (hydrolyse aqueuse)

$$(A) \quad + \quad H_2O \quad \rightleftharpoons \quad CH_3{-}C(=O){-}OH \quad + \quad CH_3{-}CH(CH_3){-}CH_2{-}CH_2OH$$

2-1 * Réaction lente, limitée, athermique.
2-2 * Calcul des quantités initiales (dans le ballon) :

$$n_i(A) = \frac{m_i(A)}{M(A)} = \frac{\rho(A) \cdot V(A)_{\text{ballon}}}{M(A)} = \frac{0,87 \text{ g/mL} \times \left(\frac{30}{2}\right)}{130 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,1 \text{ mol}$$

attention !! le Volume de A initial est 30 mL dissoute dans 100 mL, Le ballon contient 50 mL donc le Volume $V(A)$ dissoute dans 50 mL (ballon) $= \frac{30\ mL}{2}$.

Elomrani

$$n_i(H_2O) = \frac{m_i(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{\rho(H_2O) \cdot V(H_2O)_{\text{dans le ballon}}}{M(H_2O)} = \frac{1 \times \left(\frac{70}{2}\right)}{18} = 1,94 \text{ mol}$$

données : $V(A)$ dissout 30 mL et $V(solution)(S_1) = 100$ mL donc $V(H_2O) = 70$ mL $\Longrightarrow$ $V(H_2O)(ballon) = \frac{70}{2}$.

$n_i(A) = 0,1$ **mol et** $n_i(H_2O) = 1,94$ **mol (dans le ballon)**

2-3 Tableau d'avancement :

A	$+ \quad H_2O$	$\rightleftharpoons$	alcool	$+ \quad CH_3COOH$
$0,1$	$1,94$		0	0
$0,1 - x_f$	$1,94 - x_f$		x_f	x_f

* $x_{\max} = 0,1$ mol * $n(CH_3COOH)_f = n_T(f) = 0,084$ mol $= x_f$ (à partir du graphe/tableau).

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} \Longrightarrow \tau = 84\%$$

2-4 Vitesse volumique de réaction :

$$V = \frac{1}{V(S)} \frac{dx}{dt} \quad (V(S) : \text{Volume de la solution du ballon } = 50 \text{ mL})$$

Puisque $n_T = n(CH_3COOH) = x$:

$$V = \frac{1}{V(S)} \left(\frac{d(n_T)}{dt}\right) \quad \text{(Coefficient directeur de la Tangente)}$$

$$V(t=0) = \frac{1}{50 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{0,08 - 0}{20 - 0}\right) \Longrightarrow V(t=0) = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

2-5 : V diminue au cours du temps t (diminution de la concentration des réactifs).

III/ Réaction entre l'ester (A) et une solution $(K^+ + HO^-)$ & Partie 2

1) Hydrolyse basique d'un ester (Totale) (Saponification d'un mono ester).

2) Équation de la réaction :

$$CH_3{-}C(=O){-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}CH_3 \quad + \quad (K^+ + HO^-) \quad \longrightarrow$$
$$(CH_3{-}COO^- + K^+) \quad + \quad CH_3{-}CH(CH_3){-}CH_2{-}CH_2OH$$

Noms des produits : * $(CH_3COO^- + K^+)$: éthanoate de potassium * $CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - CH_2OH$: 3-méthylbutan-1-ol

Elomrani

3) Savon :

$$\underbrace{CH_3}_{\text{queue (déteste l'eau) (hydrophobe)}} - \underbrace{COO^-}_{\text{tête (aime l'eau) (hydrophile)}}$$

Partie 2 : Synthèse

1°/ * **Nom :** Montage à Reflux ( ). * **But :** Éviter la perte de matière.
2°/ Formules semi-développées : * propan-1-ol : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$ * acide butanoïque : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$
Synthèse 1 :

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH \quad + \quad CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH \quad \rightleftharpoons \quad CH_3 - CH_2 - CH_2 - COO - CH_2 - CH_2 - CH_3 \quad + \quad H_2O$$

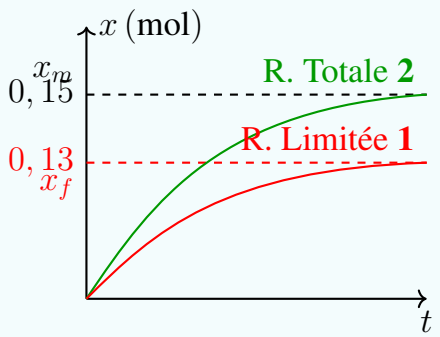
Synthèse 2 : avec l'anhydride butanoïque

Anhydride : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - C(=O) - O - C(=O) - CH_2 - CH_2 - CH_3$

Réaction :

$$\underbrace{\text{Anhydride}}_{\text{Excès (données)}} \quad + \quad \underbrace{CH_3 - CH_2 - CH_2OH}_{\text{alcool}} \quad \longrightarrow \quad CH_3 - CH_2 - CH_2 - COO - CH_2 - CH_2 - CH_3 \quad + \quad CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$$

3°/ 1ère synthèse (Comparaison) * **Réaction ② (Totale) :** données : anhydride en excès $\Longrightarrow$ alcool : R limitant. $n_i(\text{alcool}) = x_m = 0,15$ mol (d'après le graphe).
* **Réaction ① (limitée) :** on a utilisé même $n_i(\text{alcool})$. graphe $\Longrightarrow$ $x_f = 0,13$ mol.



$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{0,13}{0,15} \Longrightarrow \tau \simeq 87\%$$

PHYSIQUE : 1

Partie 1 : Étude d'une corde vibrante

Elmrani

Partie 1 : Propagation d'une onde sur une corde

1°) Analyse dimensionnelle :

$$V = F^a \cdot \mu^b \implies [V] = [F]^a \times [\mu]^b = [MLT^{-2}]^a \cdot [ML^{-1}]^b$$

donc $[V] = M^a \cdot L^a \cdot T^{-2a} \cdot M^b \cdot L^{-b} \implies [V] = M^{a+b}L^{a-b}T^{-2a}$ ①

On sait que $V = \frac{d}{\Delta t} \implies [V] = \frac{[d]}{[\Delta t]} = \frac{L}{T} = LT^{-1} \implies [V] = L^1 \cdot T^{-1}$ ②

D'après ① et ② :

$$M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-1} = M^{a+b} \cdot L^{a-b} \cdot T^{-2a}$$

Par analogie :

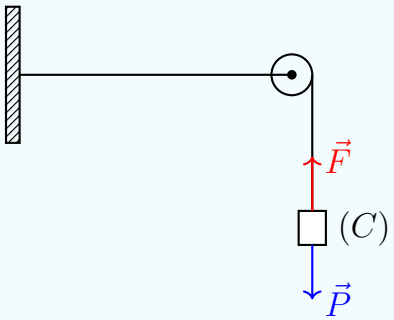
$$\begin{cases} \text{pour } M : & 0 = a + b \quad \text{(a)} \\ \text{pour } L : & 1 = a - b \quad \text{(b)} \\ \text{pour } T : & -1 = -2a \quad \text{(c)} \end{cases}$$

De (c) $\implies a = \frac{1}{2}$. De (b) $\implies b = a - 1 = \frac{1}{2} - 1 \implies b = -\frac{1}{2}$. De (a) $\implies a = -b$ (Vérifié !).

$$a = \tfrac{1}{2} \quad \textbf{et} \quad b = -\tfrac{1}{2}$$

2°) $V = K\sqrt{M}$ On a : $V = F^a \cdot \mu^b = F^{1/2} \cdot \mu^{-1/2} = \frac{F^{1/2}}{\mu^{1/2}} = \left(\frac{F}{\mu}\right)^{1/2} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

* Expression de F : Le corps (C) en équilibre sous 2 forces. Donc : $F = P = M \cdot g$



* Expression de μ :

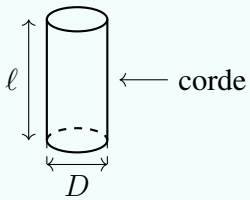
$$\mu = \frac{m}{\ell} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{masse de la corde} \\ \leftarrow \text{longueur de corde} \end{matrix}$$

La corde est un cylindre.

données : d : densité de la corde.

$$d = \frac{\rho(\text{corde})}{\rho_{\text{eau}}} \quad \text{(formule pour les liquides et solides)}$$

Donc : $\rho(\text{corde}) = d \cdot \rho_0 \implies \frac{m}{V} = d \cdot \rho_0 \implies m = V \cdot d \cdot \rho_0$. Volume de la corde (cylindre) :



$$V = S \times h = (\pi r^2) \times \ell = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \ell = \frac{\pi D^2 \cdot \ell}{4}$$

Donc : $m = \frac{\pi D^2 \cdot \ell}{4} \cdot d \cdot \rho_0$.

Elomrani

$$\mu = \frac{m}{\ell} = \frac{\frac{\pi D^2 \cdot \ell}{4} \cdot d \cdot \rho_0}{\ell} = \frac{\pi D^2 \cdot d \cdot \rho_0}{4}$$

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{M \cdot g \cdot 4}{\pi D^2 \cdot d \cdot \rho_0}} = \frac{2}{D}\sqrt{\frac{g}{\pi d \cdot \rho_0}} \cdot \sqrt{M}$$

$$V = K\sqrt{M} \quad / \quad K = \frac{2}{D}\sqrt{\frac{g}{\pi \cdot d \cdot \rho_0}}$$

3°) calcul de D : Équation de la courbe : $V = a\sqrt{M}$

$$a = \frac{19,2 - 0}{10 \underbrace{(\sqrt{g})}_{\text{grammes}} - 0} = \frac{19,2}{10\sqrt{10^{-3}\ \text{kg}}} = \frac{19,2}{0,316\sqrt{\text{kg}}} = 60,76\ (\sqrt{\text{kg}})^{-1}$$

$$V = 60,76 \cdot \sqrt{M} \quad ① \quad \text{et question 2 : } V = K\sqrt{M} \quad ②$$

Par analogie : $K = 60,76 \implies \frac{2}{D}\sqrt{\frac{g}{\pi \cdot d \cdot \rho_0}} = 60,76.$

$$\frac{2}{D}\sqrt{\frac{10}{3,14 \times 4 \times \underbrace{(1\text{g/mL})}_{\to 10^3 \text{kg/m}^3}}} = 60,76 \quad \left(1\ \text{g/mL} = \frac{10^{-3}\ \text{Kg}}{10^{-6}\ \text{m}^3} = 10^3\ \text{Kg/m}^3\right)$$

$$\frac{2}{D}(0,028) = 60,76 \implies D = \frac{2 \times 0,028}{60,76} = 9,22{\cdot}10^{-4}\ \text{m} \implies D = 0,922\ \textbf{mm}$$

4°) fils de même nature $\implies$ même matière donc même densité d. fil 1 : diamètre D_1, supporte 1 masse M_1, Vitesse de l'onde V_1. fil 2 : diamètre D_2, supporte 1 masse M_2, Vitesse de l'onde V_2. On a : $M_1 = 2M_2$ et $D_2 = 3D_1$.
On a la question ① : $V = \frac{2}{D}\sqrt{\frac{g}{d \cdot \rho_0 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{M}$.

$$\text{fil 1} \implies V_1 = \frac{2}{D_1}\sqrt{\frac{g}{d \cdot \rho_0 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{M_1} \quad ①$$

$$\text{fil 2} \implies V_2 = \frac{2}{D_2}\sqrt{\frac{g}{d \cdot \rho_0 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{M_2} \quad ②$$

$$\frac{②}{①} \implies \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{2}{D_2}\sqrt{\frac{g}{d \cdot \rho_0 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{M_2}}{\frac{2}{D_1}\sqrt{\frac{g}{d \cdot \rho_0 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{M_1}} = \frac{\frac{\sqrt{M_2}}{D_2}}{\frac{\sqrt{M_1}}{D_1}} = \frac{\sqrt{M_2} \times D_1}{D_2 \times \sqrt{M_1}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\sqrt{M_2} \cdot D_1}{3D_1 \cdot \sqrt{2M_2}} = \frac{1 \cdot \sqrt{M_2}}{3 \cdot \sqrt{M_2} \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{3\sqrt{2}}$$

Donc : $V_1 = 3\sqrt{2} \cdot V_2$

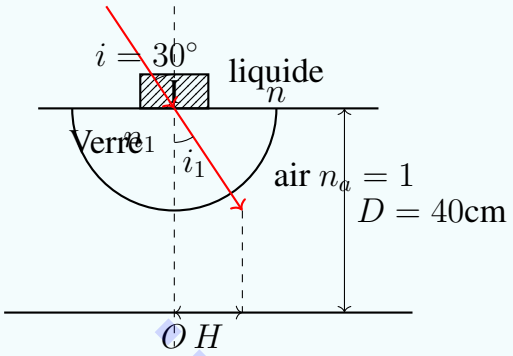
Elomrani

Partie 2 : Optique (Réfraction)

1°) Angle d'incidence i_1 :

$$\tan(i_1) = \frac{OH}{OI \leftarrow D}$$

$$\tan(i_1) = \frac{21,26}{40} = 0,5315 \implies i_1 \simeq 28°$$



2°) Indice de réfraction n :

$$n\sin(i) = n_1\sin(i_1) \implies n \simeq 1,42$$

3°) Plus grande valeur de OH (OH') $\longrightarrow i_1 \nearrow$ (Valeur max) (faire l'expérience $\implies i_{\max} = i' = 90°$) calcul de OH' : il faut calculer i'_1.

$$n\sin(i') = n_1\sin(i'_1) \implies \sin(i'_1) = 0,94 \implies i'_1 \simeq 70°$$

$$\tan(i'_1) = \frac{OH'}{D} \implies OH' = D\cdot\tan(i'_1) \implies OH' \simeq 1,1 \textbf{ m}$$

4°) $d = |OH_2 - OH_1| = 0,5$ **cm** $\quad (OH_1 < OH_2)$

$$OH_2 = OH_1 + 0,5 \text{ cm}$$

4-1 Calcul de n_2 :

$$(R_2) \quad \sin(i) = n_2\sin(i'_2) \quad (i'_2 = ?)$$

$$(R_1) \quad \sin(i) = n_1\sin(i'_1) \implies i'_1 = 19,48°$$

$$\tan(i'_1) = \frac{OH_1}{D} \implies OH_1 \simeq 0,14 \text{ m} = 14 \text{ cm}$$

$$OH_2 = OH_1 + 0,5\text{cm} = 14,5 \text{ cm} = 0,145 \text{ m}$$

$$\tan(i'_2) = \frac{OH_2}{D} \implies i'_2 \simeq 19,93°$$

$$\text{et } \sin(i) = n_2\sin(i'_2) \implies n_2 \simeq 1,47$$

4-2 : $\lambda_2 = \frac{c}{\nu\cdot n_2} \simeq 5\cdot 10^{-7}$ **m**

Elomrani

Partie 3 : Nucléaire (Datation)

1°) Équation de désintégration :

$$^{40}_{19}K \longrightarrow ^{40}_{18}Ar + ^{0}_{1}e \quad \text{(réaction } \beta^+\text{)}$$

2°) Loi de conservation du nombre de noyaux :

$$N_0(K) = \underbrace{N(K)}_{\text{reste}} + \underbrace{N'(K)}_{\text{désintégrés}} \qquad (N'(K)_{\text{désintégré}} = N(Ar)_{\text{formé}})$$

$$N_0(K) = N(K)(t) + N(Ar)(t)$$

3°) Relation entre N(K) et N(Ar) : On a : $N_0(K) = N(K) + N(Ar)$ / $N(K) = N_0(K)e^{-\lambda t} \Longrightarrow N_0(K) = N(K)e^{\lambda t}$.

$$N(K)e^{\lambda t} = N(K) + N(Ar)$$

$$\Longrightarrow N(K)(e^{\lambda t} - 1) = N(Ar) \Longrightarrow \frac{N(Ar)}{N(K)} = e^{\lambda t} - 1$$

4°) Calcul de l'âge de la roche :

$$\frac{N(Ar)}{N(K)} + 1 = e^{\lambda t} \Longrightarrow \ln\left(\frac{N(Ar)}{N(K)} + 1\right) = \lambda t$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N(Ar)}{N(K)} + 1\right)}{\lambda} = \frac{\ln\left(\frac{3,3}{100} + 1\right)}{\frac{\ln 2}{t_{1/2}}} \qquad \left(t_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9 \text{ ans}\right)$$

$$t = \frac{0,03246 \times 1,3 \cdot 10^9}{0,69} \Longrightarrow t \simeq 1,4 \cdot 10^8 \textbf{ ans}$$

Elomrani

PHYSIQUE : 2

Partie 1 : Réponse d'un dipôle RL (Tension triangulaire et Échelon de tension)

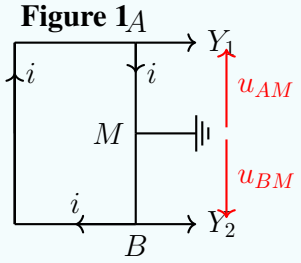
Partie 1 : Réponse à une tension triangulaire

1°) données : GBF donne $i(t)$ triangulaire.

$$u_{BM} = -R \cdot i \quad \text{(Convention générateur)}$$

puisque i : triangulaire et R = cte donc U_{BM} **est Triangulaire (courbe a)**. alors $U_{AM} \longrightarrow \ldots$

Figure 1



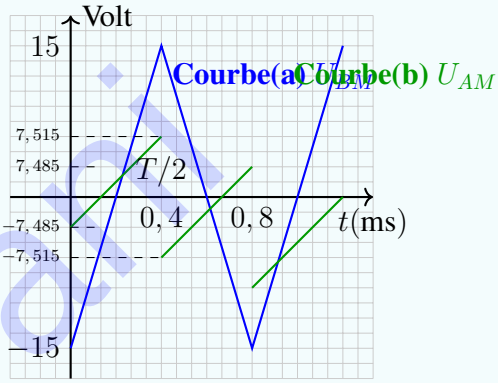
2°) $0 \leq t \leq T/2$

*** Expressions de** U_{BM}

$$y = ax + b \quad (b = -15 \text{ V})$$

$$a = \frac{-15 - (15)}{0 - (0,4 \cdot 10^{-3})} = 7,5 \cdot 10^4$$

donc : $U_{BM} = 7,5 \cdot 10^4 t - 15$



*** Expressions de** U_{AM}

$$y = a'x + b' \quad (b' = -7,485 \text{ V})$$

$$a' = \frac{(-7,485) - (-7,515)}{0 - (0,4 \cdot 10^{-3})} = -75$$

$U_{AM} = -75t - 7,485$

3°) calcul de L et r : On a : $U_{BM} = -Ri \implies i = \frac{-U_{BM}}{R}$ et $U_{AM} = L\frac{di}{dt} + ri$.

$$U_{AM} = L\frac{d}{dt}\left(\frac{-U_{BM}}{R}\right) + r\left(\frac{-U_{BM}}{R}\right) \implies U_{AM} = -\frac{L}{R}\frac{dU_{BM}}{dt} - \frac{r}{R}U_{BM}$$

On remplace par les expressions (avec $R = 5 \cdot 10^3\ \Omega$) :

$$-75t - 7,485 = -\frac{L}{R}(7,5 \cdot 10^4) - \frac{r}{R}(7,5 \cdot 10^4 t - 15)$$

$$-75t - 7,485 = \frac{-L \cdot 7,5 \cdot 10^4}{5 \cdot 10^3} - \left(\frac{r \cdot 7,5 \cdot 10^4 t}{R} - \frac{r \cdot 15}{R}\right)$$

$$-75t - 7,485 = -15L - \frac{r \cdot 7,5 \cdot 10^4 t}{5 \cdot 10^3} + \frac{r \cdot 15}{5 \cdot 10^3}$$

$$-75t - 7,485 = -15L - 15rt + 3 \cdot 10^{-3} r$$

$$-75t - 7,485 = -15r \cdot t + (3 \cdot 10^{-3} r - 15L)$$

Elomrani

Par analogie :

$75 = 15r \implies r = 5\,\Omega$ *(Correction : $75 = 15r \implies r = 5$ ou $7,5 = 15r \implies r = 0,$

$-7,485 = 3{\cdot}10^{-3}r - 15L \implies -7,485 = 3{\cdot}10^{-3}(0,5) - 15L \implies -7,485 = 1,5{\cdot}10^{-3} - 1$

$\implies -7,4865 = -15L \implies L \simeq 0,5\,\mathbf{H}$

4°) $E_m = \frac{1}{2}Li^2 = ?$ **($t = 0,3$ ms)** Calcul de i : On a : $U_{BM} = -Ri \implies i = \frac{-U_{BM}}{R}$. D'après le graphe de U_{BM} à $t = 0,3$ ms $\longrightarrow U_{BM} \simeq 11,2$ V.

$$\text{donc } i = \frac{-11,2}{5 \cdot 10^3} = -2,24 \cdot 10^{-3}\ \text{A}$$

$$E_m = \frac{1}{2}Li^2 = 0,5 \times 0,5 \times (-2,24 \cdot 10^{-3})^2 \implies E_m \simeq 1,25 \cdot 10^{-6}\,\mathbf{J}$$

5°) Réponse à un échelon de tension

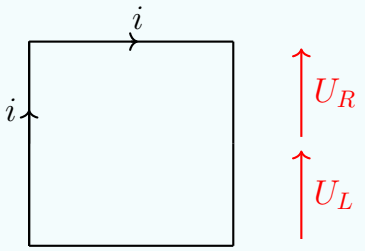
Rq : données r_0 supposée Nulle.

5-1 Équation différentielle :

$$U_R(t) + U_L(t) = E$$

$$U_R(t) + \left(r \cdot i(t) + L\frac{d}{dt}i(t)\right) = E$$

On a : $U_R(t) = R \cdot i(t) \implies i(t) = \frac{U_R(t)}{R}$.



donc $U_R(t) + r\left(\frac{U_R(t)}{R}\right) + L\frac{d}{dt}\left(\frac{U_R(t)}{R}\right) = E$

$$U_R(t)\left(1 + \frac{r}{R}\right) + \frac{L}{R}\frac{d}{dt}U_R(t) = E$$

En multipliant par $\frac{R}{L}$:

$$\frac{d}{dt}U_R(t) + \left(\frac{R+r}{L}\right)U_R(t) = \frac{R \cdot E}{L}$$

5-2 Vérification de la solution : $U_R(t) = R \cdot I_P\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

$$\frac{d}{dt}U_R(t) = R \cdot I_P\left(0 - \left(-\frac{1}{\tau}e^{-t/\tau}\right)\right) = \frac{R \cdot I_P}{\tau}e^{-t/\tau}$$

Elomrani

On remplace dans l'équation différentielle :

$$\frac{R\cdot I_P}{\tau}e^{-t/\tau}+\left(\frac{R+r}{L}\right)R\cdot I_P\left(1-e^{-t/\tau}\right)=\frac{R\cdot E}{L}$$

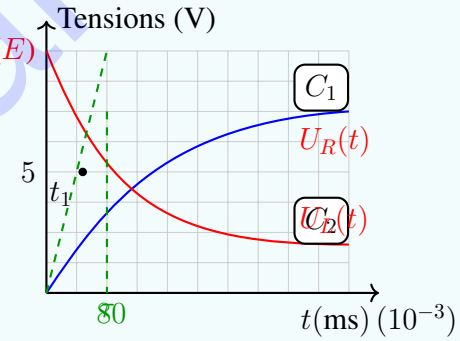
$$\frac{R\cdot I_P}{\tau}e^{-t/\tau}+\frac{(R+r)R\cdot I_P}{L}-\frac{(R+r)R\cdot I_P}{L}e^{-t/\tau}=\frac{R\cdot E}{L}$$

$$e^{-t/\tau}\cdot R\cdot I_P\underbrace{\left(\frac{1}{\tau}-\frac{R+r}{L}\right)}_{=0}+\frac{(R+r)R\cdot I_P}{L}=\frac{R\cdot E}{L}$$

$$\frac{1}{\tau}-\frac{R+r}{L}=0\implies\tau=\frac{L}{R+r}=\frac{0,5}{5\cdot10^3+0,5}\implies\tau\simeq10^{-4}\ \textbf{(s)}$$

$$\frac{(R+r)\cdot R\cdot I_P}{L}=\frac{R\cdot E}{L}\implies I_P=\frac{E}{R+r}$$ (Intensité de $i(t)$ en Régime permanent)

5-3 Courbes : 5-3-1 : $U_R(t)=R\cdot i(t)$. À $t=0$, la bobine s'oppose à l'établissement du courant : $i=0$. Donc $t=0\implies i=0\implies U_R=0$. (La courbe de $U_R(t)$ passe par l'origine $\implies C_1$). $\implies$ $U_L(t)$ **est la Courbe** C_2.



5-3-2 La valeur de E : On a : $U_L(t)+U_R(t)=E\implies U_L(t=0)+U_R(t=0)=E$. D'après la courbe de $U_R(t)$ à $t=0\implies U_R(0)=0$. Donc $U_L(t=0)=E\implies E=10$ **V**.

5-3-3 L'écart de τ : Graphe (Tangente) : $\tau_{\text{exp}}=80\cdot10^{-3}$ ms $=8\cdot10^{-5}$ s.
Question 5-2 : $\tau_{\text{théorique}}=\frac{L}{R+r}=10^{-4}$ s (ici r_0 du générateur supposée Nulle).

$$\tau(\text{expérience})<\tau_{\text{théorique}}$$

Donc la supposition est fausse. C'est à dire : r_0 du générateur $\neq0$. **Le facteur responsable est : r_0.**
Calcul de r_0 :

$$\tau_{\text{exp}}=\frac{L}{R+r+r_0}\implies r_0=\frac{L}{\tau_{\text{exp}}}-(R+r)$$

$$r_0=\frac{0,5}{8\cdot10^{-5}}-(5\cdot10^3+0,5)\implies r_0\simeq1249,5\,\Omega$$

Elomrani

5-3-4 Point d'intersection des courbes t_1 : * Graphe : point d'intersection des courbes $t_1 = \tau = 8 \cdot 10^{-5}$ s *(d'après l'allure du graphe et les calculs ci-dessous).* * Calcul : $U_L + U_R = E$. À $t = t_1 \implies U_R = U_L \implies 2U_R = E$. On a $U_R = R \cdot I_P \left(1 - e^{-t_1/\tau}\right)$ donc $2\left(R \cdot I_P(1 - e^{-t_1/\tau})\right) = E$.

$$1 - e^{-t_1/\tau} = \frac{E}{2R \cdot I_P} \implies e^{-t_1/\tau} = 1 - \frac{E}{2R \cdot I_P}$$

Avec $I_P = \frac{E}{R+r+r_0} = \frac{10}{5000+0{,}5+1249{,}5} \implies I_P \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-3}$ A.

$$e^{-t_1/\tau} = 1 - \frac{10}{2 \cdot 5000 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3}} = 1 - \frac{10}{16} = 0{,}375$$

$$-\frac{t_1}{\tau} = \ln(0{,}375) = -0{,}98 \implies t_1 = 0{,}98 \cdot \tau$$

$$t_1 = 0{,}98 \times (8 \cdot 10^{-5}) \implies t_1 = 7{,}84 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

PHYSIQUE : 3

Oscillateur mécanique : Système masse-ressort horizontal

Étude de l'oscillateur horizontal

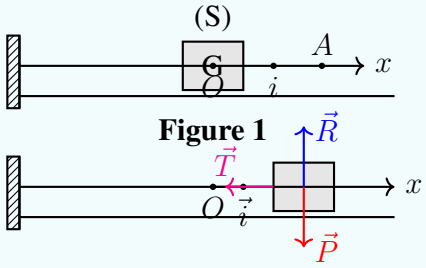
1°) Équation différentielle

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P}+\vec{R}+\vec{T} = m\vec{a}_G$$

Projection sur $\vec{Ox}$:

$$-T = m\ddot{x} \implies -kx = m\ddot{x}$$

$$\frac{d^2}{dt^2}x(t) + \frac{k}{m}x(t) = 0$$



2°) Période propre T_0 On dérive $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ et on remplace dans l'équation différentielle

$$\implies T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

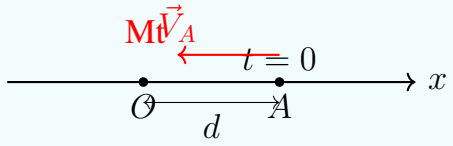
3°) Comparaison des amplitudes : * 1er cas : $t = 0$, (S) lâché sans Vitesse $V_0 = 0$ ⟶ courbe b * 2ème cas : $t = 0$, (S) lâché avec Vitesse $V_0 \neq 0$ ⟶

Elomrani

courbe a Donc : $x_{\max}(2^{\text{ème}}\text{ cas}) > x_{\max}(1^{\text{er}}\text{ cas})$.

4°) Étude du $2^{\text{ème}}$ cas : $V_A(V_0) \neq 0$

4-1 * données : à $t = 0 \Longrightarrow x = x(t=0) = x(A) = d$. On a $d = x(t = 0)$. Graphe (a) à $t = 0 \Longrightarrow x = 3$ cm $\Longrightarrow$ $d = 3$ **cm** . * $x_{m2} = 4$ cm (Courbe a).



4-2 Conservation de l'énergie :

$$E_m = E_C + E_{pe} \quad \text{(frottements négligeables } E_m = \text{cte)}$$

$$\underbrace{E_m = E_{pe(\max)}}_{\text{cte}} = \underbrace{\frac{1}{2}mV_A^2}_{E_{C(A)}} + \underbrace{\left(\frac{1}{2}Kx_{(A)}^2 + C\right)}_{E_{pe(A)}} \qquad (E_m = E_{pe(\max)} = E_{c(\max)})$$

$$\frac{1}{2}Kx_{m2}^2 + \not{C} = \frac{1}{2}mV_A^2 + \frac{1}{2}Kd^2 + \not{C} \quad (x(A) = d)$$

En multipliant par $\frac{2}{K}$:

$$x_{m2} = \sqrt{\frac{mV_A^2}{K} + d^2}$$

Elomrani

4-3 : Calcul de la phase initiale et Changement de variable

4-3 : $\tan\varphi_2 = f(d, x_{m2})$

On a : $x(t) = x_{m2}\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi_2\right)$

$x(t=0) = x_{m2}\cos(\varphi_2)$ $d = x_{m2}\cos(\varphi_2)$

$$\text{donc } \cos\varphi_2 = \frac{d}{x_{m2}}$$

$$\text{alors } \cos^2(\varphi_2) = \left(\frac{d}{x_{m2}}\right)^2$$

On sait que :

$$\frac{1}{\cos^2\alpha} = 1+\tan^2\alpha$$ (relation entre $\cos\alpha$ et $\tan\alpha$??)

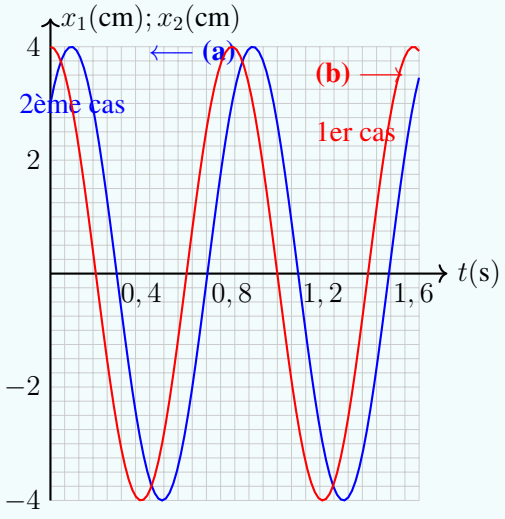
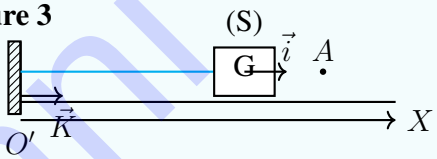


Figure 2

Figure 3



$$\frac{1}{\cos^2\varphi_2} = 1+\tan^2\varphi_2 \Longrightarrow \left(\frac{x_{m2}}{d}\right)^2 = 1+\tan^2\varphi_2 \Longrightarrow \tan^2\varphi_2 = \left(\frac{x_{m2}}{d}\right)^2 - 1$$

$$\text{donc : } \tan\varphi_2 = \pm\sqrt{\left(\frac{x_{m2}}{d}\right)^2 - 1}$$

Signe ?? $\tan\varphi_2 = \frac{\sin\varphi_2}{\cos\varphi_2}$. À $t = 0, \cos\varphi_2 = \frac{d}{x_{m2}}$ donc $\cos\varphi_2 > 0$. Signe ?

$V(t) = \frac{dx}{dt} = -x_{m2}\frac{2\pi}{T_0}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. Donc $V(t=0) = \underbrace{-}_{<0} x_{m2}\cdot\frac{2\pi}{T_0}\cdot\underbrace{\sin\varphi_2}_{>0}$.

D'après les données ($\vec{V}_A(t=0)$ dirigée dans le sens $\ominus$) ou bien à partir de la courbe, $t = 0, x$ décroissante (Mt dans le sens $\ominus$) : donc $V(t=0) < 0 \Longrightarrow \sin\varphi_2 > 0$.

$$\tan\varphi_2 = \frac{\sin\varphi_2}{\cos\varphi_2} > 0 \Longrightarrow \tan\varphi_2 = \sqrt{\left(\frac{x_{m2}}{d}\right)^2 - 1}$$

Elomrani

5°) Étude par rapport à l'origine du mur O'

5-1 Équation différentielle en X :

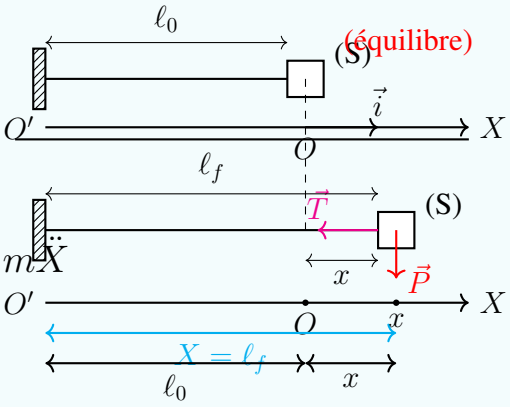
$$\vec{P}+\vec{R}+\vec{T}=m\vec{a}$$

$$-T=m\ddot{X} \implies -K\Delta\ell=m\ddot{X}$$

attention : $\Delta\ell=\ell_f-\ell_i=X-\ell_0$.

$$-K(X-\ell_0)=m\ddot{X} \implies -KX+K\ell_0=m\ddot{X}$$

$$m\ddot{X}+KX=K\ell_0 \implies \ddot{X}+\frac{K}{m}X=\frac{K\ell_0}{m}$$



$$\ddot{X}+\alpha X=\beta$$

$\left(\alpha=\frac{K}{m}\text{ et }\beta=\frac{K\ell_0}{m}\right)$.

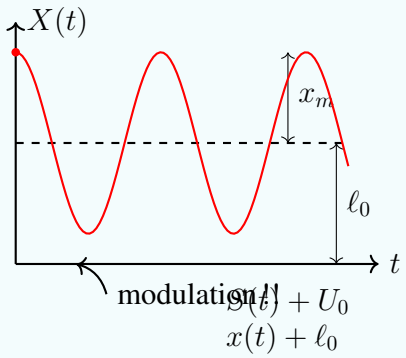
5-2 : Solution et Allure de la courbe $X(t)$

5-2 D'après la figure on constate que :
$X=x+\ell_0$ Donc $X(t)=x(t)+\ell_0$.

$$\implies X(t)=x_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)+\ell_0$$

*** Courbe de $X(t)$:** On a : $-x_m\leq x\leq +x_m$ Donc $\ell_0-x_m\leq \underbrace{\ell_0+x}_{X}\leq \ell_0+x_m$

$$\ell_0-x_m\leq X(t)\leq \ell_0+x_m$$



Données : $\ell_0>x_m$.

$$\implies \underbrace{\ell_0-x_m}_{>0}\leq X\leq \underbrace{\ell_0+x_m}_{>0}$$

Donc $X(t)>0$.

Données $t=0$: (S) écarté dans le sens $\oplus$ et lâché sans V_0 donc à $t=0$, le Mt se fait dans le sens $\ominus$: **courbe X décroissante**.

Elomrani

Chimie

Etude d'une solution d'éthanoate de sodium dans la chaufferette chimique

La chaufferette chimique est constituée d'une enveloppe souple de plastique qui contient une solution aqueuse d'éthanoate de sodium $\mathbf{CH_3COONa}$. la chaufferette libère une énergie thermique de température environ 50°C.

Extrait de l'article ń Idées de physique ż

Le but de cet exercice est d'étudier la cinétique de la réaction de formation d'éthanoate de sodium ainsi le dosage l'acide conjugué de la base $\mathbf{CH_3COO^-_{aq}}$

Données :

- la masse molaire de l'éthanoate d'éthyle $\mathbf{M(CH_3COOC_2H_5) = 88,0 g.mol^{-1}}$
- Le produit ionique d'eau : $\mathbf{ke = 10^{-14}}$
- La masse volumique de l'éthanoate d'éthyle $\rho = \mathbf{0.90 g.mL^{-1}}$
- La conductivité molaire ionique en : $\mathbf{mS.m^2.mol^{-1}}$: $\boldsymbol{\lambda_1 = \lambda_{Na+} = 5,0}$; $\boldsymbol{\lambda_2 = \lambda_{HO-} = 20,0}$; $\boldsymbol{\lambda_3 = \lambda_{CH_3COO-} = 4,1}$

1. L'étude cinétique de la synthèse de l'éthanoate de sodium

La synthèse de l'éthanoate de sodium ($\mathbf{CH_3COO^- + Na^+}$) est modélisée par la réaction suivante :
$\mathbf{C_4H_8O_2 + (Na^+ + HO^-) \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH}$

On met dans un bécher un volume $\mathbf{V_0 = 200mL}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\mathbf{Na^+ + HO^-}$) de concentration $\mathbf{C_0 = 1,0.10^{-3} mol.L^{-1}}$, à un instant t=0 on ajoute un volume $\mathbf{V_1 = 1mL}$ d'éthanoate d'éthyle de concentration molaire $\mathbf{C_1}$, on obtient un mélange réactionnel **(S)**.

dans le même instant on immerge un conductimètre afin de mesurer la conductivité de mélange à chaque instant.

1.1. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système. En considérant que la réaction est totale puis calculer l'avancement maximal de la réaction ;

1.2. Montrer que la conductivité $\boldsymbol{\sigma}$ à un instant t peut s'écrire sous la forme : $\sigma(\mathbf{t}) = \mathbf{A + B.x(t)}$ en précisant l'expression de **A** et **B** ($\mathbf{x(t)}$ l'avancement de la réaction à une date **t**)

On note le volume totale du mélange par $\mathbf{V \approx V_0}$. on néglige l'autoprotolyse de l'eau.

1.3. Le suivi de la transformation à l'aide de la mesure de conductivité a permet de tracer la courbe **Figure-1-**

1.3.1. Déterminer l'expression de $\boldsymbol{\sigma_{1/2}}$ la conductivité de mélange à l'instant $\mathbf{t_{1/2}}$ temps de demi-réaction en fonction de $\boldsymbol{\sigma_0}$ (la conductivité de mélange a t=0) et $\boldsymbol{\sigma_f}$ (la conductivité de mélange à l'état finale).

1.3.2. Déduire la valeur de $\mathbf{t_{1/2}}$

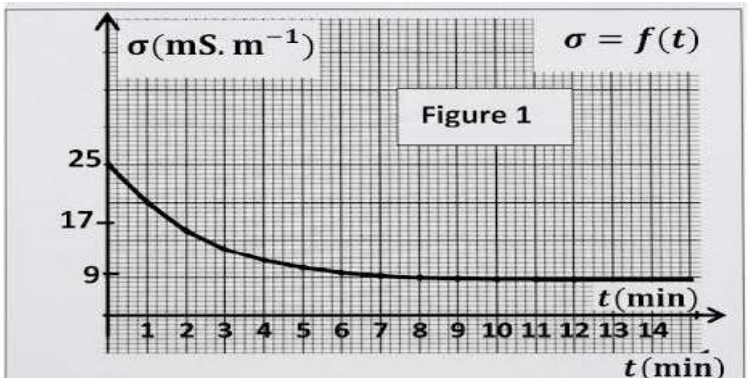
1.4. Pour calculer à nouveau le temps de demi-réaction, on trace par méthode arithmétique la courbe qui représente $\ln\left(\frac{\mathbf{C_0}}{\mathbf{[HO^-]}}\right) = \mathbf{f(t)}$, On obtient la courbe **Figure-2-**

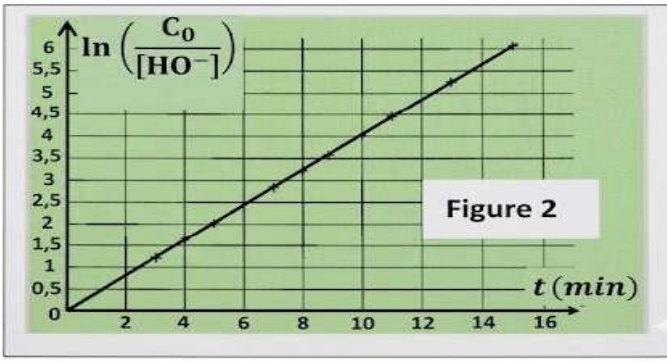
1.4.1. Exprimer la concentration des ions hydroxyde $\mathbf{[HO^-]_{1/2}}$ à l'instant $\mathbf{t_{1/2}}$ en fonction de $\mathbf{C_0}$.

1.4.2. En utilisant l'équation de la courbe et la question précédente, Montrer que le temps de demi-réaction est :

$\mathbf{t_{1/2} = \frac{\ln 2}{K}}$ avec **K** le coefficient directeur de la droite.

1.4.3. Calculer à nouveau la valeur $\mathbf{t_{1/2}}$ et la comparer avec la valeur de la question **1.3.2**





Elomrani

2. Dosage de l'acide éthanoïque CH_3COOH

On dispose :

- D'une solution aqueuse ($\mathbf{S_0}$) d'acide éthanoïque de concentration $\mathbf{C_A}$;
- D'une solution aqueuse ($\mathbf{S_B}$) d'hydroxyde de sodium de concentration $\mathbf{C_B = 0,1 mol.L^{-1}}$

Au cours d'une séance de travaux pratique un professeur a demandé de ces élèves d'effectuer deux expériences de dosage

PREMIERE EXPERIENCE :

Ils ont dosé un volume $\mathbf{V_A = 10mL}$ de la solution ($\mathbf{S_0}$) par la solution ($\mathbf{S_B}$). Le suivi de l'évolution du **pH** du mélange réactionnel volume $\mathbf{V_B}$ versé en fonction du de la solution ($\mathbf{S_B}$) permet de tracer la courbe ($\mathbf{C_1}$) de la figure -3-

DEUXIEME EXPERIENCE :

A partir de la solution ($\mathbf{S_0}$) , ils ont prélevé un volume $\mathbf{V_0 = 10mL}$ auquel ont ajouté un volume $\mathbf{V_e}$ d'eau distillé, ils ont obtenu une solution aqueuse ($\mathbf{S_1}$) d'acide éthanoïque de concentration $\mathbf{C'_A}$. Ils ont dosé la solution ($\mathbf{S_1}$) par la même solution ($\mathbf{S_B}$). Le suivi de l'évolution du **pH** du mélange réactionnel en fonction du volume $\mathbf{V_B}$ versé permet de tracer la courbe ($\mathbf{C_2}$) . Les élèves atteignent l'équivalence dans les deux expériences quand 'ils ajoutent un volume $\mathbf{V_{BE} = 10mL}$ de la solution ($\mathbf{S_B}$).

On admet au cours de la dilution que la dissociation de l'acide éthanoïque est faible (sa quantité de de matière ne varie pas)

2.1. Justifier le fait que ce volume reste inchangé dans les deux expériences.

2.2. En exploitant la figure-3- Déterminer la valeur de $\mathbf{pK_A}$. Sachant que $[\mathbf{CH_3COO^-}] = [\mathbf{CH_3COOH}]$ quand on verse un volume $\mathbf{V_B} = \dfrac{\mathbf{V_{BE}}}{\mathbf{2}}$

2.3. Déterminer la valeur de la concentration molaire $\mathbf{C_A}$

2.4. On désigne par $\boldsymbol{\tau_1}$ le taux d'avancement de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau

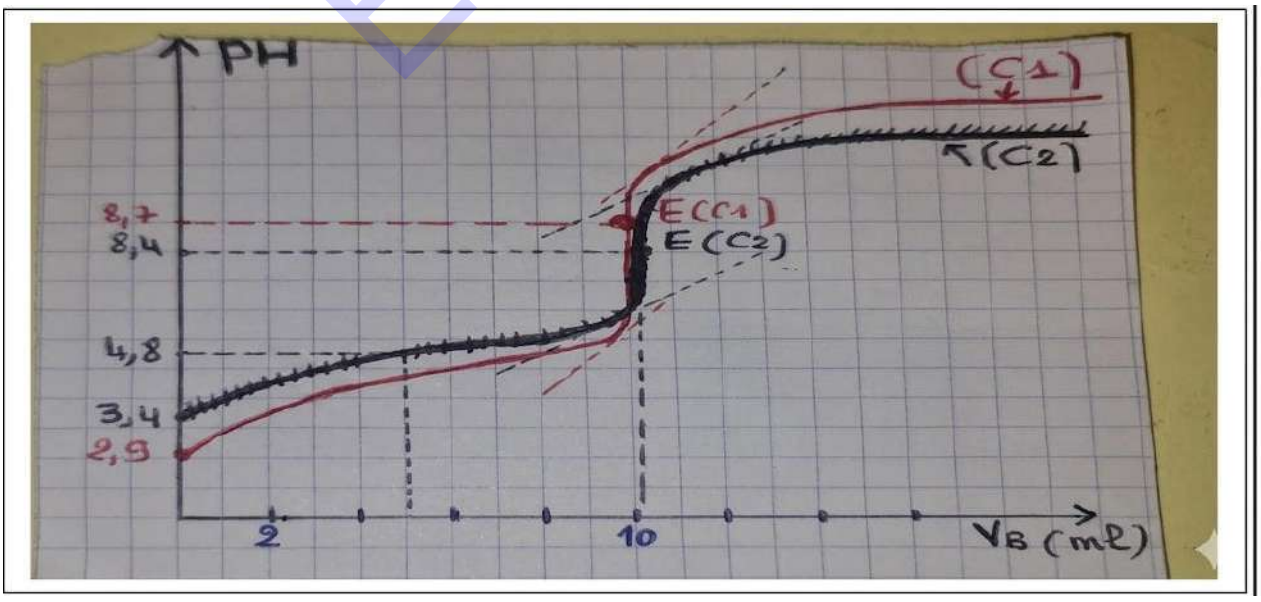
2.4.1. Vérifié que cette réaction est très limitée.

2.4.2. Montrer alors que le $\mathbf{pK_A}$ de couple $\mathbf{CH_3COOH/CH_3COO^-}$ s'écrit : $\mathbf{pK_A = 2pH} + \log \mathbf{C'_A}$.

2.4.3. Déterminer $\mathbf{C'_A}$

2.4.4. Déduire la valeur de $\mathbf{V_e}$

2.5. Sans faire de calcul et sans avoir recours à la méthode des tangentes parallèles, justifier que la valeur $\mathbf{pH_E = 8,4}$ correspond au pH d'équivalence de l'expérience 2.



2-6 Détermination de $\mathbf{V_{BE}}$ par la méthode de Cran (évolution de $\mathbf{F(V_b)}$ en fonction de $\mathbf{(V_b)}$)

On revient à l'étude décrite par la PREMIERE EXPERIENCE

2-6-1. A l'aide d'un tableau d'avancement de la réaction de dosage, Montrer que l'expression de la

Elomrani

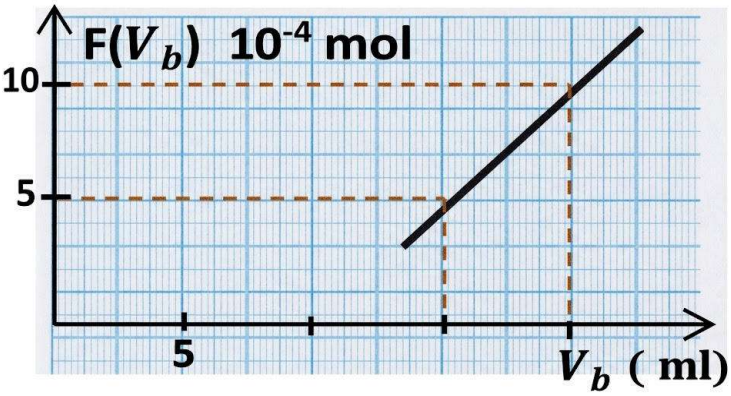
concentration molaire des ions Hydronium après l'équivalence ($\mathbf{V_b} > \mathbf{V_{béq}}$) est :

$$[\mathbf{HO^-}] = \frac{\mathbf{C_B V_B} - \mathbf{C_B V_{BE}}}{\mathbf{V_A} + \mathbf{V_B}}$$

2-6-2. Soit $\mathbf{F(V_b)} = [\mathbf{HO^-}](\mathbf{V_A} + \mathbf{V_B})$, grandeur calculée grâce aux mesures expérimentales.
La courbe de la **figure -4 -** donne les variations de $\mathbf{F(V_b)}$ en fonction de $(\mathbf{V_b})$

a- Déterminer l'équation de la courbe

b- Déduire la valeur de $\mathbf{V_{BE}}$



Physique 1

Partie 1 Onde mécanique

Les chauves-souris se déplacent et chassent dans l'obscurité grâce à un système très perfectionné d'écholocation elles émettent des signaux ultrasonores et en exploitent les échos.
Une chauve-souris se dirige vers un mur perpendiculairement à celui-ci avec la vitesse $\mathbf{V = 6,0}$ m.s^{-1}.
Un signal émis lorsqu'elle se trouve à la distance $\mathbf{D = 3,0}$ m du mur produit un écho qu'elle perçoit après une durée $\boldsymbol{\Delta t}$.
1. Donner l'expression littérale de la distance **d** parcourue par la chauve-souris pendant la durée de l'écho $\boldsymbol{\Delta t}$, en fonction de **V** et $\boldsymbol{\Delta t}$.
2. Donner l'expression de la distance de propagation du signal $\boldsymbol{d_{(son)}}$ pendant son aller-retour en fonction de **D, v** et $\boldsymbol{\Delta t}$.
3. Montrer que l'expression de la durée de l'écho $\boldsymbol{\Delta t}$ est : $\mathbf{\Delta t} = \dfrac{\mathbf{2.D}}{\mathbf{V_{son}} + \mathbf{V}}$ Calculer la durée $\boldsymbol{\Delta t}$. ($\mathbf{V_{son} = 340}$ m.s^{-1})
4. ***si on néglige*** le déplacement de la chauve-souris pendant la durée de l'écho, que devient l'expression précédente de $\boldsymbol{\Delta t}$? Calculer la nouvelle valeur de $\boldsymbol{\Delta t}$ et commenter le résultat.
5 la chauve-souris peut-elle éviter le mur sachant que par réflexe naturel, son temps de réaction est de **100ms**

Partie 2 Atome et mécanique de Newton

Une étude théorique de l'interaction (électron-proton) en mécanique quantique a permet d'exprimer l'énergie des couches électroniques de l'atome d'hydrogène $^1_1$H selon la formule $\mathbf{E_n} = -\dfrac{\mathbf{E_0}}{\mathbf{n^2}}$
($\mathbf{E_0 = 13,6}$ eV) et **n** le numéro de la couche énergétique
Donnée :
La constante de Planck : $\mathbf{h = 6,62.10^{-34}}$ J.s^{-1}
La célérité de la lumière $\mathbf{C = 3.10^8}$ m.s^{-1}
$\mathbf{1eV = 1,6.10^{-19}}$ J
1- Représenter sans échelle quelques couches du diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène en précisant les valeurs des énergies et donner le nom des différents couches
2- Lorsque l'atome passe du 3ème niveau excité, il émet un photon d'une radiation lumineuse visible. Calculer la fréquence et la longueur d'onde de ce photon lumineux
3- l'électron de l'atome d'hydrogène se trouve sur une couche excitée d'ordre n , il passe ensuite à un état moins énergétique.
3-1 l'électron absorbe t-il ou émet des photons (l'excitation ou la desixcitation)
3-2 la longueur d'onde de la radiation visible émise est $\boldsymbol{\lambda = 434}$ nm : Déterminer la valeur de n

Elomrani

4- l'atome d'hydrogène est au $3^{\text{ème}}$ niveau , il absorbe un photon lumineux de longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$. L'atome passe à l'état d'ionisation . Calculer $\boldsymbol{\lambda}$

5- Calculer la longueur d'onde maximale $\boldsymbol{\lambda_{max}}$ du rayonnement émis par l'atome lors de son passage d'un état excité a son état fondamental

6- Calculer la longueur d'onde minimale $\boldsymbol{\lambda_{min}}$ du rayonnement émis par l'atome lors de son passage d'un état excité selon la série de Balmer

7- l'atome d'hydrogène est à l'état fondamental , il reçoit quatre radiations d'énergie photonique

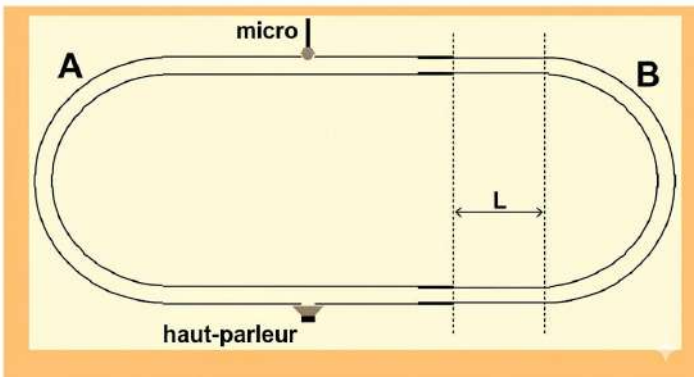
$\xi_1 = \mathbf{15}$ eV , $\xi_2 = \mathbf{10,5}$ eV , $\xi_3 = \mathbf{10,2}$ eV , $\xi_4 = \mathbf{2}$ eV

Déterminer en justifiant réponse la (les) radiation (s) absorbée (s)

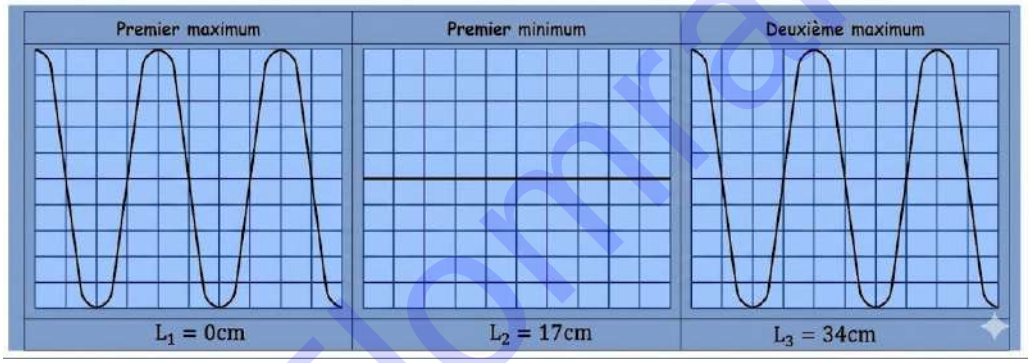
Elomrani

Partie 3 trombone de Koenig

la figure ci-dessous représente un "trombone de Koenig".
Cet appareil est constitué par 2 tubes coudés. Le tube A est fixe et le tube B peut coulisser à l'intérieur de A.
Sur le tube A, deux ouvertures permettent de positionner un haut-parleur et un micro relié à un oscilloscope.
Le haut-parleur génère un son sinusoïdal de fréquence f à l'intérieur de l'appareil .
L'onde sonore parcours la distance $\mathbf{d_1}$ dans le tube A et la distance $\mathbf{d_2}$ dans le tube B.
A l'aide d'une règle graduée on mesure le déplacement **L** du tube coulissant **B**.
Lorsque $\mathbf{L = 0}$, $\mathbf{d_1 = d_2}$



Lors de l'augmentation de la longueur **L** (translation du tube B) , l'amplitude du signal perçu par le micro passe par des maximums (les deux ondes recues par le micro sont en phases) et des minimums (les deux ondes recues par le micro sont en opposition de phases)
les courbes ci jointe represente les signaux sonores recues au caours de la variation de **L**
Le balayage de l'oscilloscope étant $\mathbf{V_b = 0,5}$ ms.div^{-1}



1- Justifier la détection de 2 ondes sonores par le micro.

2- calculer la valeur de la période **T** et celle de la fréquence **f** du son.

3- on designe par **d** la distance parcourure par l'onde dans le tube B par rapport a celle dans le tube A au cours de la variation de **L** , Exprimer **d** en fonction de **L**

4- Deduire l'expression du retard temporel $\boldsymbol{\tau}$ entre l'arrivée des deux ondes au microphone en fonction de **L** et **V** la vitesse de ropagation de l'onde dans les deux tubes

5- **5-1** pour $\mathbf{L = L_2}$, donner l'expression de $\boldsymbol{\tau}$ en fonction de **T**
5-2 Montrer que la longuer d'onde du son émis est $\boldsymbol{\lambda = 4L_2}$

6- déduire la célérité **V** du son dans le trombone de Koenig.

7- Retrouver **V** a partir de la courbe du deuxième maximum

Elomrani

Partie 4 LA PHYSIQUE AU SERVICE DE LA MÉDECINE

Échographie, radiographie, scanner ou IRM sont devenus des outils d'investigation médicale incontournables, grâce à de nombreux dispositifs de haute technologie qui reposent sur des principes de physique.

L'échographie, technique d'imagerie employant des ultrasons, est utilisée de façon courante en Médecine humaine pour détecter, entre autres, la présence de calculs rénaux ou biliaires. Les calculs biliaires sont des dépôts solides (essentiellement des cristaux de cholestérol) qui se forment dans la vésicule (organe mou) **(figure 1)**

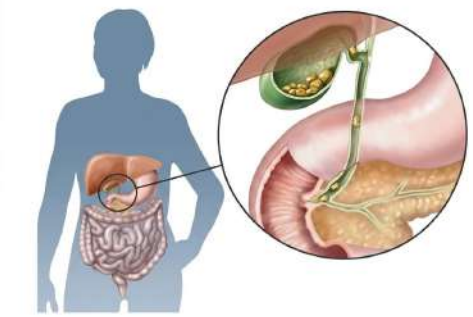


Figure 1

Données

Célérités des ultrasons dans différents milieu :

Milieu	Air	Eau	Tissu	Vésicule	Calcul biliaire
Célérité des ultrasons en $m.s^{-1}$ a 25°C	346	1480	1400	1500	1540

1- Donner une caractéristique d'une onde ultrasonore

2- Comment expliquez-vous la différence des Célérités des ultrasons dans différents milieux du tableau donné

3- Classer les milieux du Tableau par ordre croissant de la densité

4- Lors d'un examen médical, on réalise l'échographie de la vésicule d'un patient ; celle-ci, schématisée ci-dessous, fait apparaitre un calcul biliaire **(figure 2)**.

Lors de cette échographie, une salve ultrasonore est émise par l'émetteur de la sonde à la date t =0 μs au point O.

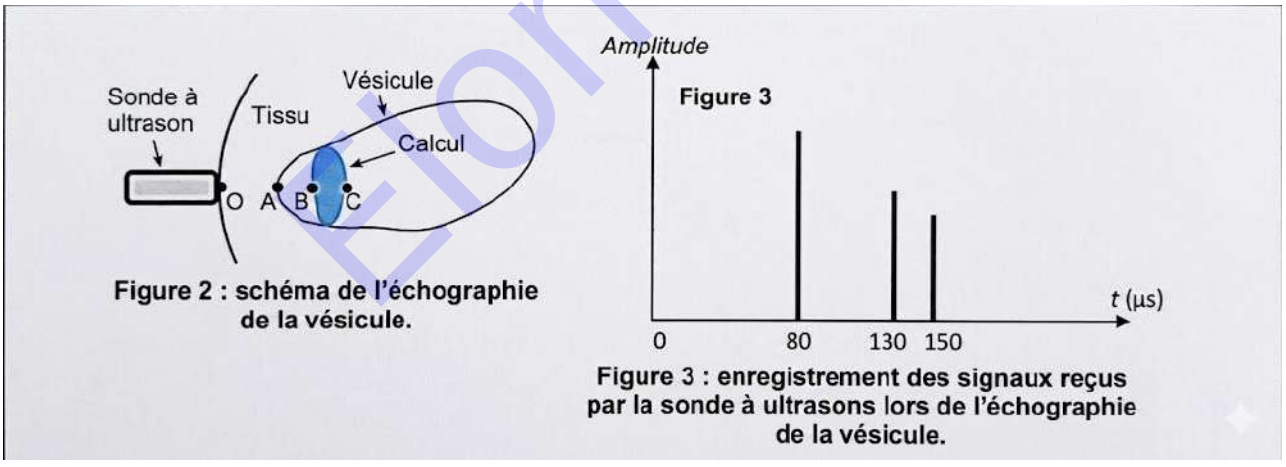


Figure 2 : schéma de l'échographie de la vésicule.

Figure 3

Figure 3 : enregistrement des signaux reçus par la sonde à ultrasons lors de l'échographie de la vésicule.

4-1 Expliquer l'origine des trois signaux présents sur cet enregistrement.

4-2 Déterminer une des dimensions du calcul biliaire accessible par cet examen (la distance **BC**).

Physique 2 Electricité

Partie 1

Le condensateur le conducteur ohmique et la bobine sont des dipôles utilisés dans les circuits de divers appareils électriques tels les amplificateurs , les postes radio et téléviseurs ...

Cet exercice a pour objectif l'étude de la réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension.

Elomrani

On réalise le montage électrique représenté sur la figure 1, qui contient :
- un générateur de tension de force électromotrice **E** et de résistance négligeable ;
- deux conducteurs ohmiques de résistance $\mathbf{R_0 = 45\Omega}$ et **r** ;
- une bobine (b) d'inductance $\mathbf{L_0}$ et de résistance $\mathbf{r_0}$
- un interrupteur **K**

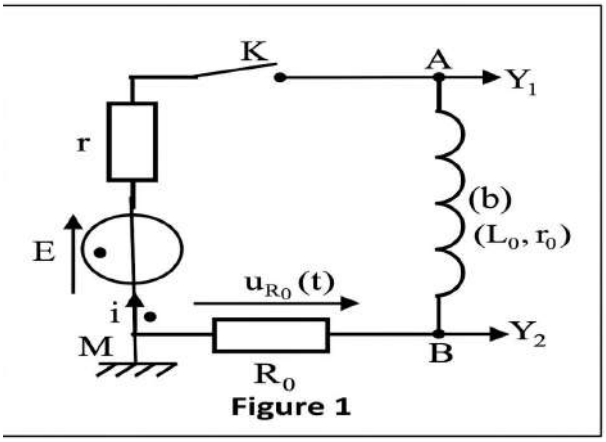


Figure 1

On ferme l'interrupteur **K** à un instant choisi comme origine des dates t=0
Un système de saisie informatique approprié permet de tracer la courbe $(\mathbf{C_1})$ représentant la tension $\mathbf{U_{AM}(t)}$ et la courbe $(\mathbf{C_2})$ représentant la tension $\mathbf{U_{BM}(t)}$ (figure 2)

1) Exprimer la tension $\mathbf{U_{AM}}$ en fonction de **E**, **r** et $\mathbf{i(t)}$ et $\mathbf{U_{BM}}$ en fonction de $\mathbf{R_0}$ et $\mathbf{i(t)}$

2) déterminer graphiquement la valeur de **E**

3) déterminer graphiquement la valeur de l'intensité du courant $\mathbf{I_P}$ au cours du régime permanent et vérifier que $\boldsymbol{r = 10\Omega}$

4) En utilisant la loi d'addition des tension , calculer la valeur de $\mathbf{r_0}$

5)

5-1 Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité $\mathbf{i(t)}$ du courant .

5-2 la solution de cette équation différentielle est $\mathbf{i(t) = A.(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})}$
donner l'expression de **A** et $\boldsymbol{\tau}$ en fonction des paramètres du circuit

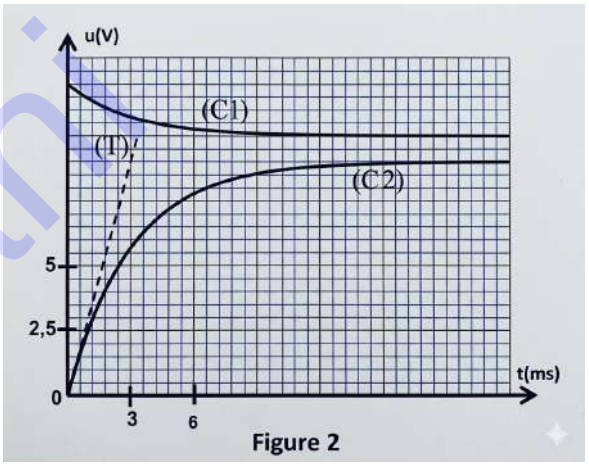


Figure 2

6) La droite (T) représente la tangente à la courbe $(\mathbf{C_2})$ à l'instant de date $\mathbf{t_0 = 0}$ (figure 2). Vérifier que $\mathbf{L_0 = 0,18H}$

7) on suppose que la bobine est parfaite
Montrer dans ce cas que $\mathbf{U_{AM} = U_{BM}}$ au cours du régime permanent

Partie 2

On réalise le montage schématisé sur la figure 1 comportant :
- un générateur de basse fréquence (GBF),
- une bobine d'inductance $\mathbf{L_0}$ et de résistance $\mathbf{r_0}$
- un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R_0 = 30\Omega}$,
- un condensateur de capacité **C**.

Le générateur délivre une tension alternative sinusoïdale $\mathbf{U(t) = U_m \cos(2\pi N.t)}$ de fréquence **N** réglable. Un courant d'intensité $\mathbf{i(t) = I_m \cos(2\pi N.t + \varphi)}$ circule alors dans le circuit.

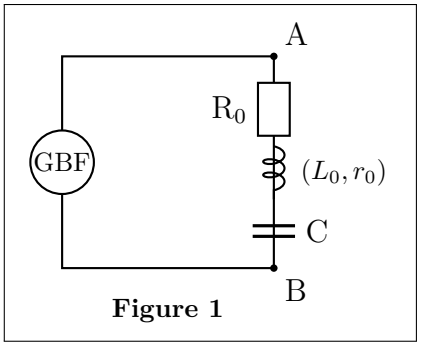


Figure 1

On fait varier la fréquence **N** de la tension $\mathbf{U(t)}$ en gardant sa tension maximale $\mathbf{U_m}$ constante. L'étude expérimentale a permis de tracer les deux courbes représentées sur les figures 2 et 3 où **Z** est l'impédance du circuit et $\mathbf{I_m}$ est l'intensité maximale du courant.

Elomrani

1) Choisir l'affirmation juste parmi les propositions suivantes :

a- Le générateur (GBF) joue le rôle du résonateur.

b- Les oscillations du circuit sont libres.

c- φ représente le coefficient de puissance.

d- L'expression du coefficient de qualité est $\mathbf{Q = \frac{N_0}{\Delta N}}$

2) calculer le coefficient de qualité du circuit

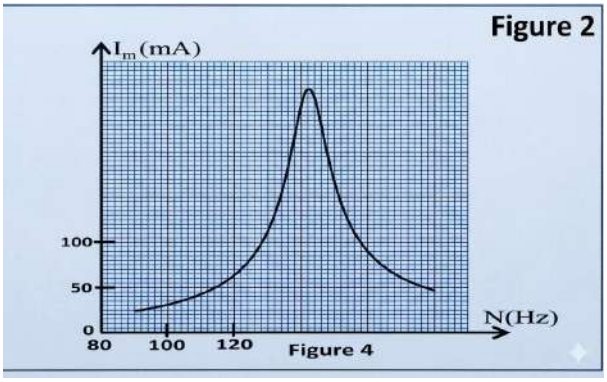
3) Déterminer la valeur de $\mathbf{U_m}$, de $\mathbf{L_0}$ et celle de $\mathbf{r_0}$

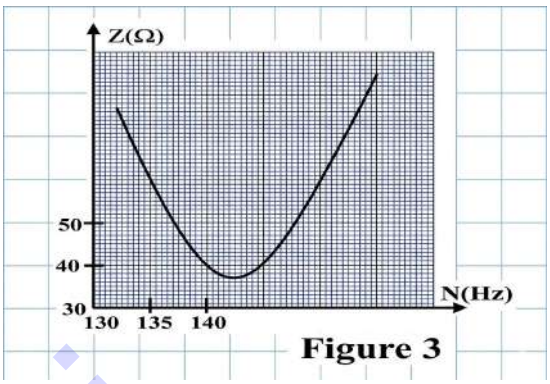
4) 4-1 Déterminer la valeur de la puissance électrique moyenne $\mathbf{P_0}$ consommée dans le circuit à la résonance

4-2 Déterminer en fonction de $\mathbf{P_0}$ la puissance électrique moyenne $\mathbf{P_{(LBP)}}$ consommée dans le circuit aux aux limites de la bande passante

5) 5-1 Montrer que $\mathbf{Z = Z_{min}\sqrt{2}}$ à la limite de la bande passante

5-2 à l'aide de la courbe (3) déterminer $\boldsymbol{\Delta N}$ la largeur de la bande passante





Elomrani

Physique 3 Mécanique

Partie 1

Des élèves se fixent comme objectif d'appliquer leurs connaissances en mécanique au (jeu de plongeon)

le jeu, réalisé à la piscine, consiste à passer au dessus d'une corde puis atteindre la surface de l'eau en un point le plus éloigné possible du point de départ avant de commencer la nage.

Le bassin d'eau a pour longueur $\mathbf{L = 20}$ m et est suffisamment profond.

Le plongeur doit quitter un tremplin ; à ce moment son centre d'inertie G est à une hauteur $\mathbf{h_1 = 1,5}$ m au dessus de la surface de l'eau. La corde, tendue horizontalement, est attachée à une distance $\boldsymbol{l}$= $\mathbf{1,6}$ m du tremplin

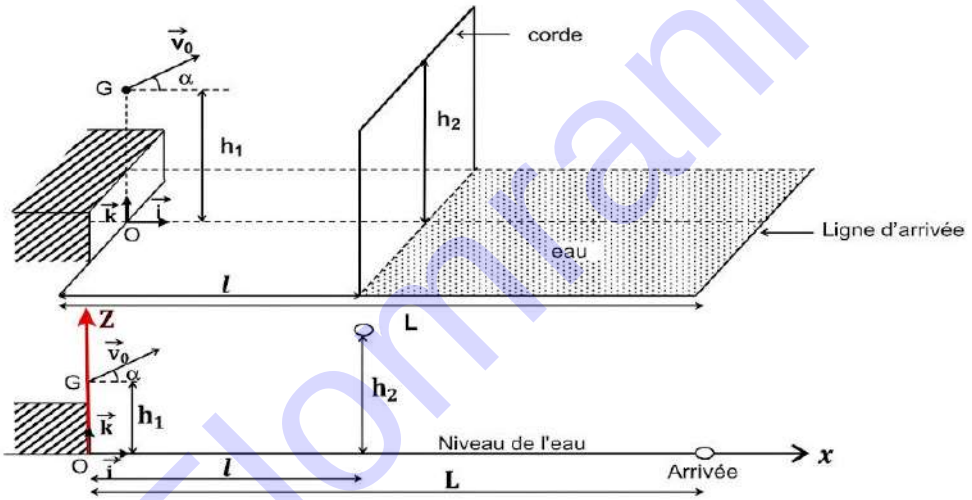
Elle est à une hauteur $\mathbf{h_2 = 2}$ m du niveau de l'eau (voir figure ci-dessous).

Au cours d'une simulation, les élèves font plusieurs essais en lançant, avec un dispositif approprié, un solide ponctuel à partir du point G.

Les essais diffèrent par la valeur du vecteur-vitesse initial du solide ou par l'angle dudit vecteur avec l'horizontale.

Le mouvement du solide de masse $\mathbf{m}$ est étudié dans le repère $\mathbf{R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})}$.

Le point O est le point d'intersection entre la verticale passant par la position initiale de G et la surface de l'eau



La direction de l'axe $\vec{\mathbf{j}}$ est perpendiculaire au plan vertical contenant la corde, comme indiqué sur la figure

On néglige les frottements et on prendra $\mathbf{g = 10 m.s^{-2}}$

1) Lors d'un premier essai, le solide est lancé du point G, à la date t = 0, avec une vitesse $\vec{\mathbf{V}}_0$ faisant un angle $\boldsymbol{\alpha = 45°}$ avec l'horizontale, de valeur $\mathbf{V_0 = 8}$ m.s^{-1} et appartenant au plan vertical défini par $(\vec{\mathbf{i}}, \vec{\mathbf{k}})$

- **1-1** Établir les équations paramétriques du mouvement du solide. En déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire.
- **1-2** Le solide passe-t-il au dessus de la corde ? Justifier la réponse.
- **1-3** Au cas où le solide passe au-dessus de la corde, quelle distance le sépare-t-il de la ligne d'arrivée lorsqu'il touche l'eau
- **1-4** Calculer la norme du vecteur vitesse $\vec{\mathbf{V}}$ et l'angle $\boldsymbol{\beta}$ que ce vecteur forme avec la verticale descendante lorsque le solide touche l'eau

2) Dans un second essai, les élèves voudraient que le solide touche l'eau en un point distant de **8 m** de la ligne d'arrivée. Quelle doit être alors la valeur de la vitesse initiale pour que $\boldsymbol{\alpha = 45°}$

3) Au troisième essai, le solide est lancé à t = 0 du point G avec une vitesse $\vec{\mathbf{V}}'_0$ appartenant au plan vertical défini par $(\vec{\mathbf{i}}, \vec{\mathbf{k}})$ et de valeur $\mathbf{V'_0 = 11}$ m.s^{-1}

Elomrani

3-1 Déterminer la valeur de l'angle $\boldsymbol{\alpha'}$ que doit faire $\vec{\mathbf{V}}_0'$ avec l'horizontale pour que le solide touche l'eau à **8 m** de la ligne d'arrivée, comme précédemment. On montrera que la question admet deux solutions et on portera le choix sur la valeur de l'angle $\boldsymbol{\alpha'}$ pour laquelle la durée de chute est plus courte (le solide fait moins de temps entre le point de départ et le point de chute).

3-2 Pour lequel des essais décrits en(2) et 3.1, le solide s'élève-t-il plus au-dessus de la corde ? Justifier la réponse par le calcul

On donne $\dfrac{\mathbf{1}}{\cos^{\mathbf{2}}(\alpha)} = \mathbf{1} + \tan^{\mathbf{2}}(\alpha)$

Partie 2 Etude du mouvement d'un pendule élastique

Un oscillateur mécanique vertical est constitué d'un corps solide S de masse $\mathbf{m = 200g}$ et d'un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de raideur **K**.

L'une des extrémités du ressort est fixée à un support fixe et l'autre extrémité est liée au solide S(figure2).

On se propose d'étudier le mouvement du centre d'inertie G du solide S dans un repère $\mathbf{R}(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{k}})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen .On repère la position de G à un instant **t** par la côte **z** sur l'axe $(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{k}})$. A l'équilibre, G est confondu avec l'origine O du repère $\mathbf{R}(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{k}})$. On prendra $\pi^{\mathbf{2}} = \mathbf{10}$

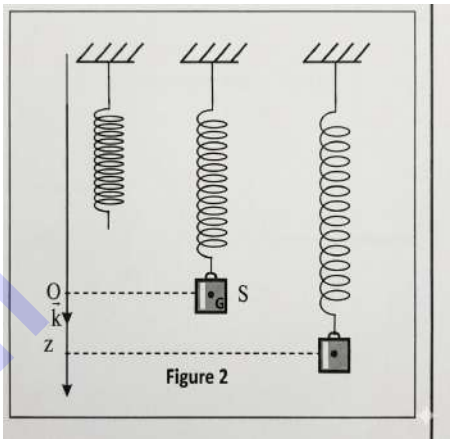


Figure 2

1- Frottements négligeables

On écarte verticalement le solide S de sa position d'équilibre et on l'envoie à l'instant de date $\mathbf{t_0 = 0}$, avec une vitesse initiale $\vec{\mathbf{V}}_0 = \mathbf{V_{0z}}\tilde{\mathbf{k}}$

La courbe de la figure 3 représente l'évolution de la côte $\mathbf{z(t)}$ du centre d'inertie **G**

1-1- Déterminer, à l'équilibre, l'allongement $\boldsymbol{\Delta L_0}$ du ressort en fonction de **m, K** et de l'intensité de la pesanteur **g**

1-2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la côte z du centre d'inertie G

1-3- La solution de cette équation différentielle s'écrit $\mathbf{z = z_m}\cos\left(\dfrac{\mathbf{2\pi}}{\mathbf{T_0}}\mathbf{t} + \varphi\right)$ avec $\mathbf{T_0}$ la période propre de l'oscillateur.

Déterminer la valeur de **K** , Montrer que l'expression de $\mathbf{V_{0z}}$ est

$\mathbf{V_{0z}} = -\dfrac{\mathbf{2\pi}}{\mathbf{T_0}}\sqrt{\mathbf{Z_{max}^2 - Z_0^2}}$ et calculer sa valeur

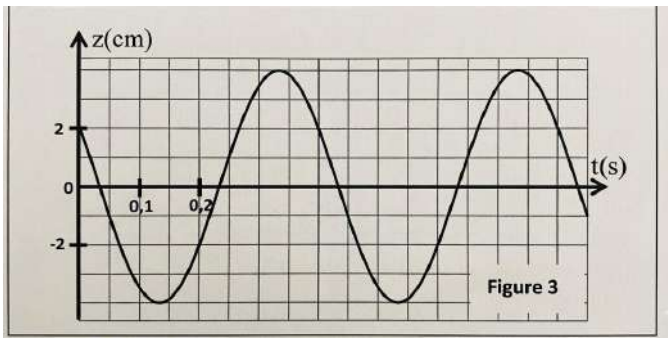


Figure 3

2-Frottements non négligeables

On réalise deux expériences en plongeant l'oscillateur dans deux liquides différents. Dans chaque expérience, on écarte verticalement le solide S de sa position d'équilibre d'une distance $\mathbf{z_0}$ et on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant $\mathbf{t=0}$, le solide S oscille alors à l'intérieur du liquide.

Les courbes (1) et (2) de la figure 4 représentent l'évolution de la côte **z** du centre d'inertie G au cours du temps dans chaque liquide

2-1- Associer à chaque courbe le régime d'amortissement correspondant.

2-2- On choisit le plan horizontal auquel appartient le point **O**, origine du repère $\mathbf{R}(\mathbf{O}, \tilde{\mathbf{k}})$, comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur $\mathbf{E_{pp}}$ $(\mathbf{E_{pp} = 0})$ et l'état où le ressort est non déformé comme état de référence de l'énergie potentielle élastique $\mathbf{E_{pe}}$ $(\mathbf{E_{pe} = 0})$

Pour les oscillations correspondant à la courbe (1)

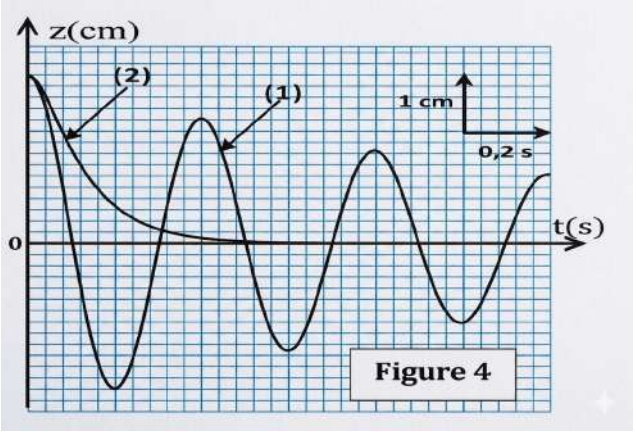


Figure 4

Elomrani

2-2-1- Trouver , à un instant de date $\mathbf{t}$, l'expression de l'énergie potentielle $\mathbf{E_p = E_{pp} + E_{pe}}$ en fonction de $\mathbf{K}$, $\mathbf{z}$ et $\boldsymbol{\Delta L'_0}$ l'allongement du ressort à l'équilibre

2-2-2- Calculer la variation de l'énergie mécanique de l'oscillateur entre les instants $\mathbf{t_1 = 0}$ et $\mathbf{t_2 = 0,4s}$ dans le liquide.

Elomrani

CHIMIE

Étude d'une solution d'éthanoate de sodium & Dosage de l'acide éthanoïque

1. L'étude cinétique de la synthèse de l'éthanoate de sodium

1.1. Tableau descriptif et avancement maximal

L'équation de la réaction est modélisée par : $C_4H_8O_2 + (Na^+ + HO^-) \longrightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$. Calcul des quantités de matière initiales : * $n_0(HO^-) = C_0 \cdot V_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \times 0,200 = 2,0 \cdot 10^{-4}$ mol. * $n_0(C_4H_8O_2) = \frac{m}{M} = \frac{\rho \cdot V_1}{M} = \frac{0,90 \times 1}{88,0} \approx 1,02 \cdot 10^{-2}$ mol.

Puisque $n_0(HO^-) < n_0(C_4H_8O_2)$, l'ion hydroxyde HO^- est le réactif limitant. En considérant la réaction totale, l'avancement maximal est :

$x_{max} = 2,0 \cdot 10^{-4}$ **mol**

1.2. Expression de la conductivité $\sigma(t)$

D'après la loi de Kohlrausch : $\sigma = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{HO^-}[HO^-] + \lambda_{CH_3COO^-}[CH_3COO^-]$. D'après le tableau d'avancement, on a pour le volume V_0 : * $[Na^+] = C_0$ (ion spectateur) * $[HO^-] = \frac{C_0V_0 - x}{V_0} = C_0 - \frac{x}{V_0}$ * $[CH_3COO^-] = \frac{x}{V_0}$

En remplaçant :

$$\sigma = \lambda_{Na^+}C_0 + \lambda_{HO^-}\left(C_0 - \frac{x}{V_0}\right) + \lambda_{CH_3COO^-}\frac{x}{V_0}$$

$$\sigma = \underbrace{C_0(\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})}_{A} + \underbrace{\frac{\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-}}{V_0}}_{B} \cdot x(t)$$

$A = C_0(\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})$ **et** $B = \frac{\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-}}{V_0}$

1.3.1. Expression de $\sigma_{1/2}$

On sait que $\sigma(t) = A + B \cdot x(t)$. À $t = 0$, $x = 0 \implies \sigma_0 = A$. À l'état final, $x = x_f \implies \sigma_f = A + B \cdot x_f$. Au temps de demi-réaction $t_{1/2}$, $x = \frac{x_f}{2}$.

$$\sigma_{1/2} = A + B\frac{x_f}{2} = \frac{2A + B \cdot x_f}{2} = \frac{A + (A + B \cdot x_f)}{2} \implies \sigma_{1/2} = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2}$$

1.3.2. Déduction de la valeur de $t_{1/2}$

D'après la Figure 1, à $t = 0$, $\sigma_0 = 25$ mS.m^{-1} et la valeur finale $\sigma_f = 9$ mS.m^{-1}.

$$\sigma_{1/2} = \frac{25 + 9}{2} = 17 \text{ mS.m}^{-1}$$

Elomrani

Par lecture graphique sur la courbe de la Figure 1 pour $\sigma = 17$ mS.m^{-1}, on trouve : $t_{1/2} \approx 1,7$ **min**

1.4. Nouvelle méthode pour $t_{1/2}$

1.4.1. À l'instant $t_{1/2}$, $x = \frac{x_{max}}{2} = \frac{C_0V_0}{2}$. La concentration des ions hydroxyde est $[HO^-]_{1/2} = \frac{C_0V_0 - C_0V_0/2}{V_0} \Longrightarrow [HO^-]_{1/2} = \frac{C_0}{2}$.

1.4.2. La courbe (Figure 2) est une droite linéaire d'équation $\ln\left(\frac{C_0}{[HO^-]}\right) = K \cdot t$. À l'instant $t_{1/2}$, on a $\frac{C_0}{[HO^-]_{1/2}} = 2$. En remplaçant dans l'équation : $\ln(2) = K \cdot t_{1/2}$, d'où $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{K}$.

1.4.3. Calcul du coefficient directeur K (Figure 2) : On choisit les points $(0, 0)$ et $(10 \text{ min}, 4)$.

$$K = \frac{4 - 0}{10 - 0} = 0,4 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{0,4} \approx 1,73 \text{ min}$$

$t_{1/2} = 1,73$ **min** $\approx 1,7$ **min** Cette valeur est cohérente et valide celle trouvée à la question 1.3.2.

2. Dosage de l'acide éthanoïque CH3COOH

2.1. Justification du volume V_{BE} inchangé Lors de la DEUXIÈME EXPÉRIENCE, l'ajout d'eau distillée modifie la concentration de la solution mais ne change pas la quantité de matière initiale de l'acide n_A présente dans le bécher ($n_A = C_AV_A = C'_A(V_0 + V_e)$). À l'équivalence, la quantité de matière de base versée est $n_B = n_A$, d'où un volume équivalent V_{BE} identique pour les deux dosages.

2.2. Valeur du pK_A À la demi-équivalence ($V_B = \frac{V_{BE}}{2} = 5$ mL), on a $[CH_3COO^-] = [CH_3COOH]$, ce qui donne $pH = pK_A$. D'après la courbe (C_1) (Figure 3) pour $V_B = 5$ mL, on lit $pH = 4,8$. $pK_A = 4,8$

2.3. Valeur de la concentration C_A À l'équivalence : $C_AV_A = C_BV_{BE}$.

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{0,1 \times 10}{10} \Longrightarrow C_A = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$$

2.4.1. Réaction de l'acide avec l'eau D'après la courbe (C_1), le pH initial de la solution S_0 (pour $V_B = 0$) est $pH \approx 2,9$. Le taux d'avancement final s'écrit :

Elomrani

$\tau_1 = \frac{[H_3O^+]_f}{C_A} = \frac{10^{-pH}}{C_A}$.

$$\tau_1 = \frac{10^{-2,9}}{0,1} \approx 1,26 \cdot 10^{-2} = 1,26\%$$

Comme $\tau_1 \ll 1$ (inférieur à 5%), la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau est très limitée.

2.4.2. Relation du pK_A La constante d'acidité s'écrit $K_A = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$. Puisque la réaction est très limitée, $[CH_3COOH] \approx C_A$ et l'équation de la réaction implique $[CH_3COO^-] \approx [H_3O^+]$.

$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{C_A} \implies -\log K_A = -2\log[H_3O^+] + \log C_A$$

$$pK_A = 2pH + \log C_A$$

2.4.3. Détermination de C'_A Pour la DEUXIÈME EXPÉRIENCE (courbe C_2), le pH initial est $pH = 3,4$. En appliquant la relation établie : $4,8 = 2(3,4) + \log C'_A \implies \log C'_A = 4,8 - 6,8 = -2,0$.

$C'_A = 10^{-2}$ **mol.L^{-1}**

2.4.4. Déduction de la valeur de V_e La quantité de matière se conserve lors de la dilution : $C_A V_0 = C'_A(V_0 + V_e)$.

$$0,1\times10 = 0,01(10+V_e) \implies 1 = 0,1+0,01V_e \implies V_e = \frac{0,9}{0,01} \implies V_e = 90 \textbf{ mL}$$

2.5. Identification du $pH_E = 8,4$ À l'équivalence, la solution contient l'ion éthanoate CH_3COO^- qui est une base faible. L'expérience 2 met en jeu une solution d'acide diluée par rapport à l'expérience 1, conduisant à une concentration d'ion éthanoate plus faible à l'équivalence. Or, plus une base faible est diluée, moins son pH est basique. Ainsi, $pH_{E(Exp2)} < pH_{E(Exp1)}$. Sur la figure 3, on lit $E(C_1) \rightarrow pH = 8,7$ et $E(C_2) \rightarrow pH = 8,4$. Le $pH_E = 8,4$ correspond donc logiquement à la courbe (C_2) de l'expérience 2.

2.6. Méthode de Gran

2.6.1. Expression de $[HO^-]$ après l'équivalence Pour $V_b > V_{BE}$, les ions HO^- sont en excès. La quantité restante est la quantité versée moins la quantité ayant réagi avec l'acide. $n(HO^-)_{restant} = C_B V_B - C_B V_{BE}$. La concentration est donc $[HO^-] = \frac{C_B V_B - C_B V_{BE}}{V_A + V_B}$.

2.6.2. Exploitation de la courbe $F(V_b)$ **a- Équation de la courbe** On a $F(V_b) = [HO^-](V_A + V_B) = C_B V_B - C_B V_{BE}$. C'est l'équation d'une droite affine de coefficient directeur $C_B = 0,1$ mol.L^{-1}. L'équation s'écrit (en respectant les unités) : $F(V_b) = 0,1(V_b - V_{BE})$.

Elomari

b- Déduction de la valeur de V_{BE} L'intersection de la droite représentative de $F(V_b)$ avec l'axe des abscisses donne $F(V_b) = 0$, ce qui implique $V_b = V_{BE}$. D'après la Figure 4, l'abscisse à l'origine correspond à la graduation :

$V_{BE} =$ 10 **mL**

PHYSIQUE 1

Ondes mécaniques, Atome de Bohr, Trombone de Koenig et Échographie

Partie 1 : Onde mécanique (Chauve-souris)

1. Expression de la distance d parcourue par la chauve-souris : Pendant la durée Δt, la chauve-souris se déplace à la vitesse V. $d = V \cdot \Delta t$

2. Distance d_{son} de propagation du signal : Le son effectue un aller-retour. Il parcourt la distance D jusqu'au mur, puis revient vers la chauve-souris qui a avancé de d. Le trajet de retour est donc de $D - d$. La distance totale est $d_{son} = D + (D - d)$. $d_{son} = 2D - d$

3. Expression et calcul de Δt : On sait que $d_{son} = V_{son} \cdot \Delta t$. $V_{son} \cdot \Delta t = 2D - V \cdot \Delta t \implies (V_{son} + V)\Delta t = 2D \implies \Delta t = \frac{2D}{V_{son}+V}$.

A.N : $\Delta t = \frac{2\times 3{,}0}{340+6{,}0} = \frac{6{,}0}{346} \implies \Delta t \approx 0{,}0173$ **s** $= 17{,}3$ **ms**.

4. Si on néglige le déplacement de la chauve-souris : La vitesse de la chauve-souris est considérée nulle ($V = 0$). L'expression devient : $\Delta t_1 = \frac{2D}{V_{son}}$. A.N : $\Delta t_1 = \frac{6{,}0}{340} \implies \Delta t_1 \approx 0{,}0176$ **s** $= 17{,}6$ **ms**. *Commentaire* : Le déplacement de la chauve-souris vers le mur diminue le temps d'écho perçu.

5. La chauve-souris peut-elle éviter le mur ? Temps de réaction : 100 ms. Temps pour atteindre le mur : $t_{mur} = \frac{D}{V} = \frac{3{,}0}{6{,}0} = 0{,}5$ s $= 500$ ms. Le temps qu'il lui reste pour réagir après la perception de l'écho est de $500 - 17{,}3 = 482{,}7$ ms. Ce temps étant largement supérieur à 100 ms, elle a le temps d'éviter le mur.

Partie 2 : Atome et mécanique de Newton

1. Diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène : L'énergie est quantifiée selon $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ (en eV). * $n = 1$: $E_1 = -13{,}6$ eV (État fondamental) * $n = 2$: $E_2 = -3{,}40$ eV (1er état excité) * $n = 3$: $E_3 = -1{,}51$ eV (2ème état excité) * $n = 4$: $E_4 = -0{,}85$ eV (3ème état excité)

Elomrani

2. Fréquence et longueur d'onde de la transition depuis le 3ème niveau excité ($n = 4$) : Pour émettre dans le visible (Série de Balmer), l'électron doit retomber au niveau $n = 2$. $\Delta E = E_4 - E_2 = -0,85 - (-3,40) = 2,55$ eV. En Joules : $\Delta E = 2,55 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,08 \cdot 10^{-19}$ J. Fréquence : $\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{4,08 \cdot 10^{-19}}{6,62 \cdot 10^{-34}} \Longrightarrow \nu \approx 6,16 \cdot 10^{14}$ **Hz**. Longueur d'onde : $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{6,16 \cdot 10^{14}} \Longrightarrow \lambda \approx 487$ **nm**.

3. 3.1. Absorption ou émission ? L'électron passe vers un état *moins* énergétique. L'atome cède donc de l'énergie en **émettant un photon** (désexcitation).

3.2. Détermination de n pour $\lambda = 434$ nm : L'énergie du photon est $E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{434 \cdot 10^{-9}} \approx 4,576 \cdot 10^{-19}$ J $\approx 2,86$ eV. Radiation visible $\Longrightarrow$ état final $n_f = 2$ ($E_2 = -3,4$ eV). L'état initial est $E_n = E_2 + E_{photon} = -3,4 + 2,86 = -0,54$ eV. Or $E_n = -\frac{13,6}{n^2} \Longrightarrow n^2 = \frac{-13,6}{-0,54} \approx 25,18 \Longrightarrow n = 5$.

4. Atome ionisé depuis le 3ème niveau ($n = 3$) : $\Delta E = E_\infty - E_3 = 0 - (-1,51) = 1,51$ eV. $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{1,51 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} \Longrightarrow \lambda \approx 822$ **nm**.

5. Longueur d'onde maximale vers l'état fondamental : λ_{max} correspond à l'énergie de transition minimale, soit du niveau $n = 2$ vers $n = 1$. $\Delta E = E_2 - E_1 = -3,4 - (-13,6) = 10,2$ eV. $\lambda_{max} = \frac{hc}{10,2 \text{ eV}} \Longrightarrow \lambda_{max} \approx 121,6$ **nm**.

6. Longueur d'onde minimale (Série de Balmer) : La série de Balmer a pour niveau final $n = 2$. λ_{min} correspond à l'énergie maximale ($n = \infty$ vers $n = 2$) $\Delta E = E_\infty - E_2 = 0 - (-3,4) = 3,4$ eV. $\lambda_{min} = \frac{hc}{3,4 \text{ eV}} \Longrightarrow \lambda_{min} \approx 365$ **nm**.

7. Radiations absorbées par l'état fondamental : L'énergie de l'atome est quantifiée. Un photon n'est absorbé que si son énergie correspond exactement à la différence entre deux niveaux ou est suffisante pour ioniser l'atome. * $\xi_1 = 15$ eV $> 13,6$ eV : Absorbée (ionisation). * $\xi_2 = 10,5$ eV : Non absorbée (ne correspond à aucune transition). * $\xi_3 = 10,2$ eV : Absorbée (correspond exactement à la transition $n = 1 \rightarrow n = 2$). * $\xi_4 = 2$ eV : Non absorbée.

Elomari

Partie 3 : Trombone de Koenig

1. Détection de 2 ondes sonores par le micro : Le son émis par le haut-parleur se sépare au niveau de l'embranchement et parcourt deux chemins différents (le tube fixe A et le tube coulissant B) avant de se recombiner au niveau du microphone, formant des interférences.

2. Période T et fréquence f : Sur l'oscillogramme (ex : premier maximum), une période T occupe 4 divisions (balayage $V_b = 0,5$ ms/div). $T = 4 \times 0,5$ ms $= 2,0$ ms $\Longrightarrow T = 2,0 \cdot 10^{-3}$ **s**. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,0 \cdot 10^{-3}} \Longrightarrow f = 500$ **Hz**.

3. Expression de la différence de marche d : Le tube B étant en forme de "U", un déplacement L entraîne un allongement de L à l'aller et de L au retour.

$$d = 2L$$

4. Retard temporel τ : Le son parcourt la distance supplémentaire d à la vitesse V.

$$\tau = \frac{2L}{V}$$

5.1. Expression de τ pour $L = L_2$: Pour $L_2 = 17$ cm, nous sommes au "Premier minimum". Les ondes sont en opposition de phase. Le retard τ correspond à une demi-période.

$$\tau = \frac{T}{2}$$

5.2. Montrer que $\lambda = 4L_2$: On sait que $\lambda = V \cdot T$. D'après les expressions de τ : $\frac{2L_2}{V} = \frac{T}{2} \implies 4L_2 = V \cdot T$.

$$\lambda = 4L_2$$

6. Célérité V du son : $V = \frac{\lambda}{T} = \frac{4\times0,17}{2,0\cdot10^{-3}} \implies V = 340$ **m/s** .

7. Retrouver V avec le 2ème maximum : Au 2ème maximum ($L_3 = 34$ cm), les ondes sont en phase avec une différence de marche d'une longueur d'onde entière (le 1er max étant à $L = 0$). $d = \lambda \implies 2L_3 = \lambda \implies \lambda = 2 \times 0,34 = 0,68$ m. $V = \lambda \cdot f = 0,68 \times 500 \implies V = 340$ **m/s** .

Partie 4 : La physique au service de la médecine (Échographie)

1. Caractéristique d'une onde ultrasonore : C'est une onde **mécanique longitudinale** dont la fréquence est supérieure à 20 kHz (inaudible pour l'homme).

2. Explication de la différence des célérités : La vitesse de propagation d'une onde mécanique dépend de l'élasticité et de la densité du milieu. De manière générale, plus un milieu est dense et rigide (solides vs liquides vs gaz), plus la célérité des ultrasons y est grande.

3. Classement des milieux par densité croissante : En corrélant avec les vitesses données : Air (346) < Tissu (1400) < Eau (1480) < Vésicule (1500) < Calcul (1540). **Ordre croissant de densité :** Air < Tissu < Eau < Vésicule < Calcul biliaire.

4.1. Origine des trois signaux : L'échographie repose sur la réflexion (écho) des ultrasons aux interfaces entre des milieux de densités différentes. Les pics correspondent aux échos perçus à différentes interfaces (Figure 2 et 3) : * Signal 1 ($80\mu s$) : Écho sur la paroi avant de la vésicule (interface Tissu/Vésicule). * Signal 2 ($130\mu s$) : Écho sur le bord avant du calcul biliaire (interface Vésicule/Calcul, point B). * Signal 3 ($150\mu s$) : Écho sur le bord arrière du calcul biliaire (interface Calcul/Vésicule, point C).

4.2. Dimension du calcul biliaire (distance BC) : L'onde traverse le calcul de la face B à la face C, s'y réfléchit et revient, parcourant $2\times BC$. L'écart de temps

Elmrani

correspond à ce trajet interne : $\Delta t = 150\mu s - 130\mu s = 20\mu s$. La célérité dans le calcul est $V_{calcul} = 1540$ m/s. $2 \times BC = V_{calcul} \cdot \Delta t \implies BC = \frac{1540 \times 20 \cdot 10^{-6}}{2}$.

$BC = 15,4$ **mm**

PHYSIQUE 2

Électricité : Réponse d'un dipôle RL & Oscillateur RLC en régime forcé

Partie 1 : Étude de la réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

1) Expressions de U_{AM} et U_{BM} : Le point A est situé après le générateur et sa résistance interne r. Le point B est entre la bobine et R_0, et M est relié à la masse. D'après la loi d'additivité des tensions et la loi d'Ohm :

$$U_{AM}(t) = E - r \cdot i(t) \quad \textbf{et} \quad U_{BM}(t) = R_0 \cdot i(t)$$

2) Détermination graphique de E : À l'instant $t = 0$, l'intensité dans le circuit contenant une bobine est nulle : $i(0) = 0$. Ainsi, $U_{AM}(0) = E - r \times 0 = E$. D'après la courbe (C_1) (Figure 2), l'ordonnée à l'origine (4 divisions, avec 2 divisions pour 5V, soit 2,5V/div) est de 10V.

$E = 10$ **V**

3) Détermination de I_P et vérification de $r = 10\Omega$: En régime permanent ($t \to \infty$), $i(t) = I_P = cte$. La tension U_{BM} atteint une asymptote horizontale. Sur la courbe (C_2), cette asymptote correspond à 1,8 division, soit $U_{BM}(\infty) = 1,8 \times 2,5 = 4,5$ V.

$$I_P = \frac{U_{BM}(\infty)}{R_0} = \frac{4,5}{45} \implies I_P = 0,1 \text{ A}$$

Sur la courbe (C_1), l'asymptote de U_{AM} est à 3,6 divisions, soit $U_{AM}(\infty) = 3,6 \times 2,5 = 9,0$ V. On a $U_{AM}(\infty) = E - r \cdot I_P \implies r = \frac{E - U_{AM}(\infty)}{I_P} = \frac{10 - 9,0}{0,1} \implies r = 10\,\Omega$.

4) Calcul de la valeur de r_0 : La tension U_{AM} est la somme des tensions aux bornes de la bobine (U_{AB}) et du conducteur ohmique R_0 (U_{BM}). $U_{AM} = U_{AB} + U_{BM} \implies U_{AB}(\infty) = U_{AM}(\infty) - U_{BM}(\infty) = 9,0 - 4,5 = 4,5$ V. En régime permanent, la bobine se comporte comme un conducteur ohmique : $U_{AB}(\infty) = r_0 \cdot I_P$.

$$r_0 = \frac{U_{AB}(\infty)}{I_P} = \frac{4,5}{0,1} \implies r_0 = 45\,\Omega$$

Elomrani

5) 5-1 Équation différentielle vérifiée par $i(t)$: Loi des mailles : $E = U_r + U_{AB} + U_{BM} = r \cdot i + \left(L_0 \frac{di}{dt} + r_0 \cdot i\right) + R_0 \cdot i$. Soit $R_{tot} = r + r_0 + R_0$.

$$\frac{di}{dt} + \frac{R_{tot}}{L_0} i = \frac{E}{L_0}$$

5-2 Expressions de A et τ : On injecte la solution $i(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$ dans l'équation différentielle :

$$A = \frac{E}{R_{tot}} \quad \textbf{et} \quad \tau = \frac{L_0}{R_{tot}}$$

6) Vérification de $L_0 = 0,18$ H : La tangente (T) à (C_2) en $t = 0$ coupe l'asymptote horizontale ($U_{BM} = 4,5$ V) à l'instant $t = \tau$. D'après la Figure 2, cette intersection a lieu à $\tau = 1,8$ ms $= 1,8 \cdot 10^{-3}$ s. On a $R_{tot} = 10 + 45 + 45 = 100\,\Omega$.

$$L_0 = \tau \times R_{tot} = 1,8 \cdot 10^{-3} \times 100 \implies L_0 = 0,18\ \textbf{H}$$

7) Cas d'une bobine parfaite ($r_0 = 0$) : En régime permanent, $i(t) = cte \implies \frac{di}{dt} = 0$. La tension aux bornes d'une bobine parfaite devient $U_{AB} = L_0 \frac{di}{dt} = 0$ V. D'après la loi d'additivité : $U_{AM} = U_{AB} + U_{BM} = 0 + U_{BM} \implies U_{AM} = U_{BM}$.

Partie 2 : Circuit en régime forcé

1) Affirmation juste : La bonne proposition est la **d-** : L'expression du coefficient de qualité (ou facteur de qualité) est $Q = \frac{N_0}{\Delta N}$. *(Remarque : La proposition c est sémantiquement inexacte car on parle de "facteur" de puissance et non de "coefficient").*

2) Calcul du coefficient de qualité Q : D'après la Figure 4, l'intensité est maximale à la résonance, d'où $N_0 = 135$ Hz. Les limites de la bande passante correspondent aux fréquences où $I_m = \frac{I_{m,max}}{\sqrt{2}}$. Graphiquement, la largeur à ce niveau (qui correspond à $I_m = 100$ mA, voir démonstration ci-après) s'étend de $N_1 = 130$ Hz à $N_2 = 140$ Hz. Donc $\Delta N = 140 - 130 = 10$ Hz.

$$Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{135}{10} \implies Q = 13,5$$

3) Détermination de U_m, L_0 et r_0 : * **Pour U_m** : À $N = 130$ Hz, on lit sur la Figure 4 $I_m = 100$ mA $= 0,1$ A et sur la Figure 3 $Z = 50\,\Omega$.

$$U_m = Z \cdot I_m = 50 \times 0,1 \implies U_m = 5\ \textbf{V}$$

* **Pour r_0** : À la résonance ($N_0 = 135$ Hz), l'impédance est minimale : $Z_{min} = R_{tot} = R_0 + r_0$. D'après la relation aux limites de la bande passante (Q5-1),

Elomrani

$Z(130\text{Hz}) = Z_{min}\sqrt{2} \implies 50 = Z_{min}\sqrt{2} \implies Z_{min} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2} \approx 35,35\,\Omega$.

$$R_{tot} = 35,35\,\Omega \implies r_0 = 35,35 - 30 \implies r_0 \approx 5,35\,\Omega$$

* **Pour** L_0 : On sait que $\Delta N = \frac{R_{tot}}{2\pi L_0}$.

$$L_0 = \frac{R_{tot}}{2\pi\Delta N} = \frac{25\sqrt{2}}{20\pi} = \frac{5\sqrt{2}}{4\pi} \implies L_0 \approx 0,563\ \textbf{H}$$

4) 4-1 Puissance électrique moyenne P_0 à la résonance :

$$P_0 = R_{tot} \cdot I_{eff,max}^2 = R_{tot}\left(\frac{I_{m,max}}{\sqrt{2}}\right)^2$$

Avec $I_{m,max} = \frac{U_m}{Z_{min}} = \frac{5}{25\sqrt{2}} = 0,1\sqrt{2}$ A $\approx 141,4$ mA.

$$P_0 = 25\sqrt{2} \times \left(\frac{0,1\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^2 = 25\sqrt{2} \times 0,01 \implies P_0 = 0,25\sqrt{2} \approx 0,354\ \textbf{W}$$

4-2 Puissance $P_{(LBP)}$ aux limites de la bande passante : Aux limites, l'intensité efficace est $I_{eff} = \frac{I_{eff,max}}{\sqrt{2}}$.

$$P_{(LBP)} = R_{tot} \cdot I_{eff}^2 = R_{tot}\left(\frac{I_{eff,max}}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2}R_{tot} \cdot I_{eff,max}^2 \implies P_{(LBP)} = \frac{P_0}{2}$$

5) 5-1 Montrer que $Z = Z_{min}\sqrt{2}$ à la limite : Aux limites de la bande passante, $I_m = \frac{I_{m,max}}{\sqrt{2}}$. L'impédance est $Z = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U_m}{I_{m,max}/\sqrt{2}} = \sqrt{2}\frac{U_m}{I_{m,max}}$. Or, à la résonance, $Z_{min} = \frac{U_m}{I_{m,max}}$. Par conséquent : $Z = Z_{min}\sqrt{2}$.

5-2 Détermination de ΔN à l'aide de la courbe (3) : On sait que $Z_{min} = 25\sqrt{2}\,\Omega$. L'impédance aux limites de la bande passante est $Z = 25\sqrt{2} \times \sqrt{2} = 50\,\Omega$. Sur la courbe (3) (Figure 3), la droite horizontale $Z = 50\,\Omega$ coupe le graphe en deux points dont les abscisses sont : $N_1 = 130$ Hz et $N_2 = 140$ Hz. La largeur de la bande passante est donc $\Delta N = N_2 - N_1 = 140 - 130$.

$\Delta N = 10$ **Hz**

PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Mouvement d'un projectile (Plongeon) & Oscillateur mécanique vertical

Elomrani

Partie 1 : Jeu de plongeon

1) Premier essai ($V_0 = 8$ **m/s**, $\alpha = 45°$)

1-1 Équations paramétriques et équation de la trajectoire : Le système (solide) n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$ (chute libre). D'après la 2ème loi de Newton : $m\vec{a} = \vec{P} \implies \vec{a} = \vec{g}$. Projections sur $R(O, \vec{i}, \vec{k})$:

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \implies \begin{cases} V_x(t) = V_0 \cos\alpha \\ V_z(t) = -gt + V_0 \sin\alpha \end{cases} \implies \begin{cases} x(t) = (V_0 \cos\alpha)t \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (V_0 \sin\alpha)t + h_1 \end{cases}$$

On isole t de $x(t)$ ($t = \frac{x}{V_0 \cos\alpha}$) et on remplace dans $z(t)$:

$$z(x) = -\frac{g}{2V_0^2 \cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha + h_1$$

1-2 Le solide passe-t-il au-dessus de la corde ? La corde est à la distance $x_c = L = 1,6$ m. Remplaçons dans l'équation de la trajectoire :

$$z(1,6) = -\frac{10}{2 \times 8^2 \times \cos^2(45°)}(1,6)^2 + 1,6\tan(45°) + 1,5$$

$$z(1,6) = -\frac{10}{2 \times 64 \times 0,5} \times 2,56 + 1,6 \times 1 + 1,5 = -\frac{25,6}{64} + 3,1 = -0,4 + 3,1 = 2,7 \text{ m}$$

Puisque $z(1,6) = 2,7$ m $> h_2$ (avec $h_2 = 2$ m), **le solide passe au-dessus de la corde**.

1-3 Distance à la ligne d'arrivée : Le solide touche l'eau pour $z(x) = 0$.

$$-0,15625x^2 + x + 1,5 = 0$$

La résolution de ce trinôme (en prenant la racine positive) donne $x_f \approx 7,65$ m. La ligne d'arrivée est à 20 m. La distance le séparant de la ligne est $d = 20 - 7,65 \implies d \approx 12,35$ **m**.

1-4 Norme de la vitesse et angle β : Par conservation de l'énergie mécanique ou le T.E.C entre G et l'eau : $V_f^2 = V_0^2 + 2gh_1 = 64 + 2 \times 10 \times 1,5 = 94 \implies V_f = \sqrt{94} \approx 9,7$ **m/s**. L'angle β avec la verticale descendante se calcule par $\sin\beta = \frac{V_x}{V_f} = \frac{8\cos(45°)}{\sqrt{94}} = \frac{5,66}{9,7} \approx 0,583$. $\beta \approx 35,7°$

2) Deuxième essai (solide touche l'eau à 8 m de la ligne d'arrivée) : Le point de chute est $x_f = 20 - 8 = 12$ m. $\alpha = 45°$. On cherche V_0'.

$$z(12) = 0 \implies -\frac{10}{2(V_0')^2 \times 0,5} \times 12^2 + 12\tan(45°) + 1,5 = 0$$

$$-\frac{1440}{(V_0')^2} + 13,5 = 0 \implies (V_0')^2 = \frac{1440}{13,5} \approx 106,67 \implies V_0' \approx 10,33 \text{ m/s}$$

Elomrani

3) Troisième essai ($V_0' = 11$ m/s, $x_f = 12$ m) : 3-1 Détermination de α' : En utilisant la relation $\frac{1}{\cos^2\alpha} = 1 + \tan^2\alpha$, l'équation devient :

$$0 = -\frac{g \cdot x_f^2}{2(V_0')^2}(1 + \tan^2\alpha') + x_f \tan\alpha' + h_1$$

$$-\frac{10 \times 144}{2 \times 121}(1+\tan^2\alpha')+12\tan\alpha'+1,5 = 0 \implies -5,95\tan^2\alpha'+12\tan\alpha'-4,45 = 0$$

On obtient deux solutions pour $\tan\alpha'$: $0,49$ et $1,52$, soit $\alpha_1' \approx 26,1°$ et $\alpha_2' \approx 56,7°$. Pour une durée de chute plus courte, on choisit la trajectoire la plus tendue (angle le plus petit). $\boxed{\alpha' \approx 26,1°}$

3-2 Lequel s'élève le plus au-dessus de la corde ? La hauteur maximale (flèche) est $z_{max} = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} + h_1$. - Essai 2 : $z_{max,2} = \frac{106,67\times(\sin 45°)^2}{20} + 1,5 = \frac{53,33}{20} + 1,5 \approx 4,17$ m. - Essai 3.1 : $z_{max,3} = \frac{121\times(\sin 26,1°)^2}{20} + 1,5 \approx \frac{121\times 0,193}{20} + 1,5 \approx 2,67$ m. L'**essai 2** s'élève le plus.

Partie 2 : Oscillateur mécanique vertical

1) Frottements négligeables

1-1 Allongement ΔL_0 à l'équilibre : À l'équilibre, le poids compense la force de rappel : $P = T_{eq} \implies mg = K\Delta L_0$. $\boxed{\Delta L_0 = \frac{mg}{K}}$

1-2 Équation différentielle : Bilan des forces : $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$. Projection sur Oz (orienté vers le bas) : $mg - K(\Delta L_0 + z) = m\ddot{z}$. Or $mg = K\Delta L_0$, ce qui donne $-Kz = m\ddot{z}$. $\boxed{\ddot{z} + \frac{K}{m}z = 0}$

1-3 Valeur de K et expression de V_{0z} : D'après la figure 3, la période est $T_0 = 0,4$ s. $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \implies K = \frac{4\pi^2 m}{T_0^2} = \frac{40\times 0,200}{0,4^2} \implies K = 50$ **N/m**.

En dérivant $z(t) = z_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$, on a à $t = 0$: $z_0 = z_m\cos\varphi \implies \cos\varphi = \frac{z_0}{z_m}$. $V_{0z} = \dot{z}(0) = -z_m\frac{2\pi}{T_0}\sin\varphi$. Puisque $V_{0z} < 0$, $\sin\varphi > 0 \implies \sin\varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{z_0}{z_m}\right)^2}$. On obtient l'expression demandée : $\boxed{V_{0z} = -\frac{2\pi}{T_0}\sqrt{z_m^2 - z_0^2}}$ Avec $z_m \approx 4$ cm et $z_0 = 2$ cm, $V_{0z} = -\frac{2\pi}{0,4}\sqrt{0,04^2 - 0,02^2} \implies V_{0z} \approx -0,54$ **m/s**.

2) Frottements non négligeables

Elmrani

2-1 Régimes d'amortissement : - Courbe (1) : Amplitude qui décroît avec des oscillations $\Longrightarrow$ **Régime pseudo-périodique**. - Courbe (2) : Retour à l'équilibre sans oscillation $\Longrightarrow$ **Régime apériodique**.

2-2-1 Expression de l'énergie potentielle : $E_p = E_{pp} + E_{pe} = -mgz + \frac{1}{2}K(\Delta L_0 + z)^2$. Sachant que $mg = K\Delta L_0$, on développe : $E_p = -K\Delta L_0 z + \frac{1}{2}K\Delta L_0^2 + K\Delta L_0 z + \frac{1}{2}Kz^2$. $\boxed{E_p = \frac{1}{2}Kz^2 + \frac{1}{2}K\Delta L_0^2}$

2-2-2 Variation de l'énergie mécanique ΔE_m **:** L'énergie mécanique aux extremums (où $V = 0$) est purement potentielle. $\Delta E_m = E_m(t_2) - E_m(t_1) = \left(\frac{1}{2}Kz_2^2 + \text{cte}\right) - \left(\frac{1}{2}Kz_1^2 + \text{cte}\right) = \frac{1}{2}K(z_2^2 - z_1^2)$. À $t_1 = 0$, $z_1 = z_0 = 4$ cm (d'après fig 4). À $t_2 = 0,4$ s, $z_2 = 2$ cm. $\Delta E_m = 0,5 \times 50 \times (0,02^2 - 0,04^2) = 25 \times (0,0004 - 0,0016) = 25 \times (-0,0012)$. $\boxed{\Delta E_m = -0,03 \text{ J}}$

Elomrani

Chimie

Partie I Etude d'une solution d'éthanoate de sodium dans la chaufferette chimique

La neige tombe, les mains commencent à se refroidir. Le randonneur sort alors de son sac à dos une pochette en plastique, remplie d'un liquide transparent et appuie sur un petit disque métallique placé à l'intérieur : le liquide commence à se solidifier tout en dégageant une douce chaleur. Ce dispositif nommé chaufferette chimique est constitué d'une enveloppe souple de plastique qui contient une solution aqueuse d'éthanoate de sodium $\mathbf{CH_3COONa}$ **à 20 %** en masse minimum. **Extrait de l'article ń Idées de physique ż**

Le but de cet exercice est d'étudier une solution aqueuse d'éthanoate de sodium et de déterminer son pourcentage massique dans la chaufferette chimique.

Données : - les mesures étaient faites à $\mathbf{25°C}$
- Le produit ionique d'eau : $\mathbf{ke = 10^{-14}}$
- La masse molaire d'éthanoate de sodium $(\mathbf{CH_3COONa}) = \mathbf{82,0 g.mol^{-1}}$

1. Etude d'une solution d'éthanoate de sodium

L'éthanoate de sodium $\mathbf{CH_3COONa}$ est un solide blanc. Sa dissolution dans l'eau donne une solution aqueuse l'éthanoate de sodium $(\mathbf{CH_3COO^-_{aq} + Na^+_{aq}})$.

En considère une solution aqueuse (S) d'éthanoate de sodium son volume $\mathbf{V = 100mL}$ de concentration $\mathbf{C = 1,0.10^{-1} mol.L^{-1}}$. La mesure de pH de la solution à donner la valeur $\mathbf{pH = 8,9}$.

On modélise la réaction d'éthanoate de sodium avec l'eau par l'équation suivante :

$$\mathbf{CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)}}$$

1.1. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système en fonction $\mathbf{C}$; $\mathbf{V}$; l'avancement $\boldsymbol{x}$ et l'avancement final $\boldsymbol{x}_{éq}$.

1.2. Déterminer le taux d'avancement final $\boldsymbol{\tau}$ de la réaction. Conclure.

1.3. Montrer que l'expression du quotient de la réaction à l'équilibre s'écrit sous la forme :

$$\mathbf{Q_{r,éq} = \frac{K_e^2}{10^{-pH}(C.10^{-pH} - K_e)}}$$

1.4. Calculer $\mathbf{Q_{r,éq}}$. Conclure

1.5. Déterminer l'expression de la constante d'acidité $\mathbf{K_A}$ du couple $\mathbf{CH_3COOH/CH_3COO^-}$ en fonction de $\mathbf{K_e}$ et $\mathbf{Q_{r\ éq}}$. Déduire la valeur de $\mathbf{pK_A}$

2. Détermination de pourcentage massique d'éthanoate de sodium dans la chaufferette chimique.

Une chaufferette chimique contient une solution aqueuse $(\mathbf{S_0})$ d'éthanoate de sodium. La solution a un volume $\mathbf{V_0 = 100mL}$ et une masse $\mathbf{m_0 = 130g}$. La solution $(\mathbf{S_0})$ est trop concentrée, pour déterminer le pourcentage massique de l'éthanoate de sodium on prépare une solution $(\mathbf{S_1})$ en diluant 100 fois la solution $(\mathbf{S_0})$.

On dose un volume $\mathbf{V_1 = 25ml}$ d'une solution aqueuse $(\mathbf{S_1})$ de concentration $\mathbf{C_1}$, à l'aide d'une solution aqueuse $(\mathbf{S_A})$ d'acide chlorhydrique $(\mathbf{H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}})$ de concentration $\mathbf{C_A = 2.10^{-1} mol.L^{-1}}$ en mesurant son $\mathbf{pH}$

Elomrani

2.1. Ecrire l'équation chimique modélisant le dosage ,
quelle est la nature du mélange a l'équivalence ? Justifier
2.2. La courbe ci-contre représente la variation de **pH** de mélange en fonction de volume $\mathbf{V_A}$ de la solution d'acide chlorhydrique ajouté.
2.2.1. Déterminer $\mathbf{V_{AE}}$ le volume d'équivalence.
2.2.2. Calculer $\mathbf{C_1}$. Déduire $\mathbf{C_0}$
2.3. Calculer **m** la masse d'éthanoate de sodium dans la chaufferette chimique.
2.4. Calculer le pourcentage massique d'éthanoate de sodium dans la chaufferette chimique
Ce pourcentage est-il adéquat avec l'affirmation du texte.

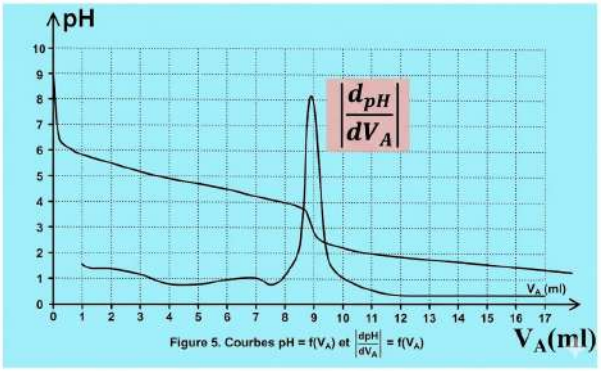


Figure 5. Courbes pH = f(V_A) et $\left|\frac{dpH}{dV_A}\right|$ = f(V_A)

Partie 2 Réaction de l'acide benzoïque avec l'ion éthanoate

Dans un flacon contenant de l'eau, on introduit $\mathbf{n_0 = 3mmol}$ d'acide benzoïque et $\mathbf{n_0 = 3mmol}$ d'éthanoate de sodium $\mathbf{CH_3COONa}$. On obtient une solution aqueuse de volume $\mathbf{V = 100mL}$.
On modélise la transformation chimique qui s'effectue par l'équation suivante :

$$\mathbf{C_6H_5COOH_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + CH_3COOH_{(aq)}}$$

La mesure de la conductivité du milieu réactionnel à l'équilibre donne la valeur $\boldsymbol{\sigma = 255mS.m^{-1}}$

1- Montrer que l'expression de l'avancement finale de la réaction s'écrit : $\mathbf{x_f} = \dfrac{\sigma.\mathbf{V} - \mathbf{n_0}(\lambda_1 + \lambda_3)}{\lambda_2 - \lambda_3}$
Calculer sa valeur.
2- Trouver l'expression de la constante d'équilibre **K** associé à l'équation de la réaction en fonction de $\mathbf{x_f}$ et $\mathbf{n_0}$. Calculer sa valeur.

Données
Les conductivités molaires ioniques en $\mathbf{mS.m^2.mol^{-1}}$
$\lambda_1 = \lambda_{Na+} = 5,0$; $\lambda_2 = \lambda_{C_6H_5COO-} = 3,2$; $\lambda_3 = \lambda_{CH_3COO-} = 4,1$
On néglige la conductivité molaire ionique des ions $\mathbf{H_3O^+}$ et $\mathbf{HO^-}$

Partie 3 Dorure d'une pièce métallique

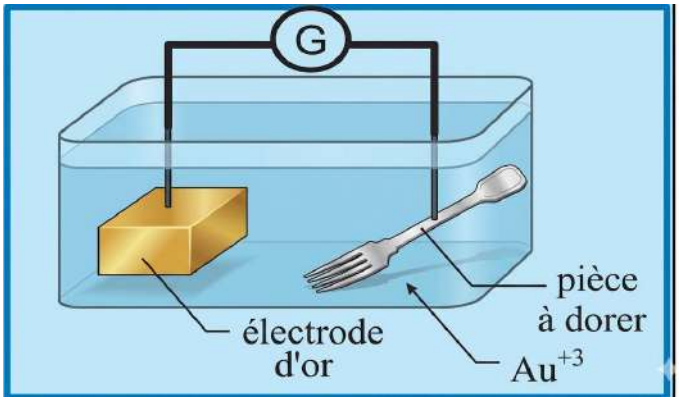
Pour déposer une fine couche brillante d'or métallique **d** épaisseur **e** de masse **m** sur une pièce métallique de surface totale $\mathbf{S = 21,6}$ cm^2 , on réalise une dorure par électrolyse à l'aide de deux électrodes reliées à un générateur : L'une est constituée d'une plaque d'or l'autre est la pièce à recouvrir (fourchette par exemple).

Données :
La masse volumique de l'or : $\rho = \mathbf{19,3}$ g.cm^{-3} ; La masse molaire de l'or $\mathbf{M(Au) = 197}$ g.mol^{-1} ;
Le volume molaire dans les conditions de l'expérience $\mathbf{V_m = 25}$ L.mol^{-1} , $\mathbf{1F = 9,65.10^4}$ C.mol^{-1}
L'électrolyte utilisée est une solution aqueuse de chlorure d'or $\mathbf{Au^{3+}_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)}}$ de volume $\mathbf{V = 200}$ mL = $\mathbf{C^{te}}$
De concentration molaire $\mathbf{C_0 = 10^{-2}}$ mol.L^{-1}
(voir figure).

3+ –

Elomrani

Seuls les couples : $\mathbf{Au_{(aq)}/Au_{(S)}}$ et $\mathbf{Cl_{2(g)}/Cl_{(aq)}}$ interviennent dans cet électrolyse



1- La fourchette doit être l'anode ou la cathode ? Justifier

2- Quel métal se dépose sur la fourchette ? Ecrire l'équation bilan de l'électrolyse.

3- L'électrolyse a lieu pendant une durée $\mathbf{\Delta t = 40}$ min avec un courant d'intensité constante $\mathbf{I = 31}$ mA.

3-1 Dresser le tableau d'avancement de la transformation , trouver l'expression de $\mathbf{m(Au)}$ la masse d'or déposé en fonction de $\mathbf{M(\ Au)}$, $\mathbf{F}$, $\mathbf{I}$ et $\mathbf{\Delta}t$.

3-2 Vérifier que la masse d'or déposé est égale $\mathbf{m(Au) = 5,0.10^{-2}}$ g.

3-3 Calculer **e** l'épaisseur de la couche d'or déposée sur la surface de la fourchette.

3-4 Calculer le volume $\mathbf{V(Cl_2)}$ du dichlore formé pendant $\mathbf{\Delta}t$.

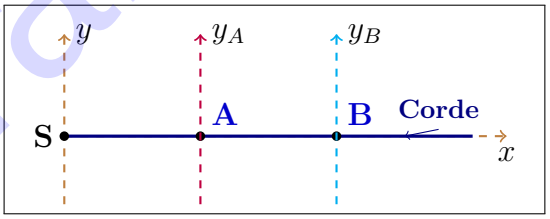
4- Le prix de l'or étant d'environ $\mathbf{395,53}$ Dh/g (à l'instant où cette interrogation est rédigée), quel est la valeur en **Dhs** du pris de cette couverture en or ?

Physique 1

Partie 1

à l'instant $\mathbf{t_0 = 0}$, on déplace le point (S) verticalement vers le haut, puis on le ramène à sa position initiale, créant ainsi une onde mécanique progressive non périodique qui se propage le long d'une corde élastique avec une vitesse **V** constante.

L'onde est étalonnée sur une plage d'abscisses **30cm et 70cm**



1- Le tableau ci-contre donne les variations de l'élongation **y** en fonction de l'abscisse $\boldsymbol{x}$ de chaque point de la corde à la date $\mathbf{t_1 = 50ms}$ (date correspondante au fond de l'onde).

Déterminer, en justifiant votre réponse la durée de l'onde.

x(cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
y(cm)	0	0	0	0	2	0	-2	0	0	0

2- On considère deux points **A** et **B** de la corde.

Au passage de l'onde , **A** et **B** reproduisent le même mouvement de la source avec un décalage horaire .

On propose dans Les tableaux à côté les variations de l'élongation y en fonction du temps pour les points A et B

Les variations de **y** étalonnée sur une plage de **t** (**0, 150** et **0, 250s)**

Les variations de **y** étalonnée sur une plage de **t** (**0, 100** et **0, 200 s**)

Tableau 1

t(s)	0	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250	0,300	0,400
y(mm)	0	0	2	0	-2	0	0	0

Tableau 2

t(s)	0	0,050	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,300
y(mm)	0	0	0	2	0	-2	0	0

2-1 Préciser , en justifiant votre réponse , le tableau qui correspond au mouvement de **A** et celui de **B**

2-2 Déterminer la valeur du retard temporel du point **B** par rapport au point **A**

2-3 Calculer la distance **AB**

Elomrani

Partie 2 Nucléaire : *Datation d'une roche volcanique* Taraiter chez soi

Certaines roches volcaniques contiennent l'isotope radioactif $^{40}_{19}K$ du potassium de demi-vie $\mathbf{t_{1/2}}$ et de constante radioactive $\boldsymbol{\lambda}$. Une faible proportion de cet isotope se désintègre en argon $^{40}_{18}Ar$.

1- Indiquer la composition du noyau de Potassium $^{40}_{19}K$

2- écrire L'équation de désintégration du potassium-40 en argon $^{40}_{18}Ar$, préciser le type de la désintégration

3- Un échantillon d'une roche volcanique contient, à l'instant de sa formation $\mathbf{t_0 = 0}$, $\mathbf{N_0}$ noyaux de potassium 40 qui se désintègrent en argon 40.

3-1 Écrire l'expression des noyaux restants du potassium $\mathbf{N_K}$ a une date t en fonction de $\mathbf{N_0}$, $\boldsymbol{\lambda}$ et $\mathbf{t}$.

3-2 Déduire que le nombre des noyaux d'argon formés à une date t est : $\mathbf{N_{Ar} = N_0(1 - e^{-\lambda t})}$.

3-3 Déterminer, en fonction de $\boldsymbol{\lambda}$, l'expression de la date $\mathbf{t}$ correspondante a la désintégration de **8,5%** des noyaux de potassium 40.

4- Les courbes **(a)** et **(b)**, du document ci-joint , représentent l'évolution de $\mathbf{N_K}$ et $\mathbf{N_{Ar}}$ en fonction du temps

4-1 Préciser la courbe qui représente $\mathbf{N_K}$.

4-2 Déterminer graphiquement la demi-vie radioactive $\mathbf{t_{1/2}}$ du potassium40.

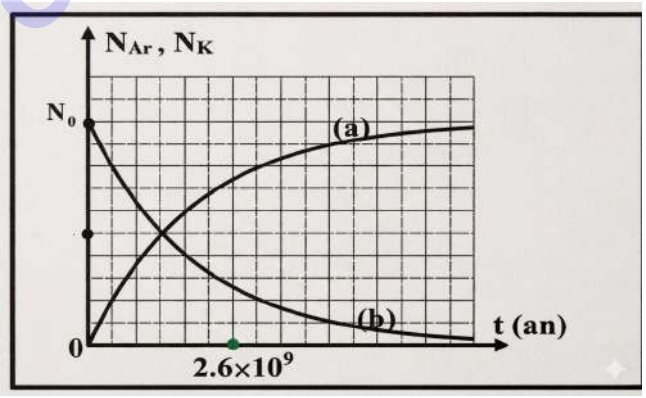
4-3 Vérifier que la valeur de $\boldsymbol{\lambda = 0,533 \times 10^{-9}}$ ans^{-1}.

5- À l'instant de la formation, $\mathbf{t_0 = 0}$, de cette roche volcanique, l'échantillon contient $\mathbf{N_0}$ noyaux de potassium 40 et ne contient aucun noyau d'argon 40.
Les noyaux $\mathbf{N_0}$ du potassium 40 se désintègrent en argon40.
À un instant t :

$\mathbf{N_K}$ est le nombre des noyaux restants de $\mathbf{N_0}$ noyaux de potassium 40.

$\mathbf{N_{Ar}}$ est le nombre des noyaux d'argon40 formés.

Un géologue analyse cet échantillon pour déterminer l'âge de la roche volcanique.
Il trouve que le nombre des noyaux $\mathbf{N_{Ar}}$ d'argon sont **3 fois plus nombreux** que ceux $\mathbf{N_K}$ de potassium 40.



5-1 Montrer que $\mathbf{N_0/N_K = 4}$

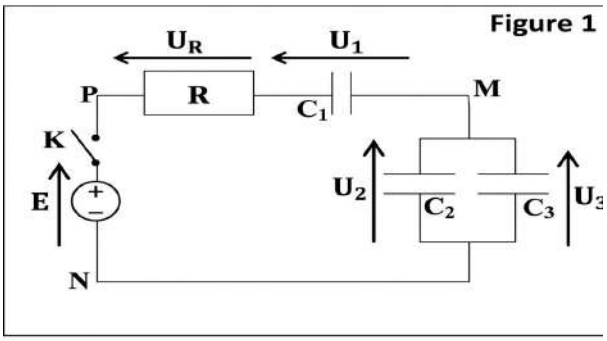
5-2 Déduire que l'âge de la roche

Physique 2 Electricité :

Partie 1

Le circuit de **la figure 1** comporte :
- Un générateur idéal de force électromotrice $\mathbf{E}$;
- Trois condensateurs initialement non chargés, de capacités $\mathbf{C_1}$, $\mathbf{C_2}$ et $\mathbf{C_3}$ tel que : $\mathbf{C_1 = 3C_2}$ **et** $\mathbf{C_1 = 6C_3}$;
- Un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R = 3K\Omega}$;

A l'instant t=0, on ferme l'interrupteur K.



1- Montrer que l'équation différentielle que vérifie la tension $\mathbf{U_2(t)}$ s'écrit sous la forme :

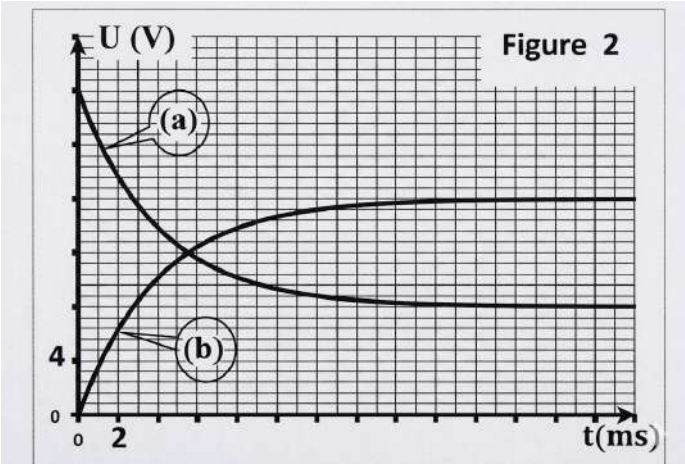
$$\mathbf{U_2} + \alpha \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dt}}\mathbf{U_2} = \beta.\mathbf{E}$$

$\boldsymbol{\beta}$: une constante positive et $\boldsymbol{\alpha = f(R}$ et $\mathbf{C_3)}$
Vérifier que $\boldsymbol{\alpha = R.C_{éq}}$ avec $\mathbf{C_{éq}}$ la capacité équivalente du circuit En exprimant $\boldsymbol{\alpha}$ et $\boldsymbol{\beta}$ en fonction des paramètres du circuit.

Elomrani

2- L'équation différentielle précédente admet la solution $\mathbf{U_2(t) = A.\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}$
Déterminer les expressions de **A** et la constante du temps $\boldsymbol{\tau}$ en fonction des paramètres du circuit.
3- Montrer que l'expression de l'intensité du courant $\mathbf{i_2(t)}$ traversant le condensateur de capacité $\mathbf{C_2}$ est $\mathbf{i_2(t) = \delta.e^{-\frac{t}{\tau}}}$, $\delta = \mathbf{f(E}$ et $\mathbf{R)}$

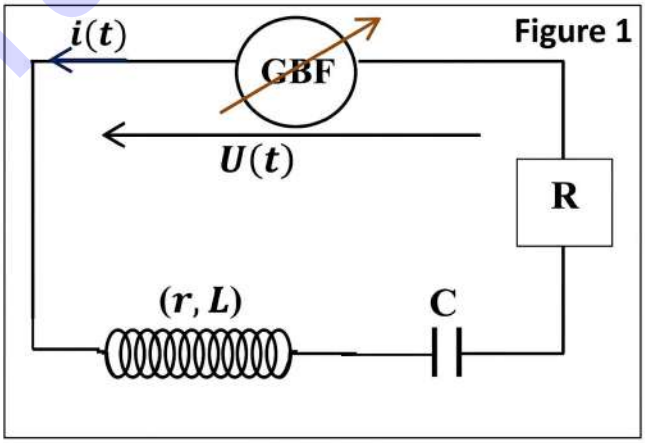
4- On visualise à l'aide d'un outil informatique, la tension $\mathbf{U_2(t)}$ et la tension $\mathbf{U_{PM}(t)}$, on obtient les courbes de **la figure 2**.



4.1. Identifier les courbes de **la figure 2**.
4.2. Trouver l'expression de la tension $\mathbf{U_{PM}(t)}$ en fonction du temps.
4.3. Déterminer graphiquement les valeurs de **A** et **E**
4.4. Montrer que la date $\mathbf{t_1}$ de l'intersection des deux courbes vérifie : $\mathbf{t_1 = 2\tau.\ln(2)}$.
4.5. Déterminer la valeur de $\boldsymbol{\tau}$, en déduire la valeur de $\mathbf{C_1}$.
5. Calculer la durée nécessaire pour que l'énergie emmagasinée dans le condensateur $\mathbf{C_2}$ atteigne la moitié de sa valeur finale et vérifier le résultat graphiquement.

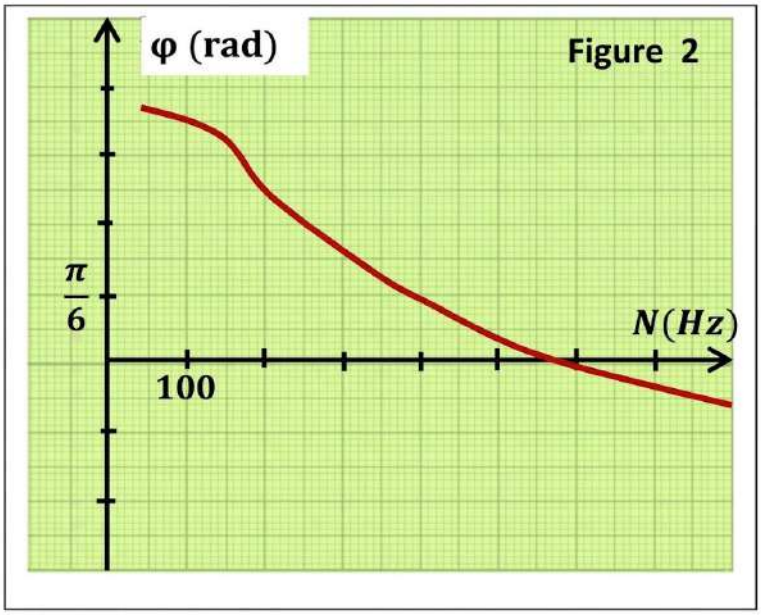
Partie 2 Etue d'un circuit RLC en régime sinusoïal Forcé

Le montage de la figure 1 comporte
- (GBF) : un générateur a basses fréquences qui délivre une tension sinusoïdale $\mathbf{U(t)}$ de valeur efficace : $\mathbf{U = 5\sqrt{2}}$ (V) de fréquence **N** et $\boldsymbol{\varphi}$ variables $\mathbf{U(t) = U\sqrt{2}\cos(2\pi N.t + \varphi)}$
La tension $\mathbf{U(t)}$ donne naissance à un courant électrique sinusoïdal d'intensité : $\mathbf{i(t) = I_{max}\cos\left(2\pi N.t + \frac{1}{6}\pi\right)}$
- Un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R = 9.10^{-2}\ K\Omega}$
- Une bobine d'inductance $\mathbf{L = 100}$ mH , de résistance interne $\mathbf{r = 10\Omega}$
- Un condensateur de capacité de charge **C**
on fait varier la fréquence du GBF et on mesure $\boldsymbol{\varphi}$
un système informatique permet de tracer la courbe : $\boldsymbol{\varphi}$**= f(N)** (**Figure 2**)



on donne $\pi^2 = 10$

1- Préciser en justifiant votre réponse l'excitateur et le résonateur Dans le circuit étudié
2- Déterminer graphiquement la fréquence $\mathbf{N_0}$ du circuit a la résonance et déduire la valeur de **C**
3- le déphasage $\boldsymbol{\Delta\varphi}$ de $\mathbf{U(t)}$ par rapport a $\mathbf{i(t)}$ est défini par la relation : $\mathbf{R + r = Z.\cos(\Delta\varphi)}$.
aux bornes de la bande passante l'impédance **Z** du circuit a pour expression : $\mathbf{Z = (R + r)\sqrt{2}}$



Elomrani

3-1 Déterminer graphiquement les valeurs des fréquences $\mathbf{N_1}$ et $\mathbf{N_2}$ qui délimitent la bande passante ($\mathbf{N_2 > N_1}$)

3-2 Vérifier que $\mathbf{N_1.N_2 \approx N_0^2}$

3-3 Calculer le facteur de Qualité du circuit

3-4 Calculer la puissance dissipée par effet joule dans La bobine pour $\mathbf{N = 200Hz}$

4- Ecrire les expressions numériques de $\mathbf{U(t)}$ et $\mathbf{i(t)}$ pour la fréquence $\mathbf{N = 200Hz}$

Physique 3 Mécanique

Partie 1 Etude du mouvement d'un skieur

Un skieur glisse sur une piste plane inclinée d'un angle $\boldsymbol{\alpha = 45°}$ par rapport au plan horizontal, selon la ligne de plus grande pente (Figure 1).
On modélise le skieur et ses accessoires par un système solide (S) de masse $\mathbf{m = 75\ kg}$ et de centre d'inertie G. On étudie le mouvement de G dans un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.
A l'instant $\mathbf{t=0}$, le skieur part sans vitesse initiale. A cet instant, G coïncide avec l'origine O du repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ (Figure 1) .
On prendra l'accélération de la pesanteur : $\mathbf{g = 10}$ m.s$^{\mathbf{-2}}$

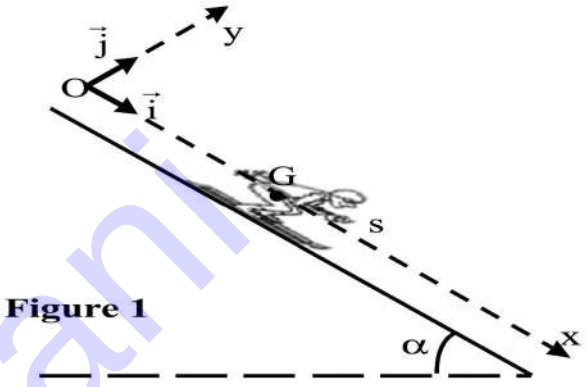


Figure 1

Le contact entre le plan incliné et le système (S) se fait avec frottement solide.
La piste exerce sur le skieur une force $\vec{R}$ ayant une composante tangentielle $\vec{T}$ et une composante normale $\vec{N}$.
Lors du mouvement du skieur, les intensités de $\vec{T}$ et de $\vec{N}$ sont liées par la relation $\mathbf{T = k.N}$ avec $\mathbf{k}$ une constante.

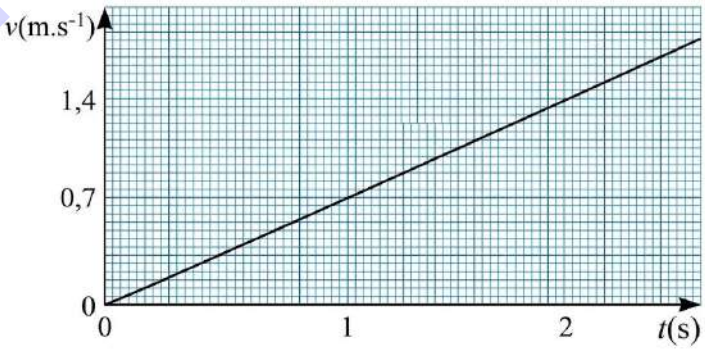


Figure 2

1- En appliquant la deuxième loi de Newton, exprimer l'accélération du mouvement de G en fonction de $\mathbf{g}$, $\boldsymbol{\alpha}$ et $\mathbf{k}$

2- La courbe de la figure 2, représente la variation de la vitesse $\mathbf{v}$ du centre d'inertie G en fonction du temps.
Déterminer graphiquement l'accélération du mouvement.

3- Vérifier que $\mathbf{k = 0,9}$

Elomrani

Partie 2 — Etude d'un pendule élastique — Taraiter chez soi

Le pendule élastique étudié est constitué d'un solide(S), de centre d'inertie et de masse **m=100g**, attaché à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur **K**. L'autre extrémité du ressort est fixée à un support fixe.
Le solide (S) peut glisser sans frottement sur la ligne de plus grande pente d'un plan incliné par rapport au plan horizontal (fig.1).
On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans le repère orthonormé $\mathbf{R}(O,\vec{i},\vec{j})$ lié au référentiel terrestre considéré comme galiléen.
On repère la position de G à un instant **t** par l'abscisse x sur l'axe $(O,\vec{i})$.
A l'équilibre est confondu avec l'origine du repère **(fig.1)**.
on donne $\alpha = 60°$, $\pi^2 = 10$, $g = 10\ \text{m.s}^{-2}$

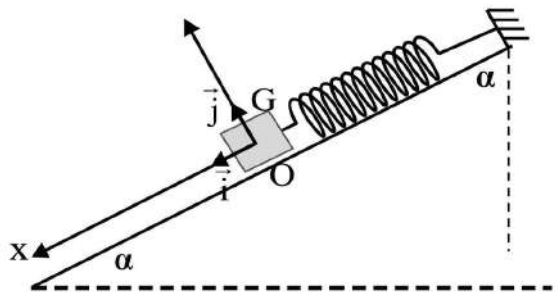


Figure1

1- Déterminer, à l'équilibre, l'expression de l'allongement ΔL_0 du ressort en fonction de **K , m,** α et **g** l'intensité de la pesanteur

2- On écarte (S) de sa position d'équilibre d'une distance x_0 dans le sens positif et on l'envoie à l'instant de date **t=0** avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ telle que $\vec{V}_0 = -V_0\vec{i}$.
En utilisant l'étude dynamique , déterminer l'équation différentielle régie par l'abscisse x.

3- On choisit comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur le plan horizontal auquel appartient G à l'équilibre : $(E_{pp}(O) = 0)$ et comme référence de l'énergie potentielle élastique l'état où le ressort est allongé à l'équilibre : $(E_{pe}(O) = 0)$
Trouver, à un instant t, l'expression de l'énergie potentielle $E_p = E_{pp} + E_{pe}$ de l'oscillateur en fonction de x et **K**

3-1 donner l'expression de l'énergie cinétique de l'oscillateur en fonction de **m** et **V** et l'expression de l'énergie potentielle en fonction de **K** et x

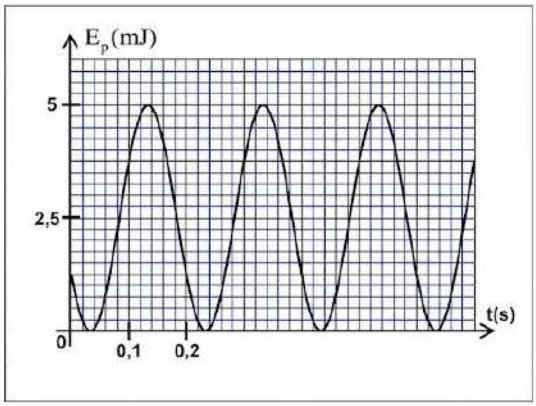
3-2 A partir de l'étude énergétique, établir l'équation différentielle régie par l'abscisse x.

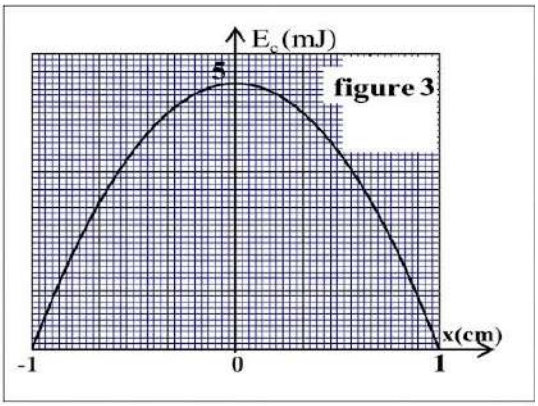
4- La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme $x(t) = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$
(T_0 étant la période propre de l'oscillateur) .
La courbe de la figure 2 représente l'évolution de l'énergie potentielle E_p de l'oscillateur en fonction du temps.

4.1- Trouver la valeur de la raideur **K** , de l'amplitude x_m et de la phase φ

4.2- Par étude énergétique, trouver l'expression de V_0 en fonction de **K , m** et x_m

4.3- La courbe de la figure 3 représente les variations de l'énergie cinétique de l'oscillateur en fonction de x.
En se basant sur la conservation de l'énergie mécanique, déterminer la valeur de la raideur **K**





Elomrani

CHIMIE

Bac Blanc 6 (SM) (Rép) : Acide-Base, Dosage, Conductimétrie et Électrolyse

Partie 1 : Acide-Base et Dosage

1) 1-1 Équation de la réaction :

	CH_3COO^-	$+$	H_2O	$\rightleftharpoons$	CH_3COOH	$+$	HO^-
Initial	$C \cdot V$		excès		0		0
En cours	$C \cdot V - x$		excès		x		x
Équilibre	$C \cdot V - x_{eq}$		excès		x_{eq}		x_{eq}

1-2 Taux d'avancement :

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_m} = \frac{[HO^-]_{eq} \cdot V}{C \cdot V} = \frac{[HO^-]_{eq}}{C}$$

On sait que $K_e = [H_3O^+][HO^-] \implies [HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}}$.

$$\tau = \frac{10^{-14}/10^{-8,9}}{3,9 \cdot 10^{-2}} \implies \tau \simeq 7,94 \cdot 10^{-5} < 1 \longrightarrow \text{Réaction limitée}$$

1-3 Quotient de réaction à l'équilibre :

$$Q_{r,eq} = \frac{[HO^-]_{eq} \cdot [CH_3COOH]_{eq}}{[CH_3COO^-]_{eq}} = \frac{[HO^-]_{eq}^2}{C - [HO^-]_{eq}} \quad ; \quad \left([HO^-]_{eq} = \frac{K_e}{[H_3O^+]_{eq}} = \frac{K_e}{10^{-pH}}\right)$$

$$Q_{r,eq} = \frac{\left(\frac{K_e}{10^{-pH}}\right)^2}{C - \frac{K_e}{10^{-pH}}} = \frac{K_e^2}{10^{-2pH}} \cdot \frac{10^{-pH}}{C \cdot 10^{-pH} - K_e} \implies Q_{r,eq} = \frac{K_e^2}{10^{-pH}(C \cdot 10^{-pH} - K_e)}$$

1-4 Valeur de $Q_{r,eq}$:

$$Q_{r,eq} \simeq 6,33 \cdot 10^{-10} < 10^4 \longrightarrow \text{réaction limitée}$$

1-5 Constante d'acidité K_A :

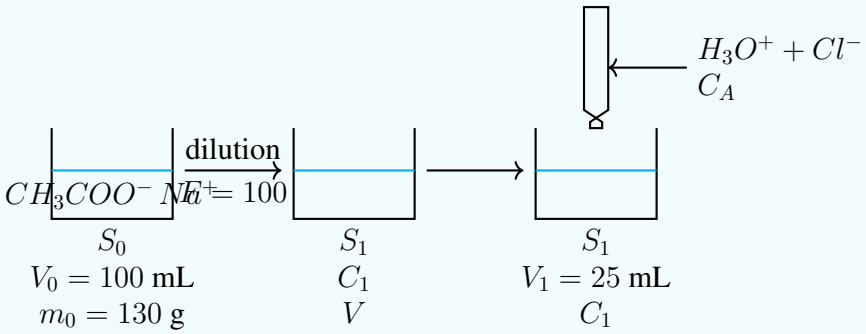
$$K_A = \frac{[H_3O^+]_{eq} \cdot [CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}} \times \frac{[HO^-]_{eq}}{[HO^-]_{eq}} = \frac{K_e}{Q_{r,eq}} \simeq 1,58 \cdot 10^{-5}$$

$$pK_A = -\log(K_A) \implies pK_A \simeq 4,8$$

---

2) Dosage :

Elomrani



2-1 Équation de dosage :

$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

* dans les produits de la réaction on a : CH_3COOH (acide) et H_2O (neutre). $\longrightarrow$ à l'équivalence la solution (mélange) est acide ($pH_E < 7$).
2-2 / 2-2-1 Courbe : $V_{AE} = 9$ mL. **2-2-2 Concentration** C_1 **:** * $C_1V_1 = C_AV_{AE} \implies C_1 = 7,2 \cdot 10^{-2}$ mol $\cdot$ L^{-1}. * $F = \frac{C}{C_1}$ (Facteur de dilution) $\implies F = \frac{C}{C_1} \implies C = F \cdot C_1 \implies$ $C = 7,2$ **mol $\cdot$ L^{-1}**
2-3 Calcul de m **:** On a : $C = \frac{n(CH_3COONa)}{V_0} \implies C = \frac{m(CH_3COONa)}{M \cdot V_0} \implies m(CH_3COONa) = C \cdot M \cdot V_0$

$m(CH_3COONa) = 7,2 \times 82 \times 100 \cdot 10^{-3} \implies$ $m(CH_3COONa) = 59,04$ **g**

2-4 Pourcentage massique :

$$\%(CH_3COONa) = \frac{m(CH_3COONa)_{\text{pure}}}{\text{masse de la solution}} = \frac{59,04}{130} = 0,454 \implies \simeq 45,4\%$$

Elomrani

Partie 2 : Conductimétrie & Partie 3 : Électrolyse

Partie 2 1) Conductimétrie :

	C_6H_5COOH	$+$ CH_3COO^-	$\rightleftharpoons$ $C_6H_5COO^-$	$+$ CH_3COOH
Initial	n_0	n_0	0	0
Équilibre	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	x_f	x_f

$$\sigma = \lambda_1[Na^+]_f + \lambda_2[C_6H_5COO^-]_f + \lambda_3[CH_3COO^-]_f = \lambda_1\left(\frac{n_0}{V}\right) + \lambda_2\left(\frac{x_f}{V}\right) + \lambda_3\left(\frac{n_0 - x_f}{V}\right)$$

$$\sigma = \frac{\lambda_1 n_0}{V} + \frac{\lambda_2 x_f}{V} + \frac{\lambda_3(n_0 - x_f)}{V} = \frac{x_f(\lambda_2 - \lambda_3)}{V} + \frac{n_0(\lambda_1 + \lambda_3)}{V}$$

$$\sigma \cdot V = x_f(\lambda_2 - \lambda_3) + n_0(\lambda_1 + \lambda_3) \implies x_f = \frac{\sigma \cdot V - n_0(\lambda_1 + \lambda_3)}{\lambda_2 - \lambda_3}$$

$$x_f = \frac{255 \cdot 10^{-3} \times (100 \cdot 10^{-6}) - 3 \cdot 10^{-3}(5 + 4,1) \cdot 10^{-3}}{(3,2 - 4,1) \cdot 10^{-3}} = \frac{-1,8 \cdot 10^{-6}}{-0,9 \cdot 10^{-3}} \implies x_f = 2 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}$$

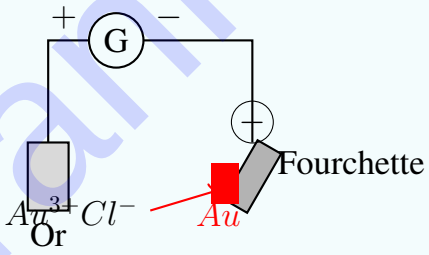
2) Constante K :

$$K = \frac{[C_6H_5COO^-]_f \cdot [CH_3COOH]_f}{[C_6H_5COOH]_f \cdot [CH_3COO^-]_f} = \frac{\frac{x_f}{V} \cdot \frac{x_f}{V}}{\frac{n_0 - x_f}{V} \cdot \frac{n_0 - x_f}{V}} = \left(\frac{x_f}{n_0 - x_f}\right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}}\right)^2 \implies K = 4$$

Partie 3

1) Au niveau de la fourchette :

$$Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au$$



réduction cathodique $\implies$ fourchette : **cathode** $\ominus$.

2) * métal d'or : * équations bilans : (Au^{3+}/Au) $Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au$ (réduction) (Cl_2/Cl^-) $2Cl^- \rightleftharpoons Cl_2 + 2e^-$ (oxydation)

3) $\Delta t = 40$ **min,** $I = 31$ **mA** **3-1 Équation globale :** $2Au^{3+}_{(aq)} + 6Cl^-_{(aq)} \longrightarrow 2Au_{(s)} + 3Cl_{2(g)}$

3-2 Calcul de m(Au) : Tableau d'avancement pour l'or : $Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au \implies n(e^-) = 3x$ et $n(Au) = x = \frac{m}{M}$.

$$n(e^-) = \frac{I \cdot t}{F} = 3x \implies \frac{I \cdot t}{F} = 3\frac{m}{M} \implies m(Au) = \frac{I \cdot t \cdot M}{3F} \implies m(Au) = 5 \cdot 10^{-2}\,\text{g}$$

3-3 Calcul de e (épaisseur) :

$$\rho(Au) = \frac{m(Au)}{V(Au)} = \frac{m(Au)}{S \cdot e} \implies e = \frac{m(Au)}{S \cdot \rho}$$

$$e = \frac{5 \cdot 10^{-2}\ \text{g}}{21,6\ \text{cm}^2 \times 19,3\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}} \implies e \simeq 1,2{\cdot}10^{-4}\ \text{cm} = 1,2{\cdot}10^{-6}\ \text{m} \implies e = 1,2\,\mu\text{m}$$

3-4 Équation globale & V(Cl_2) :

$$\frac{n(Cl_2)_f}{3} = \frac{n(Au)_{dep}}{2} \implies \frac{V(Cl_2)}{3 \cdot V_m} = \frac{m(Au)_{dep}}{2 \cdot M(Au)} \implies V(Cl_2) = \frac{3 \cdot V_m \cdot m(Au)}{2 \cdot M(Au)} =$$

$\Rightarrow$ $V(Cl_2) \simeq 9,5 \cdot 10^{-3}$ **L**

Elomrani

3-5 Concentration de Cl^- :

$$[Cl^-] = \frac{n(Cl^-)}{V} = \frac{C_0V - 6x}{V} = C_0 - \frac{6x}{V} \quad \left(x = \frac{m(Au)}{M(Au)} = 2,54 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\right)$$

$$[Cl^-] \simeq 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

4) Prix : $m(Au)_{dep} = 5 \cdot 10^{-2}$ g $\quad (395,53$ Dh/g$) \Longrightarrow$ **prix** $\simeq$19,77 DH

PHYSIQUE 1 : Partie 1 (Étude d'une onde mécanique le long d'une corde)

1°) Calcul de Δt : durée de l'onde

* Δt : durée du signal. $V = \frac{L}{\Delta t}$ ① * L : longueur du signal. * d : distance parcourue par l'onde à la date t_1. $d = SF$.

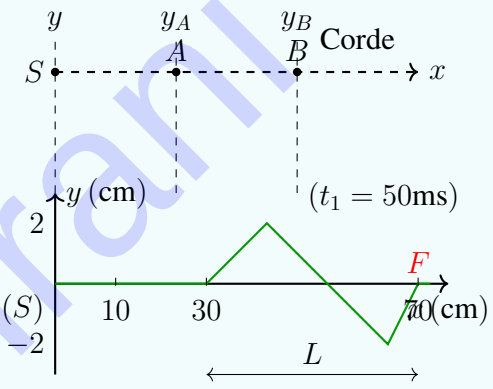
$$V = \frac{d}{t_1 - t_0} = \frac{d}{t_1} \quad ②$$

Formules ① et ② :

$$\frac{L}{\Delta t} = \frac{d}{t_1} \Longrightarrow \Delta t = \frac{L \cdot t_1}{SF}$$

$$\Delta t = \frac{(70 - 30) \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-3}}{70 \cdot 10^{-2}}$$

$$\Delta t \simeq 2,86 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 28,6 \text{ ms}$$



x(cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
y(cm)	0	0	0	0	2	0	-2	0	0	0

Elomrani

2°) Étude des Tableaux 1 et 2 2-1 Identification des points : * Retard Temporel Tableau ① : $\tau_{①} = 0,150$ s * Tableau ② : $\tau_{②} = 0,100$ s

$$\tau_{②} < \tau_{①}$$

Le point A est plus proche de (S) par rapport à B $\Longrightarrow$ $\tau_A < \tau_B$. (a) et (b) donne :

$$\begin{cases} \tau_{②} < \tau_{①} \\ \tau_A < \tau_B \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \text{(A) Tableau ②} \\ \text{(B) Tableau ①} \end{cases}$$

Tableau 1 (B)

t(s)	0	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250	0,300
y(mm)	0	0	2	0	-2	0	0

Tableau 2 (A)

t(s)	0	0,050	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200
y(mm)	0	0	0	2	0	-2	0

2-2 Retard de B par rapport à A :

$\tau_{B/A} = \tau_B - \tau_A = \tau_{①} - \tau_{②} \Longrightarrow \tau_{B/A} = 5 \cdot 10^{-2}$ **s**

2-3 Calcul de AB :

$$AB = V \cdot \tau_{B/A}$$

* Calcul de V / question ① :

$$V = \frac{L}{\Delta t} = \frac{40 \cdot 10^{-2}\ \text{m}}{2,86 \cdot 10^{-2}\ \text{s}} \Longrightarrow V \simeq 14\ \textbf{m/s}$$

$AB = V \cdot \tau_{B/A} = 14 \times 5 \cdot 10^{-2}$ m $\Longrightarrow$ $AB = 0,7$ **m**

Elomrani

PHYSIQUE : Nucléaire (Suite)

Partie 2 : Datation au Potassium-Argon

Partie 2 : Radioactivité

1) $^{40}_{19}K$ (protons : 19, Neutrons $40 - 19 = 21$)
2°) $^{40}_{19}K \longrightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{1}e \quad (\beta^+)$
3°) 3-1 $N(K) = N_0 e^{-\lambda t}$ **3-2** On a : $N_0(K) = \underbrace{N(K)}_{\text{restant}} + \underbrace{N(K)_{\text{désintégré}}}_{\text{formé}}$

$$N_0 = N(K) + N(Ar)$$

donc $N(Ar) = N_0 - N(K) = N_0 - N_0 e^{-\lambda t}$

$$N(Ar) = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad (\lambda \textbf{ constante radio de K})$$

3-3 $t = ?$ $N(K)_{\text{détruit}} = \frac{8,5}{100} N_0 = N(Ar)_{\text{formé}}$ donc $N(Ar) = N_0(1 - e^{-\lambda t}) = \frac{8,5}{100} N_0 = 8,5 \cdot 10^{-2} N_0$

$$1 - e^{-\lambda t} = 8,5 \cdot 10^{-2} \Longrightarrow e^{-\lambda t} = 1 - 8,5 \cdot 10^{-2} = 9,15 \cdot 10^{-1}$$

$$\ln(e^{-\lambda t}) = \ln(0,915) \Longrightarrow -\lambda t = \ln(0,915) \Longrightarrow t = -\frac{\ln(0,915)}{\lambda}$$

$$t = \frac{0,089}{\lambda} \Longrightarrow t = \frac{8,9 \cdot 10^{-2}}{\lambda}$$

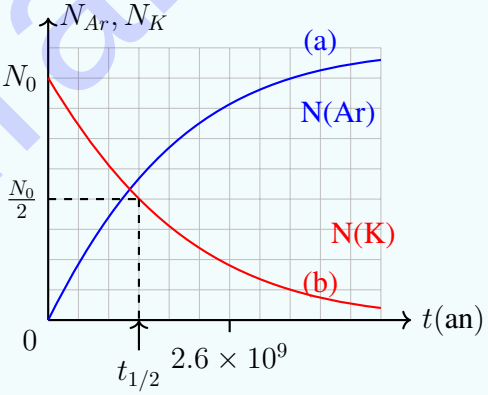
4°) 4-1 K réactif : donc le nombre de K diminue avec le Temps **(Courbe b)**.

4-2 à $t = t_{1/2}$ $N(K) = \frac{N_0}{2}$ et $N(K) = N(Ar)$ (Intersection)

$$2,6 \cdot 10^9 \text{ an} \longrightarrow 6 \text{ div}$$

$$t_{1/2} \longrightarrow 3 \text{ div}$$

$$t_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9 \textbf{ ans}$$



4-3 $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

$$\Longrightarrow \lambda = 5,33 \cdot 10^{-10} \textbf{ an}^{-1} = 0,533 \cdot 10^{-9} \textbf{ an}^{-1}$$

5) 5-1

$$N_0 = N(K) + N(Ar) \quad (\text{données } N(Ar) = 3N(K))$$

$$N_0 = N(K) + 3N(K) = 4N(K) \Longrightarrow \frac{N_0}{N(K)} = 4$$

5-2

$$N(K) = N_0 e^{-\lambda t} \Longrightarrow e^{-\lambda t} = \frac{N(K)}{N_0} \Longrightarrow e^{\lambda t} = \frac{N_0}{N(K)} = 4 \Longrightarrow \lambda t = \ln 4$$

$$t = \frac{\ln 4}{\lambda} \Longrightarrow t \simeq 2,6 \cdot 10^9 \textbf{ ans}$$

Elomrani

PHYSIQUE : 2

Partie 1 : Circuit RC avec association de condensateurs

Partie 1 : Étude du circuit RC

1°) Équation des tensions :

$$U_R + U_1 + U_2 = E$$

(attention : C_2 et C_3 sont parallèle) donc $U_2 = U_3$. alors : $U_R + U_1 + U_2 + U_3 = E$ **(Faux)**

$$U_R + U_1 + U_2 = E \quad \text{(La même)}$$

$$R \cdot i(t) + U_1 + U_2 = E$$

(il faut Exprimer U_1 en fonction de U_2). Soit C' la capacité équivalente de C_2 et C_3 :

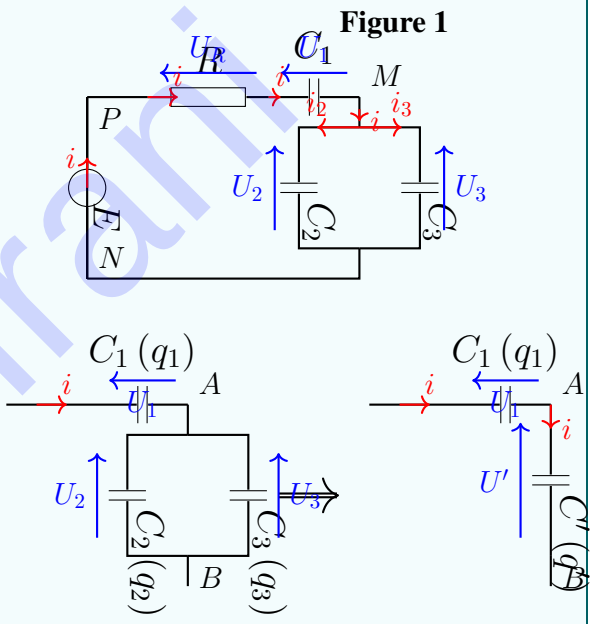
$$C' = C_2 + C_3$$

Données : $C_1 = 3C_2 = 6C_3 \Longrightarrow C_2 = 2C_3$.

$$C' = C_2 + C_3 = 2C_3 + C_3 = 3C_3$$

On constate que C_1 et C' en série donc $q_1 = q'$. Alors :

Figure 1



$C_1U_1 = C' \cdot U'$ ($U' = U_2 = U_3$ circuit parallèle donc même Tension)

$$C_1U_1 = C' \cdot U_2 \Longrightarrow U_1 = \frac{C' \cdot U_2}{C_1}$$

$$U_1 = \frac{3C_3}{6C_3} \cdot U_2 = \frac{U_2}{2} \Longrightarrow U_1 = \frac{U_2}{2}$$

On a :

$$U_R + U_1 + U_2 = E \Longrightarrow U_R + \left(\frac{U_2}{2}\right) + U_2 = E$$

$$U_R + \left(\frac{1+2}{2}\right) U_2 = E \Longrightarrow U_R + \frac{3}{2}U_2 = E$$

Elomrani

$U_R = R \cdot i$ et $i = C\frac{dU_C}{dt}$.

$$\begin{cases} \text{Le courant qui Traverse } C_1 \text{ est } i \implies i = C_1\frac{dU_1}{dt} \\ \text{Le courant qui Traverse } C' \text{ est } i \implies i = C'\frac{dU'}{dt} = C'\frac{dU_2}{dt} = C'\frac{dU_3}{dt} \end{cases}$$

$$U_R + \frac{3}{2}U_2 = E \longrightarrow Ri + \frac{3}{2}U_2 = E$$

$$R\left(C'\frac{dU_2}{dt}\right) + \frac{3}{2}U_2 = E$$

$$\left(R(3C_3)\frac{dU_2}{dt} + \frac{3}{2}U_2 = E\right) \times \frac{2}{3}$$

$$2RC_3\frac{dU_2}{dt} + U_2 = \frac{2E}{3}$$

On identifie avec : $\alpha\frac{dU_2}{dt} + U_2 = \beta \cdot E$. $\alpha = 2RC_3$ **et** $\beta = \frac{2}{3}$

Expression de C_{eq} :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C'} = \frac{1}{6C_3} + \frac{1}{3C_3} = \frac{3}{6C_3} \implies C_{eq} = 2C_3$$

alors $R \cdot C_{eq} = R \cdot 2C_3 = \alpha \implies \alpha = R \cdot C_{eq}$ **(OUFF)**

2°) $U_2(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$

$$\frac{d}{dt}U_2(t) = A\left(0 - \left(-\frac{1}{\tau}e^{-t/\tau}\right)\right) = \frac{Ae^{-t/\tau}}{\tau}$$

On remplace dans l'équation différentielle :

$$2RC_3\frac{dU_2}{dt} + U_2 = \frac{2E}{3}$$

$$2RC_3\left(\frac{Ae^{-t/\tau}}{\tau}\right) + A - Ae^{-t/\tau} = \frac{2E}{3}$$

$$Ae^{-t/\tau}\left(\frac{2RC_3}{\tau} - 1\right) + A = \frac{2E}{3} \implies A = \frac{2E}{3} \quad \textbf{et} \quad \tau = 2RC_3$$

$$U_2(t) = \frac{2E}{3}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

Elomrani

3°) Expression de $i_2(t)$ On sait que $i = C\frac{dU_C}{dt}$.

$$i_2 = C_2\frac{dU_2}{dt} = C_2\frac{d}{dt}\left[\frac{2E}{3}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)\right]$$

$$= C_2 \cdot \frac{2E}{3}\left(0 - \left(-\frac{1}{\tau}e^{-t/\tau}\right)\right) = C_2\frac{2E}{3\tau}e^{-t/\tau}$$

données : $C_1 = 3C_2 = 6C_3 \implies C_2 = 2C_3$. On remplace $\tau = 2RC_3$ et C_2 :

$$i_2(t) = \frac{2E \cdot 2C_3}{3 \cdot 2RC_3}e^{-t/\tau} = \frac{2E}{3R}e^{-t/\tau}$$

$$i_2(t) = \frac{2E}{3R} \cdot e^{-t/\tau} = \delta \cdot e^{-t/\tau} \quad \left(\delta = \frac{2E}{3R}\right)$$

4°) 4-1 Courbes $U_2(t)$ **et** $U_{PM}(t)$ * U_2 = Tension aux bornes de C_2 et C_3. À $t = 0$, les condensateurs non chargés $\implies$ à $t = 0$, $U_2 = 0$. La courbe de U_2 passe par l'origine.
* $U_{PM} = U_R + U_1 = Ri + U_1$. À $t = 0$: $U_1 = 0$ (C_1 non chargé) et $i \neq 0$ donc $U_{PM} \neq 0$. À $t = 0 \implies U_{PM} \neq 0$ (La courbe U_{PM} ne passe pas par l'origine).

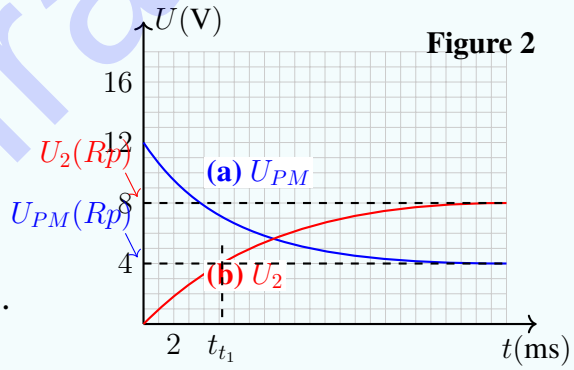


Figure 2

$\implies$ $\begin{cases} U_2 : \textbf{La courbe (b)} \\ U_{PM} : \textbf{La courbe (a)} \end{cases}$

PHYSIQUE : Électricité (Suite)

Fin de l'étude du circuit RC et Circuit RLC en régime forcé

Suite 4) Étude du circuit RC

4-2 Expression de $U_{PM} = f(t)$ On a : $\underbrace{U_R + U_1}_{U_{PM}} + U_2 = E$ (avec $U_R + U_1 =$

Elmrani

$U_{PM}) \Longrightarrow U_{PM} + U_2 = E$ donc $U_{PM}(t) = E - U_2(t)$

$$U_{PM}(t) = E - \frac{2E}{3}\left(1 - e^{-t/\tau}\right) = E - \frac{2E}{3} + \frac{2E}{3}e^{-t/\tau} = \frac{E}{3} + \frac{2E}{3}e^{-t/\tau}$$

$$\boxed{U_{PM}(t) = \frac{E}{3}\left(1 + 2e^{-t/\tau}\right)}$$

4-3 Calcul de A et E : (graphiquement) * on a : $\underline{U_2(t) = A(1 - e^{-t/\tau})} \longrightarrow$ Régime permanent (RP) $(t \to \infty)$: $U_2(Rp) = A \longrightarrow$ graphe : $U_2(Rp) = 16$ V $\Longrightarrow$ $A = 16$ **V**

* on a : $\underline{U_{PM}(t) = \frac{E}{3}(1 + 2e^{-t/\tau})} \longrightarrow$ Régime permanent : $U_{PM}(Rp) = \frac{E}{3}(1 + \underbrace{2e^{-\infty}}_{=0}) = \frac{E}{3} \longrightarrow$ graphe : $U_{PM}(Rp) = 8$ V

$$\text{donc : } \frac{E}{3} = 8 \text{ V} \longrightarrow E = 24 \text{ V}$$

4-4 : Intersection des courbes donc : $U_{PM}(t) = U_2(t)$

$$\frac{E}{3}\left(1 + 2e^{-t_1/\tau}\right) = \frac{2E}{3}\left(1 - e^{-t_1/\tau}\right)$$

$$1 + 2e^{-t_1/\tau} = 2 - 2e^{-t_1/\tau} \Longrightarrow 4e^{-t_1/\tau} = 1 \Longrightarrow e^{-t_1/\tau} = \frac{1}{4}$$

$$-\frac{t_1}{\tau} = \ln\left(\frac{1}{4}\right) = -\ln 4 = -2\ln 2 \Longrightarrow t_1 = 2\tau \ln 2$$

4-5 Calcul de τ à partir des courbes $t_1 = 5,5$ ms

$$\tau = \frac{t_1}{2\ln 2} = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{2\ln 2} \Longrightarrow \tau \simeq 3,97 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

5°) $t = ?$ $E_e(C_1) = \frac{1}{2}E_e(C_2)_{(\max)}$

$$\frac{1}{2}C_1U_1^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}C_2U_{2(\max)}^2\right)$$

Sachant que $C_1 = 3C_2 \Longrightarrow 3C_2\left(\frac{U_2}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}C_2U_{2(\max)}^2 \Longrightarrow \frac{3}{4}U_2^2 = \frac{1}{2}U_{2(\max)}^2 \Longrightarrow U_2^2 = \frac{2}{3}U_{2(\max)}^2$ graphe : $U_{2(\max)} = 16$ V $\Longrightarrow U_2^2(t) = \frac{2}{3}(16)^2 = 128$ V^2 donc $U_2(t) \simeq 11,31$ V ; d'après la courbe de U_2 et par Projection on trouve : $t \simeq 4,5$ **ms** $= 4,5 \cdot 10^{-3}$ **s**

Méthode demandée : calcul on a précédent $U_2(t) = 11,31$ V et $U_2(t) = \frac{2E}{3}\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \Longrightarrow 11,31 = \frac{2 \cdot 24}{3}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

$$11,31 = 16\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \Longrightarrow 1 - e^{-t/\tau} = 0,7 \Longrightarrow e^{-t/\tau} = 0,3$$

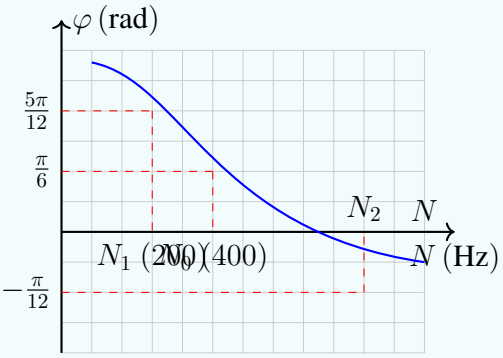
$$-\frac{t}{\tau} = \ln 0,3 = -1,2 \Longrightarrow t = 1,2 \cdot \tau \Longrightarrow t \simeq 4,76 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Elomrani

Partie 2 : Oscillateur RLC en régime forcé

1°) * L'excitateur : GBF * Résonateur : Circuit RLC

2°) Valeur de N_0 (Résonance)



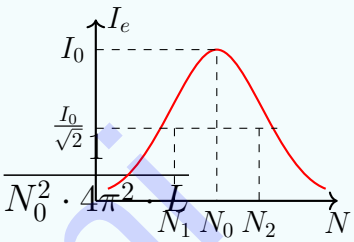
$u(t) = U\sqrt{2}\cos(2\pi Nt+\varphi)$; $\varphi_u = \varphi$

$i(t) = I_{\max}\cos\left(2\pi Nt + \dfrac{\pi}{6}\right)$; $\varphi_i = \dfrac{\pi}{6}$

À la résonance : $u(t)$ et $i(t)$ en phase $\Longrightarrow$ $\varphi_i(t) = \varphi_u(t)$. donc $\varphi = \frac{\pi}{6}$ **rad** ;

d'après la courbe $N_0 = 400$ **Hz**.

* Calcul de C :



$N_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Longrightarrow N_0^2 = \dfrac{1}{4\pi^2 LC} \Longrightarrow C = \dfrac{1}{N_0^2 \cdot 4\pi^2 \cdot L}$

$C = \dfrac{1}{(400)^2 \cdot 40 \cdot 0,1} \Longrightarrow C \simeq 1,56 \cdot 10^{-6}$ **F**

N_1 N_2 délimitent la bande passante

3°) Bande passante $\forall N \in [N_1, N_2] \Longrightarrow I_e \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ Rq : aux bornes de la bande passante N_1 et N_2 (pour $N = N_1$ ou $N = N_2$) $I_e = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

3-1 $\cos\Delta\varphi = \frac{R+r}{Z}$ et pour N_1 et N_2 : $Z = (R+r)\sqrt{2}$.

$$\text{donc } \cos\Delta\varphi = \frac{R+r}{Z} = \frac{R+r}{(R+r)\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{donc } |\Delta\varphi| = \frac{\pi}{4} \Longrightarrow \Delta\varphi = \frac{\pi}{4} \quad \text{ou} \quad \Delta\varphi = -\frac{\pi}{4}$$

$\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \varphi - \frac{\pi}{6}$.

* 1er cas : $\Delta\varphi = \frac{\pi}{4} \Longrightarrow \varphi - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{4} \Longrightarrow \varphi = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{6} = \frac{3\pi+2\pi}{12} = \frac{5\pi}{12} \xrightarrow{\text{graphe}}$ $N_1 = 200$ **Hz** * 2ème cas : $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{4} \Longrightarrow \varphi - \frac{\pi}{6} = -\frac{\pi}{4} \Longrightarrow \varphi = \frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{4} = \frac{2\pi-3\pi}{12} = -\frac{\pi}{12} \xrightarrow{\text{graphe}}$ $N_2 = 700$ **Hz**

3-2

$N_0^2 = (400)^2 = 1,6{\cdot}10^5$ et $N_1 \times N_2 = 200 \times 700 = 1,4{\cdot}10^5 \Longrightarrow N_1 \cdot N_2 \simeq N_0^2$

3-3 $Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{400}{700-200} \Longrightarrow Q = 0,8$

3-4 Puissance moyenne $\mathcal{P}$(bobine)

$$\mathcal{P}(\text{bobine}) = r \cdot I_e^2$$

Elomrani

Calcul de I_e pour $N = N_1 = 200$ Hz : $U_e = Z \cdot I_e \implies I_e = \frac{U_e}{Z} = \frac{5\sqrt{2}}{(R+r)\sqrt{2}}$.
donc $I_e = \frac{5}{R+r} = \frac{5}{90+10} \implies I_e = 5 \cdot 10^{-2}$ A.

$$\implies \mathcal{P} = 10(5 \cdot 10^{-2})^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ W} \implies \mathcal{P} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ W}$$

4) Expressions des fonctions $u(t)$ et $i(t)$ $N = 200$ Hz $\implies N = N_1$ (borne de la bande passante).

$$u(t) = U\sqrt{2}\cos(2\pi Nt+\varphi) \quad \left(U = 5\sqrt{2}\,,\ N = 200\,,\ \varphi = \frac{5\pi}{12} \text{ d'après question 3-1}\right)$$

$$u(t) = 10\cos\left(400\pi t + \frac{5\pi}{12}\right)$$

$$i(t) = I_m \cos\left(2\pi Nt + \frac{\pi}{6}\right) \quad \left(I_m = I_e\sqrt{2} = 5 \cdot 10^{-2}\sqrt{2} = 0,07\right)$$

$$i(t) = 7 \cdot 10^{-2}\cos\left(400\pi t + \tfrac{\pi}{6}\right)$$

PHYSIQUE : 3

Partie 1 : Mouvement sur un plan incliné & Oscillateur mécanique

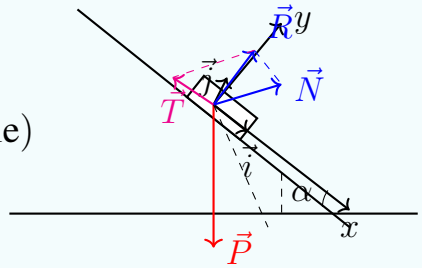
Partie 1 : Mouvement d'un corps sur un plan incliné

1°) Bilan des forces et accélérations :

$$\vec{R} + \vec{P} = m\vec{a}_G$$

$\vec{R}\begin{pmatrix} R_x = -T \\ R_y = +N \end{pmatrix}$ $(T = R_T$ réaction Tangentielle$)$
$(N = R_N$ réaction Normale$)$

$$\vec{P}\begin{pmatrix} P_x = mg\sin\alpha \\ P_y = -mg\cos\alpha \end{pmatrix}$$



$\downarrow \vec{Ox}$: $R_x + P_x = m \cdot a_x \implies mg\sin\alpha - T = m \cdot a_G \implies T = m(g\sin\alpha - a_G)$

$\downarrow \vec{Oy}$: $R_y + P_y = m\underbrace{a_y}_{=0} \implies N - mg\cos\alpha = 0 \implies N = mg\cos\alpha$

Elmrani

On a : $T = K \cdot N \implies \cancel{m}(g\sin\alpha - a_G) = K \cdot \cancel{m} g\cos\alpha.$

$$g\sin\alpha - a_G = K \cdot g\cos\alpha \implies a_G = g(\sin\alpha - K\cdot\cos\alpha)$$

2°) Accélération :

$$a_G = \frac{\Delta V}{\Delta t} \implies a_G = 0,7\ \mathbf{m\cdot s^{-2}}$$

3°) Constante de frottement K :

$$a_G = g(\sin\alpha - K\cos\alpha) \implies K = \frac{g\sin\alpha - a_G}{g\cos\alpha} \implies K = 0,9$$

Étude d'un Oscillateur : Système Masse-Ressort sur un plan incliné

1) Schéma (1) équilibre

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0}$$

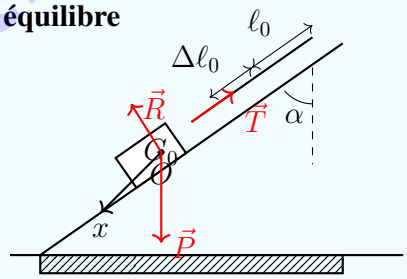
$$\downarrow \vec{Ox} : P_x + R_x + T_x = 0$$

$$mg\cos\alpha + 0 - T = 0$$

$$mg\cos\alpha = T = K\Delta\ell_0$$

$(\Delta\ell_0 = \ell_f - \ell_i)$

(Schéma 1) équilibre



2°) Équation différentielle (Schéma 2)

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}_G$$

$$\downarrow \vec{Ox} : P_x + R_x + T_x = ma_x$$

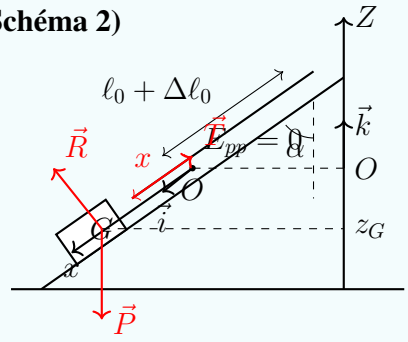
$$mg\cos\alpha - T = m\ddot{x} \quad (T = K\Delta\ell)$$

$$mg\cos\alpha - K(\Delta\ell_0 + x) = m\ddot{x} \quad (\Delta\ell = \Delta\ell_0 + x)$$

$$\underbrace{mg\cos\alpha - K\Delta\ell_0}_{=0} - Kx = m\ddot{x}$$

$$-Kx = m\ddot{x} \implies \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}x = 0$$

(Schéma 2)



3) 3-1 Énergie Potentielle $E_P(t)$ * $E_C = \frac{1}{2}mV^2$ * $E_{pp}(t) = mg(z_G(t) - z_0)$ $(z_0 = 0) \implies E_{pp}(t) = mgz_G$. D'après la figure (triangle) : $\cos\alpha =$

Elomrani

$\frac{|z|}{x}$ $(x > 0$ et $z < 0)$

$$\cos\alpha = \frac{-z}{x} \Longrightarrow z = -x\cos\alpha \Longrightarrow E_{pp}(t) = -mgx\cos\alpha$$

* $E_{pe} = \frac{1}{2}K\Delta\ell^2 + C'$ C.I : $E_{pe} = 0$ si $\Delta\ell = \Delta\ell_0$ (schéma 1).

$$0 = \frac{1}{2}K\Delta\ell_0^2 + C' \Longrightarrow C' = -\frac{1}{2}K\Delta\ell_0^2$$

$$E_{pe} = \frac{1}{2}K\Delta\ell^2 - \frac{1}{2}K\Delta\ell_0^2 = \frac{1}{2}K(\Delta\ell_0+x)^2 - \frac{1}{2}K\Delta\ell_0^2 = \frac{1}{2}K(\Delta\ell_0^2+2x\Delta\ell_0+x^2-\Delta\ell_0^2)$$

$$E_P(t) = E_{pp} + E_{pe} = \frac{K}{2}(x^2 + 2x\Delta\ell_0) - mgx\cos\alpha$$

$$E_P(t) = \frac{K}{2}x^2 + \underbrace{Kx\Delta\ell_0 - mgx\cos\alpha}_{0 \text{ (relation quest 1)}} \Longrightarrow E_P(t) = \frac{1}{2}Kx^2$$

3-2 et 4) Constante de raideur et Amplitude

3-2 Équation différentielle via l'Énergie $E_m = E_C + E_P = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}Kx^2$ $E_m =$ cte $\Longrightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Longrightarrow \ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0.$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

4°) $x(t) = x_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ **4-1** (K, x_m, φ) =? Graphe : T_0 (20 carreaux) $= 20 \times \left(\frac{0,1}{5}\right) = 0,40$ s. $E_{p\,\max} = 5 \cdot 10^{-3}$ J.

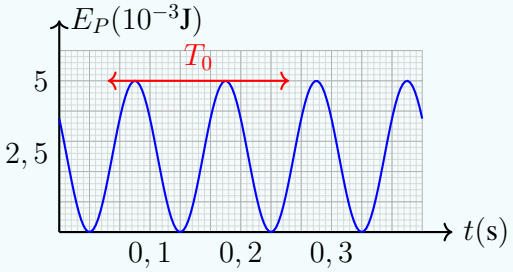


Figure 3

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \Longrightarrow T_0^2 = \frac{4\pi^2 m}{K} \Longrightarrow K = \frac{4\pi^2 m}{T_0^2} \Longrightarrow K = 25\ \mathbf{N\cdot m^{-1}}$$

* $E_P = \frac{1}{2}Kx^2 \Longrightarrow E_{p\,\max} = \frac{1}{2}Kx_m^2 \Longrightarrow x_m = \sqrt{\frac{2E_{p\,\max}}{K}} \Longrightarrow$ $x_m = 2 \cdot 10^{-2}$ **m** (2 **cm**) * φ =? Courbe à $t = 0, E_P = 1,25 \cdot 10^{-3}$ J $= \frac{1}{2}Kx_0^2$ donc $x_0 = \pm\sqrt{\frac{2E_P}{K}} = \pm 0,01$ m $= \pm 1$ cm. données : à $t = 0, x > 0 \longrightarrow x(t =$

Elomrani

$0) = 1$ cm. $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \implies x(t=0) = x_m \cos\varphi$

$$1 \cdot 10^{-2} = 2 \cdot 10^{-2} \cos\varphi \implies \cos\varphi = 0,5 \implies \begin{cases} \varphi_1 = \frac{\pi}{3} \text{ rad} \\ \varphi_2 = -\frac{\pi}{3} \text{ rad} \end{cases}$$

À $t = 0, V_{0x} < 0$. On a $V_x = \frac{dx}{dt} = -x_m \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$.

$$V_{0x} = -x_m \frac{2\pi}{T_0} \sin\varphi < 0 \implies \sin\varphi > 0 \implies \boxed{\varphi = \frac{\pi}{3} \textbf{ rad}}$$

4-2/ $V_0 = f(x_m, K, m)$ * Expression de $E(t=0)$

$$E_m(t=0) = E_C(t=0) + E_P(t=0) = \frac{1}{2}mV_0^2 + \frac{1}{2}Kx_0^2$$

* $E_m = E_{p\max} = \frac{1}{2}Kx_m^2$ donc $\frac{1}{2}mV_0^2 + \frac{1}{2}Kx_0^2 = \frac{1}{2}Kx_m^2$. Il faut éliminer x_0 : Courbe de E_P : $t = 0 \implies E_{p0} = 1,25 \cdot 10^{-3}$ J et $E_{p\max} = 5 \cdot 10^{-3}$ J.

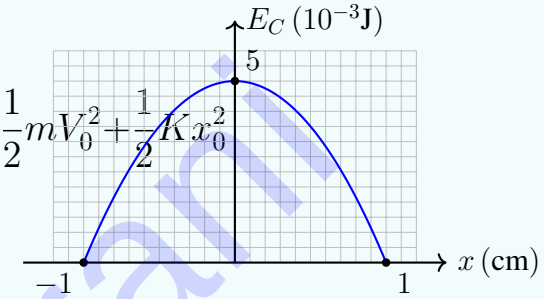


Figure 4

$$\frac{E_{p\max}}{E_{p0}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 10^{-3}} = 4 \quad \text{et}$$

On remplace dans l'équation d'énergie :

$$\frac{1}{2}mV_0^2 + \frac{1}{2}K\left(\frac{x_m^2}{4}\right) = \frac{1}{2}Kx_m^2 \implies$$

$K = 100$ **N/m**

Elomrani

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.
Établir l'expression littérale avant l'application numérique.
Aucune application numérique n'est acceptée sans unité appropriée.
Le sujet comporte 4 exercices

Chimie *(7 points)*

I- L'étude cinétique chimique de pentacarbonyle de fer *... (3 points)*

II- L'étude de phosphate d'ammonium dans un engrais *... (4 points)*

Exercices de physique *(13 points)*

Physique 1 : *(4 points)*

I- Le phosphore 32 *... (1,25 points)*

II- Le phosphore 30 *... (2,75 points)*

Physique 2 : *(4,5 points)*

I- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension *... (2 points).*

II- Les oscillations électriques libres *... (2,5 points).*

Physique 3 : *(4,5 points)*

I- Etude du mouvement d'un ballon de basket dans le champ de pesanteur *... (2,25 points)*

II- Etude du mouvement d'une particule chargée dans un magnétique uniforme *... (2,25 points)*

CHIMIE :

I- L'étude cinétique chimique de pentacarbonyle de fer :

Le pentacarbonyle de fer est un composé chimique gazeux du fer de formule chimique brute $Fe(CO)_5$. Il est un précurseur (Il participe à la synthèse des grosses molécules) commun pour de nombreux et divers autres composés du fer dont beaucoup sont utilisés en synthèse organique.

A 200°C et dans l'obscurité le pentacabonyle de fer se décompose lentement en fer solide Fe et en monoxyde de carbone gazeux CO.

A t=0 On enferme une quantité de matière n_0=2mmol de pentacarbonyle de fer dans une enceinte de volume V=250mL, probablement vidée, puis on chauffe à 209°C, on enregistre la pression P(t) mesurée au cours du temps t.

On mesure la pression P à différents instants et on représente la variation de P en fonction du temps t, obtient le graphe représenté dans la figure 1. La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'instant t=0.

Données : On considère que tous les gaz sont parfaits ;

La constante des gaz parfaits : R=8,31(S.I) ; T(K)=273,15 + θ(°C)

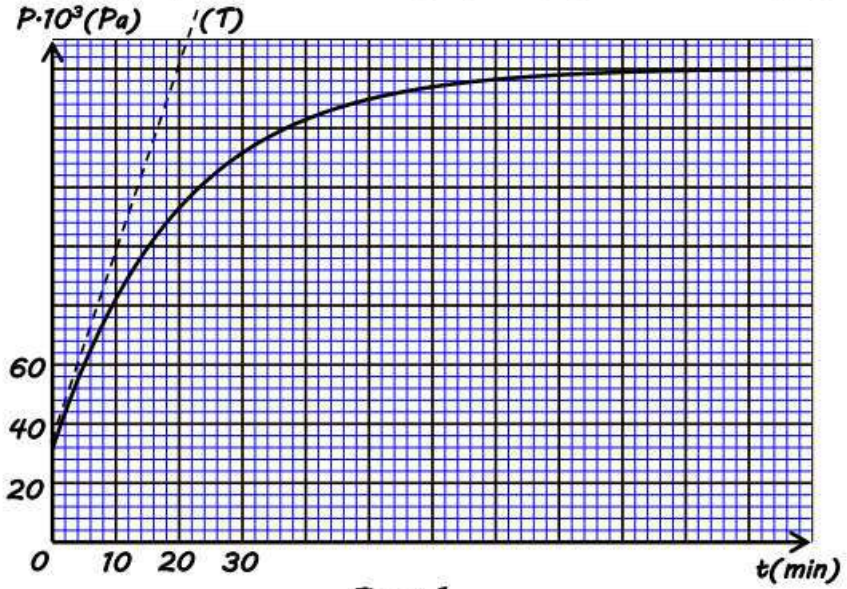


Figure 1

1- Ecrire l'équation de la réaction modalisant la transformation chimique qui a lieu et dresser

2- Calculer à t=0 la pression totale P_0 dans l'enceinte au début de la décomposition. (0,5pts)

3- Montrer que l'avancement de la réaction x(t) à un instant t peut s'écrire sous la forme :

$$x(t) = \frac{n_0}{4} \cdot \left(\frac{P(t)}{P_0} - 1\right) \quad \cdot (0{,}5pts)$$

4- Déterminer graphiquement $t_{1/2}$, le temps de demi-réaction. (0,5pts)

5- Trouver l'expression de la vitesse volumique de la réaction en fonction de R ,T et la dérivée par rapport au temps de la fonction P(t). (0,5pts)

6- Déterminer dans le système international des unités, la vitesse volumique de la réaction à l'instant t=0. (0,5pts)

II- L'étude de phosphate d'ammonium dans un engrais :

Le phosphate d'ammonium est utilisé principalement comme engrais ; il contient les éléments fertilisants phosphore P et azote N.

Le phosphate d'ammonium formule chimique brute $(NH_4)_3PO_4$, se trouve sous forme de cristaux

très soluble dans l'eau.

La dissolution de ces cristaux dans l'eau est une transformation totale d'équation :

$$(NH_4)_3PO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 3\cdot NH_4^{+}{}_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$$

Données à 25°C : $pK_A(NH_4^+/NH_3)=pK_{A1}=9,2$; $pK_A(HPO_4^{2-}/PO_4^{3-})=pK_{A2}=12,4$

$K_e=10^{-14}$; $M(N)=14 g\cdot mol^{-1}$

1- Réaction acido-basique dans la solution aqueuse du phosphate d'ammonium :

On prépare une solution aqueuse par dissolution de $n_0=10^{-2}$mol de phosphate d'ammonium dans un volume V d'eau pure.

1.1- Calculer la quantité de matière d'ions ammonium NH_4^+ et d'ions phosphate PO_4^{3-} dans cette solution. (0,25pts)

1.2- Montrer sur une échelle de pH le domaine de prédominance des ions ammonium et d'ions phosphate PO_4^{3-}. (0,25pts)

1.3- Ecrire l'équation de réaction acido-basique entre les ions ammonium NH_4^+ et les ions phosphate PO_4^{3-} . (0,25pts)

1.4- Déterminer la constante d'équilibre K de cette réaction entre les ions ammonium NH_4^+ et les ions phosphate PO_4^{3-} . (0,25pts)

1.5- Calculer le taux d'avancement final de la réaction étudiée. (0,5pts)

1.6- En déduire le pH du mélange à l'état final. (0,25pts)

2- Pourcentage massique pX de l'élément azote N dans un engrais azoté :

La réaction entre les ions ammonium et les ions phosphates est supposée rapide et totale.

Un produit industriel, contient du phosphate d'ammonium(s). Le fabriquant indique, sur la caisse d'emballage du produit industriel azoté, le pourcentage massique pX de l'élément azote dans ce produit : pX = 63 %.

Le but de cet exercice est de s'assurer de cette valeur de pX.

On dissout dans l'eau pure, un échantillon du produit industriel azoté de masse m= 1,2 g.

Le volume de la solution obtenue S_A est V=200mL.

On introduit dans un bécher un volume V_A=20mL de la solution S_A et en utilisant le dispositif représenté sur la figure 2, on dose les ions ammonium présents à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)}+HO^-_{(aq)}$) de concentration C_B=0,2mol/L.

Le pH et volume versé à l'équivalence sont respectivement : pH_E=11 et V_{BE}=18mL.

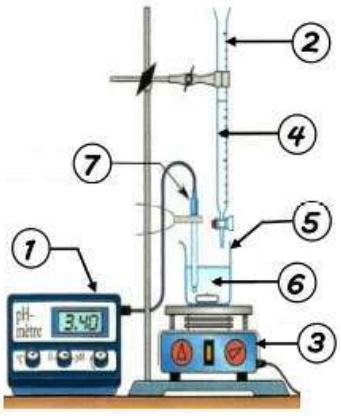


Figure 2

2.1- Donner les noms correspondants aux numéros indiqués sur le dispositif (Figure 2). (0,5pts)

2.2- Ecrire l'équation de la réaction du dosage. (0,25pts)

2.3- Déterminer la constante d'équilibre K' de la réaction du dosage. (0,5pts)

2.4- Montrer que la quantité de matière de l'élément Azote N présent dans l'engrais étudié est : $n(N) = \frac{3}{2}\cdot\frac{C_B\cdot V_{BE}}{V_A}\cdot V$. (0,5pts)

2.5- S'assurer de la valeur pX du pourcentage massique de l'élément azote N dans le produit industriel étudié. (0,5pts)

2.6- Parmi les indicateurs colorés indiqués dans le tableau ci-dessous, choisir celui qui conviendra le mieux à ce dosage. (0,25pts)

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	pK_a	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 – 4,4	3,4	Jaune
Vert de bromocrésol	Jaune	3,8 – 5,4	4,9	Bleu
Bleu de bromothymol (BBT)	Jaune	6,0 – 7,6	7,1	Bleu
Rouge de crésol	Jaune	7,2 – 8,8	8,5	Rouge
Phénolphtaléine	Incolore	8,2 – 10,0	9,4	Rose
Rouge d'alizarine	Violet	10,0 – 12,0	≈ 11	Jaune

PHYSIQUE 1 : Radioactivité

I- Le phosphore 32 :

Le phosphate de sodium de formule Na_2HPO_4 est une substance radioactive (cristaux blancs) utilisée en médecine nucléaire. La radioactivité de cette substance est due à l'isotope de phosphore $^{32}_{15}P$. Il se présente sous forme d'une solution qui s'injecte par voie veineuse pour traiter la polyglobulie primitive (maladie de Vaquez). Il se fixe sélectivement sur les globules rouges (hématies), car il suit le métabolisme du fer, abondant dans ces globules, et son rayonnement détruit les hématies en excès.

C'est un traitement efficace et bien toléré de cette affection.

Données : - Le phosphore $^{32}_{15}P$ est radioactif β^-.
- la constante d'Avogadro : $N_A=6,02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$.
- Extrait de la classification périodique : $_{11}Na$; $_{12}Mg$; $_{13}Al$; $_{14}Si$; $_{15}P$; $_{16}S$; $_{17}Cl$.
- Les masses molaire : $M(Na)=23g\cdot mol^{-1}$, $M(H)=1g\cdot mol^{-1}$, $M(O)=16g\cdot mol^{-1}$, $M(P)=32g\cdot mol^{-1}$.

1- Généralités :

1.1- Donner la composition du noyau de phosphore 32. (0,25pts)

1.2- Définir le terme « isotope ». (0,25pts)

1.3- Quelle est la particule émise lors d'une radioactivité β^- ? (0,25pts)

1.4- Énoncer les lois de conservation qui régissent une réaction nucléaire, puis établir l'équation de désintégration du phosphore 32 en précisant l'élément formé. (0,5pts)

2- Loi de décroissance :

A $t_0=0$, Un patient reçoit par voie intraveineuse une solution de phosphate de sodium contenant une masse $m_0=0,237\mu g$ de cette substance. On considère que le nombre de noyaux radioactifs diminue chaque jour de $p=4,8\ \%$.

On note $N_n(t_n)$ le nombre de noyaux radioactifs au bout de $t_n=n$ jours ($n \in \mathbb{N}$).

On note N_0 le nombre initial de noyaux de phosphore 32 à $t_0=0$.

2.1- Calculer le nombre initial N_0. (0,25pts)

2.2- La demi-vie $t_{1/2}$ de décroissance radioactive se définissant comme l'intervalle de temps au cours duquel la moitié des noyaux subiront une désintégration : $N(t+t_{1/2})=\frac{1}{2}\cdot N(t)$, montrer que la constante radioactive λ est reliée à la demi-vie $t_{1/2}$ de l'élément radioactif par l'expression : $\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$. (0,25pts)

2.3- Montrer que le nombre de noyaux radioactifs au bout de n jours peut s'écrire à l'instant t_n sous la forme : $N_n(t_n)=N_0\cdot(1-p)^n$. (0,5pts)

2.4- En déduire que : $t_{1/2}=-\frac{\ln 2}{\ln(1-p)}$. Vérifier que la valeur de $t_{1/2}$=14,3ans. (0,25pts)

2·5- Calculer la valeur de l'activité A_{10} de l'échantillon de phosphore reçu par le patient après 10 jours· (0,25pts)

II- Le phosphore 30 :

En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie ont synthétisé du phosphore 30 ($^{30}_{15}P$) en bombardant de l'aluminium 27 avec des particules alpha· Le phosphore 30 se désintègre par émission β^+ en silicium 30 (^{30}Si), un isotope stable·

Données : - unité de masse atomique : $1u=1,66\cdot10^{-27}kg$
- électron-volt : $1eV=1,6\cdot10^{-19}\ J$
- célérité de la lumière dans le vide : $C=3\cdot10^{8}\ m\cdot s^{-1}$
- masse de différentes particules :

Particule	proton	neutron	$^{30}_{15}P$
Masse	$m_p=1,00728\ u$	$m_n=1,00866\ u$	$m(^{30}_{15}P)=29,97006\ u$

- énergie de liaison par nucléon du phosphore 31 : $\zeta(^{31}_{15}P) = 8,48\ MeV/nucléon$

1- Quelle est la particule émise lors d'une radioactivité β^+ ? (0,25pts)

2- Donner la définition de l'énergie de liaison E_L d'un noyau· (0,25pts)

3- Donner l'expression du défaut de masse Δm d'un noyau en fonction du nombre de nucléons et du nombre de protons de ce noyau et des masses m_p, m_n et $m(^{30}_{15}P)$· (0,5pts)
Calculer le défaut de masse d'un noyau de phosphore 30 ; l'exprimer en kg·

4- Énergie de liaison par nucléon du phosphore 30·

4·1- Quelle relation lie l'énergie de liaison et le défaut de masse ?
Calculer l'énergie de liaison d'un noyau de phosphore 30 exprimée en joule puis en MeV·
En déduire l'énergie de liaison par nucléon· (0,5pts)

4·2- Comparer cette valeur à celle de l'énergie de liaison par nucléon du phosphore 31·
Conclure· (0,25pts)

PHYSIQUE 2 : Electricité

La bobine est utilisée dans plusieurs circuits électriques et électroniques pour contrôler
ou sélectionner des signaux·

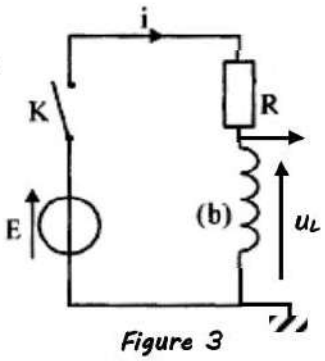


Figure 3

I- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension :

On réalise le montage expérimental représenté sur la figure 3 comprenant :
- un générateur de tension de f·e·m· E ;
- un conducteur ohmique de résistance $R=80\Omega$;
- une bobine (b) d'inductance L et de résistance r ;
- un interrupteur K·

A un instant choisi comme origine des dates t=0 on ferme l'interrupteur K et on suit l'évolution de la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine à l'aide d'un système d'acquisition adéquat·

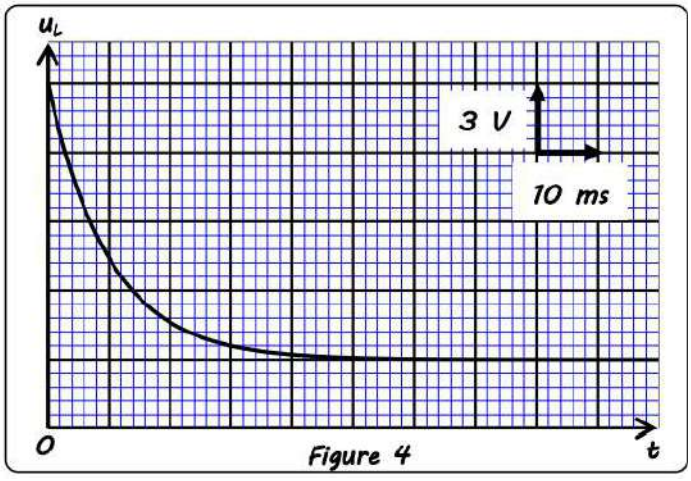


Figure 4

La courbe de la figure 4 représente l'évolution de la tension $u_L(t)$.

1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_L(t)$. (0,5pts)

2- La solution de cette équation différentielle

s'écrit sous la forme : $u_L(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$, avec : A , B et τ des constantes. (0,5pts)

Exprimer $u_L(t)$ en fonction de t et des paramètres du circuit (E, R , r , L).

3- Trouver la valeur de E et de r. (0,5pts)

4- Trouver la valeur de u_L à la date $t=\tau$ et vérifier que L=1H. (0,5pts)

II- Les oscillations électriques libres :

On réalise le montage représenté dans la figure 5 et qui est constitué de :

- La bobine précédente (b) de coefficient d'inductance L et de résistance r.
- Un conducteur ohmique de résistance $R'=82\Omega$.
- Un condensateur de capacité C initialement chargé sous une tension U_0, emmagasinant une énergie électrique $E_{e0}=0,5mJ$.
- l'interrupteur K.

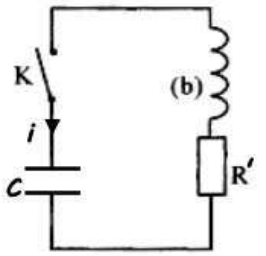


Figure 5

On pose $R_T=R'+r$ résistance totale du circuit étudié.

A l'instant $t_0=0$ que l'on considère comme origine du temps, on ferme l'interrupteur k.

On visualise à l'aide d'un dispositif approprié l'évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur au cours du temps t on obtient la courbe représentée à la figure 6.

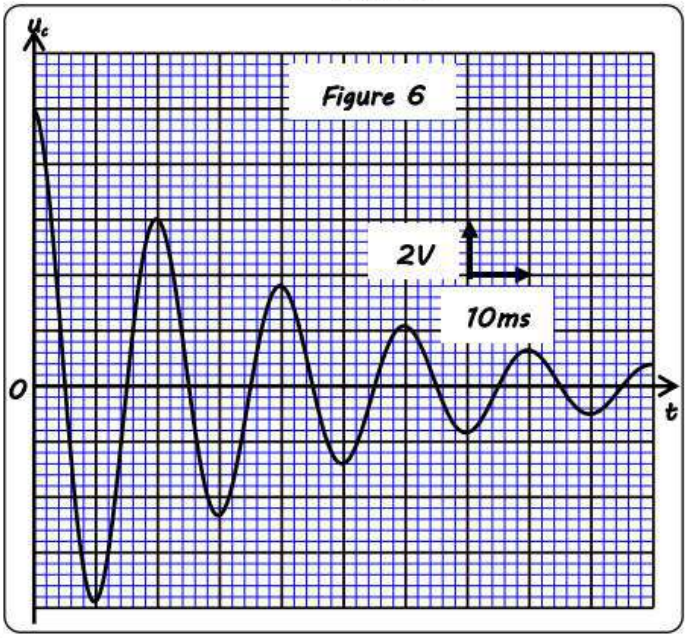


Figure 6

1- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension u_c du condensateur s'écrit : $\frac{d^2u_C}{dt^2} + 2\cdot\lambda\cdot\frac{du_C}{dt} + \omega_0^2\cdot u_C = 0$

Déduire l'expression de λ et ω_0 en fonction des paramètres du circuit. (0,5pts)

2- Sachant que la pseudo-période T du circuit étudié est égale à la période propre T_0, déterminer à nouveau la valeur du coefficient d'inductance L de la bobine (b). (0,25pts)

3- On pose : $(\omega^2 = \omega_0^2 - \lambda^2)$ avec : $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T}$ et $\omega_0 = \frac{2\cdot\pi}{T_0}$.

3.1- Montrer que la pseudo-période T peur s'écrire : $T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{R_T^2\cdot C}{4\cdot L}}}$. (0,5pts)

3.2- Trouver la condition que doit vérifier R_T (résistance totale du circuit) par rapport à $\frac{L}{C}$ pour que $T \approx T_0$. (0,25pts)

4- Sachant que la solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous la forme :

$$u_C(t) = U_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}\cdot\cos\left(\frac{2\cdot\pi}{T}\cdot t + \varphi\right)$$

4·1- Trouver l'expression de $\frac{u_c(t+T)}{u_c(t)}$ en fonction de la pseudo-période T et la constante λ· (0,5pts)

4·2- Déterminer la valeur de la constante λ et en déduire que la valeur de la résistance de la bobine (b) : r ≈ 20Ω· (0,5pts)

PHYSIQUE 3 : Mécanique

I- Etude du mouvement d'un ballon de basket dans le champ de pesanteur :

Lors d'un match de basket, pour marquer un panier, il faut que le ballon passe dans un cercle métallique situé dans un plan horizontal, à H=3,05 m du sol horizontal· Pour simplifier, on remplacera le ballon par un point matériel devant passer exactement au centre C du cercle métallique· (O,x,y) est un plan vertical contenant le point C·

D'un point A de Oy situé à h=2,4m du sol, un basketteur, lance le ballon, avec une vitesse $\vec{v}_0$ contenue dans le plan (O,x,y), dont la direction fait un angle α=40° avec le plan horizontal·

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du ballon dans le repère $\Re(O,\vec{i},\vec{j})$ lié à un Référentiel terrestre considéré galiléen· (Figure 7)

Données : L'action de l'air est négligeable·

$g=10m\cdot s^{-2}$, $V_0=9,2m\cdot s^{-1}$, masse du ballon m=700g , diamètre du ballon D=25cm

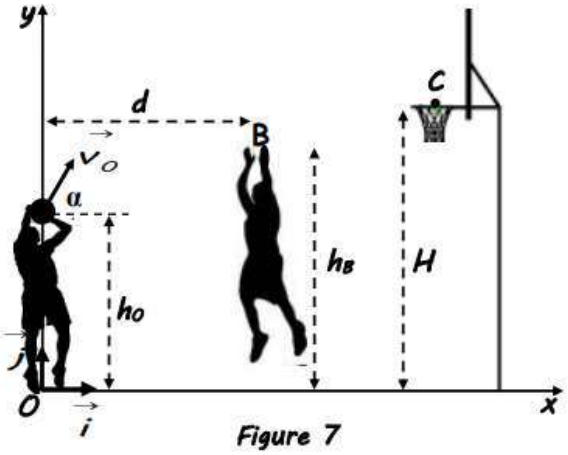


Figure 7

1- Etablir les expressions numériques des équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de centre d'inertie G dans le repère $\Re(O,\vec{i},\vec{j})$· (0,5pts)

2- En déduire l'équation de la trajectoire de G· (0,25pts)

3- Déterminer les coordonnées (x,y) de la position du ballon lorsque son vecteur vitesse faisant un angle β=15° avec l'axe (Ox) vers le haut· (0,5pts)

4- A quelle distance de l'axe (O,y) doit se trouver le panier (le point C) si on veut le « marquer » ? (0,5pts)

5- Un défenseur placé entre l'attaquant et le panier de basket saute exactement pour intercepter le ballon et l'extrémité de sa main se trouve en B à l'altitude h_B=3,10m·
Pour que le défenseur touche le ballon, à quelle distance horizontale d de l'attaquant doit se trouver le bas du ballon du bout de ses doigts ? (0,5pts)

II- Etude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme :

Un ion d'hélium He^{2+} de masse $m(He^{2+})$ et de charge q pénètre dans une chambre de déviation

où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure 8.

A travers un point O' origine de repère orthonormé $\Re'(O', \vec{i}', \vec{j}')$, l'ion He^{2+} entre à la chambre de déviation où règne le champ magnétique $\vec{B}$, avec une vitesse initiale dont le vecteur $\vec{v}_i$ faisant un angle $\theta=30°$ avec l'axe des abscisses (Ox') et sorte par le point S.

Données : On néglige le poids $\vec{P}$ de l'ion He^{2+} devant la force de Lorentz $\vec{F} = q\cdot\vec{v}\wedge\vec{B}$.

$e=1,6\cdot10^{-19}C$, $v_i = 4\cdot10^{4}$ m/s , $m(He^{2+}) =6,64\cdot10^{-27}kg$, $B=0,01T$

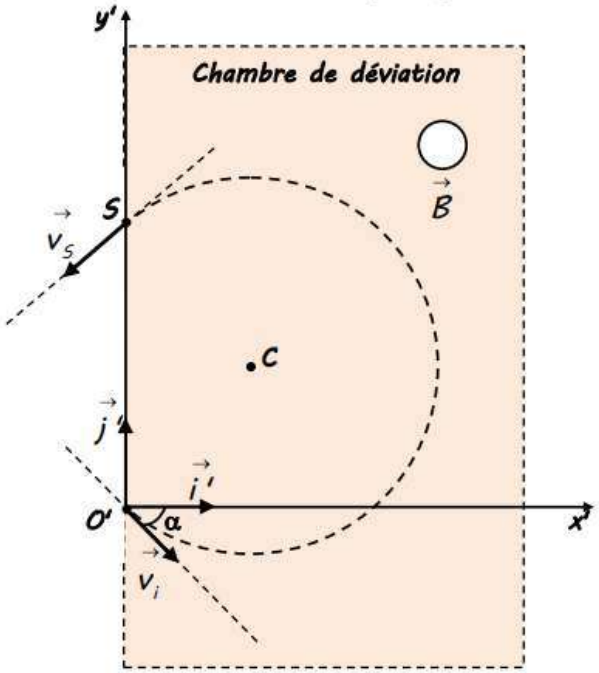


Figure 8

1- Déterminer la direction, le sens et l'intensité du vecteur force de Lorentz exercée sur l'ion He^{2+} au point O'. (0,5pts)

2- En justifiant votre réponse préciser le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ en le représentant par ⊙ s'il est vers l'avant ou par ⊗ s'il est vers l'arrière. (0,25pts)

3- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que le mouvement de l'ion He^{2+} est uniforme et de trajectoire circulaire de rayon $r = \dfrac{m(He^{2+})\cdot v_i}{2\cdot e\cdot B}$. (0,5pts)

4- Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire de l'ion He^{2+} dans le champ magnétique uniforme $\vec{B}$ s'écrit dans le repère $\Re'(O', \vec{i}', \vec{j}')$:

$$(x - r\cdot\sin\theta)^2 + (y - r\cdot\cos\theta)^2 = r^2 .$$ (0,5pts)

5- Calculer le temps Δt mis par l'ion He^{2+} pour parcourir l'arc $\overset{\frown}{O'S}$. (0,5pts)

1) Équation de la réaction modélisant la transformation

Le pentacarbonyle de fer (gazeux) se décompose en fer solide et en monoxyde de carbone gazeux :

$$Fe(CO)_5(g) \longrightarrow Fe(s) + 5CO(g)$$

2) Pression totale P_0 à $t = 0$

À $t = 0$, seul le pentacarbonyle de fer est présent dans l'enceinte de volume V. On applique l'équation des gaz parfaits :

$$P_0 V = n_0 RT \implies P_0 = \frac{n_0 RT}{V}$$

Avec :

- $n_0 = 2\,\text{mmol} = 2 \cdot 10^{-3}$ mol
- $V = 250\,\text{mL} = 250 \cdot 10^{-6}$ m^3
- $T = 209 + 273,15 = 482{,}15\,\text{K}$

$$P_0 = \frac{2 \cdot 10^{-3} \times 8,31 \times 482,15}{250 \cdot 10^{-6}} = \frac{8,0133}{250 \cdot 10^{-6}} \approx 32053 \text{ Pa}$$

$\Rightarrow P_0 \approx 32,05 \cdot 10^3$ **Pa** *(Ce qui correspond bien à la valeur sur le graphe à $t = 0$).*

3) Expression de l'avancement $x(t)$

D'après l'équation de la réaction, la quantité totale de gaz à un instant t est la somme du réactif restant et du gaz produit (le fer étant solide) :

$$n_{gaz}(t) = n(Fe(CO)_5) + n(CO) = (n_0 - x) + 5x = n_0 + 4x$$

L'équation des gaz parfaits à l'instant t s'écrit :

$$P(t) \cdot V = n_{gaz}(t) \cdot R \cdot T \implies P(t) \cdot V = (n_0 + 4x) \cdot R \cdot T$$

Or, d'après la question précédente, $R \cdot T = \frac{P_0 \cdot V}{n_0}$. En remplaçant :

$$P(t) \cdot V = (n_0 + 4x) \cdot \frac{P_0 \cdot V}{n_0} \implies P(t) = P_0 \left(1 + \frac{4x}{n_0}\right)$$

$$\frac{P(t)}{P_0} = 1 + \frac{4x}{n_0} \implies \frac{4x}{n_0} = \frac{P(t)}{P_0} - 1$$

$$\Rightarrow x(t) = \frac{n_0}{4}\left(\frac{P(t)}{P_0} - 1\right)$$

4) Détermination graphique de $t_{1/2}$

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale. La réaction est totale, donc $x_{max} = n_0$.

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = \frac{n_0}{2}$$

Calculons la pression correspondante $P(t_{1/2})$:

$$P(t_{1/2}) = P_0 \left(1 + \frac{4(n_0/2)}{n_0}\right) = P_0(1+2) = 3P_0$$

$$P(t_{1/2}) \approx 3 \times 32 \cdot 10^3 = 96 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Par lecture graphique, pour une ordonnée de $96 \cdot 10^3$ Pa (légèrement en dessous de la ligne des 100), on rejoint la courbe pour une abscisse de :

$\Rightarrow t_{1/2} \approx 16$ **min**

5) Expression de la vitesse volumique

La vitesse volumique est donnée par : $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$
Dérivons l'expression trouvée à la question 3 :

$$x(t) = \frac{n_0}{4P_0}P(t) - \frac{n_0}{4} \implies \frac{dx}{dt} = \frac{n_0}{4P_0}\frac{dP(t)}{dt}$$

Comme $P_0V = n_0RT$, on a $\frac{n_0}{P_0} = \frac{V}{RT}$. On remplace dans la dérivée :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{4}\left(\frac{V}{RT}\right)\frac{dP(t)}{dt}$$

On remplace dans l'expression de la vitesse :

$$v(t) = \frac{1}{V}\left(\frac{V}{4RT}\frac{dP(t)}{dt}\right)$$

$\Rightarrow v(t) = \frac{1}{4RT}\frac{dP(t)}{dt}$

6) Vitesse volumique à l'instant $t = 0$ en SI

La vitesse à $t = 0$ est : $v(0) = \frac{1}{4RT}\left(\frac{dP}{dt}\right)_{t=0}$
Le terme $\left(\frac{dP}{dt}\right)_{t=0}$ correspond au coefficient directeur de la tangente (T) à l'origine. Prenons deux points sur cette droite (T) : $A(0\text{ min}; 32\cdot10^3\text{ Pa})$ et un point plus éloigné, par exemple $B(20\text{ min}; 152\cdot10^3\text{ Pa})$.

$$\text{Pente} = \frac{152\cdot10^3 - 32\cdot10^3}{20-0} = \frac{120\cdot10^3}{20} = 6000\text{ Pa/min}$$

En unités du Système International (secondes) :

$$\left(\frac{dP}{dt}\right)_{t=0} = \frac{6000}{60} = 100\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$$

Calcul de la vitesse :

$$v(0) = \frac{1}{4\times8,31\times482,15}\times100 = \frac{100}{16026,6}$$

$\Rightarrow v(0) \approx 6,24\cdot10^{-3}\ \textbf{mol}\cdot\textbf{m}^{-3}\cdot\textbf{s}^{-1}$

1.1- Quantité de matière initiale des ions

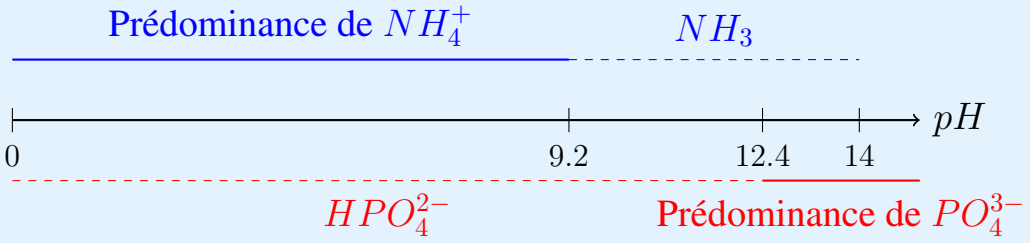
D'après l'équation de dissolution : $(NH_4)_3PO_{4(s)} \longrightarrow 3NH^+_{4(aq)} + PO^{3-}_{4(aq)}$
Pour une mole de $(NH_4)_3PO_4$ dissoute, il se forme 3 moles d'ions ammonium et 1 mole d'ions phosphate.

$$n(NH_4^+) = 3\cdot n_0 = 3\times10^{-2}\text{ mol}$$
$$n(PO_4^{3-}) = n_0 = 10^{-2}\text{ mol}$$

$\Rightarrow n(NH_4^+) = 3\times10^{-2}\,\text{mol}$ **et** $n(PO_4^{3-}) = 1\times10^{-2}\,\text{mol}$

1.2- Domaine de prédominance

Pour le couple NH_4^+/NH_3 $(pK_{A1} = 9,2)$: l'acide NH_4^+ prédomine pour $pH < 9,2$.
Pour le couple HPO_4^{2-}/PO_4^{3-} $(pK_{A2} = 12,4)$: la base PO_4^{3-} prédomine pour $pH > 12,4$.



1.3- Équation de la réaction acido-basique

L'acide NH_4^+ réagit avec la base PO_4^{3-} : $\Rightarrow NH_{4(aq)}^+ + PO_{4(aq)}^{3-} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + HPO_{4(aq)}^{2-}$

1.4- Constante d'équilibre K

$$K = \frac{[NH_3]_{eq} \cdot [HPO_4^{2-}]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq} \cdot [PO_4^{3-}]_{eq}}$$

En multipliant en haut et en bas par $[H_3O^+]_{eq}$:

$$K = \frac{[NH_3]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq}} \times \frac{[HPO_4^{2-}]_{eq}}{[PO_4^{3-}]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}}$$

$$K = \frac{10^{-pK_{A1}}}{10^{-pK_{A2}}} = 10^{pK_{A2}-pK_{A1}} = 10^{12,4-9,2} = 10^{3,2}$$

$\Rightarrow K \approx 1585$

1.5- Taux d'avancement final τ

D'après les conditions initiales : $n_i(NH_4^+) = 3 \cdot 10^{-2}$ mol et $n_i(PO_4^{3-}) = 10^{-2}$ mol. Le réactif limitant est PO_4^{3-} donc $x_{max} = 10^{-2}$ mol. Puisque $K = 1585 > 10^3$, on peut considérer la réaction comme étant quasi-totale. L'avancement final x_f est très proche de x_{max}.

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} \approx 1$$

$\Rightarrow \tau \approx 1 \quad (100\%)$

1.6- pH du mélange à l'état final

Puisque la réaction est quasi-totale ($x_f \approx x_{max} = n_0$), faisons le bilan de matière :

- $n_f(PO_4^{3-}) \approx 0$
- $n_f(NH_4^+) = 3n_0 - x_f = 3n_0 - n_0 = 2n_0$
- $n_f(NH_3) = x_f = n_0$

Le mélange final contient le couple NH_4^+/NH_3. On utilise la relation du pH :

$$pH = pK_{A1} + \log\left(\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}\right) = pK_{A1} + \log\left(\frac{n_f(NH_3)}{n_f(NH_4^+)}\right)$$

$$pH = 9,2 + \log\left(\frac{n_0}{2n_0}\right) = 9,2 + \log(0,5) = 9,2 - 0,3$$

$\Rightarrow pH = 8,9$

2.1- Noms correspondants au dispositif

1 : pH-mètre
2 : Potence (Support)
3 : Agitateur magnétique
4 : Burette graduée
5 : Sonde pH-métrique (Électrode)
6 : Bécher
7 : Barreau aimanté

2.2- Équation de la réaction de dosage

On dose les ions ammonium restants par l'hydroxyde de sodium : $\Rightarrow NH^{+}_{4(aq)} + HO^{-}_{(aq)} \longrightarrow NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

2.3- Constante d'équilibre K'

$$K' = \frac{[NH_3]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq} \cdot [HO^-]_{eq}} = \frac{[NH_3]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq} \cdot [HO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}} = \frac{K_{A1}}{K_e}$$

$$K' = \frac{10^{-9,2}}{10^{-14}} = 10^{14-9,2} = 10^{4,8}$$

$\Rightarrow K' \approx 6,31 \times 10^4$ (La réaction est bien totale).

2.4- Quantité de matière de l'élément Azote N

Soit n la quantité initiale de phosphate d'ammonium $(NH_4)_3PO_4$ dans l'échantillon.
La dissolution donne $3n$ d'ions NH_4^+ et n d'ions PO_4^{3-}.
La réaction totale (1.3) consomme tout le PO_4^{3-} (soit n moles) et n moles de NH_4^+.
La quantité de NH_4^+ **restante** dans le volume V est donc : $n_{rest}(NH_4^+) = 3n - n = 2n$.
À l'équivalence du dosage du volume V_A, on a : $n_{dos}(NH_4^+) = C_B \cdot V_{bE}$.
Par proportionnalité sur les volumes (V total, V_A dosé), la quantité totale restante dans V est :

$$n_{rest}(NH_4^+) = n_{dos}(NH_4^+) \times \frac{V}{V_A} = \frac{C_B \cdot V_{bE} \cdot V}{V_A}$$

Donc : $2n = \frac{C_B \cdot V_{bE} \cdot V}{V_A} \implies n = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_B \cdot V_{bE} \cdot V}{V_A}$
Dans l'engrais $(NH_4)_3PO_4$, il y a 3 atomes d'azote N par molécule.
Donc la quantité de l'élément azote est $n(N) = 3n$. $\Rightarrow n(N) = \frac{3}{2} \cdot \frac{C_B \cdot V_{bE}}{V_A} \cdot V$

2.5- Vérification du pourcentage massique pX

Calculons d'abord $n(N)$ avec $V = 200\,\text{mL}$, $V_A = 20\,\text{mL}$, $C_B = 0{,}2\,\text{mol/L}$, $V_{bE} = 18\,\text{mL} = 18 \times 10^{-3}\,\text{L}$:

$$n(N) = 1,5 \times \frac{0,2 \times 18 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} \times 200 \cdot 10^{-3} = 1,5 \times \frac{0,2 \times 18}{20} \times 0,2 = 0,054 \text{ mol}$$

La masse d'azote correspondante est :

$$m(N) = n(N) \times M(N) = 0,054 \times 14 = 0,756 \text{ g}$$

Le pourcentage massique est donc :

$$pX = \frac{m(N)}{m_{echantillon}} \times 100 = \frac{0,756}{1,2} \times 100$$

$\Rightarrow pX = 63\%$ (Cela confirme bien l'indication du fabricant).

2.6- Choix de l'indicateur coloré

Le pH à l'équivalence est $pH_E = 11$.
Un indicateur coloré est convenable si sa zone de virage encadre le pH à l'équivalence. Dans le tableau fourni, seul le **Rouge d'alizarine** a une zone de virage $(10,0 - 12,0)$ qui contient la valeur $pH = 11$.

$\Rightarrow$ **L'indicateur coloré qui conviendra le mieux est le Rouge d'alizarine.**

PHYSIQUE 1 : Radioactivité

I- Le phosphore 32 :

1) Généralités

1.1- Composition du noyau de phosphore 32 ($^{32}_{15}P$) : Le noyau est caractérisé par :

- Nombre de protons : $Z = 15$
- Nombre de neutrons : $N = A - Z = 32 - 15 = 17$

1.2- Définition d'un « isotope » : Des noyaux isotopes sont des noyaux qui possèdent le **même nombre de protons** (Z) mais un **nombre de neutrons** (N) **différent** (et donc un nombre de masse A différent).

1.3- Particule émise lors d'une radioactivité β^- : Il s'agit d'un électron, noté : $^{0}_{-1}e$.

1.4- Lois de conservation et équation de désintégration : Les réactions nucléaires sont régies par les **lois de Soddy** :

- Conservation du nombre de charge Z.
- Conservation du nombre de masse A.

Équation de désintégration du $^{32}_{15}P$:

$$^{32}_{15}P \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{0}_{-1}e$$

D'après les lois de Soddy : $32 = A + 0 \implies A = 32$
$15 = Z - 1 \implies Z = 16$

D'après l'extrait de la classification périodique, l'élément avec $Z = 16$ est le Soufre (S).

$\Rightarrow$ **L'équation est :** ${}^{32}_{15}P \longrightarrow {}^{32}_{16}S + {}^{0}_{-1}e$

2) Loi de décroissance

2.1- Calcul du nombre initial N_0 : La masse molaire du phosphate de sodium Na_2HPO_4 est : $M = 2 \cdot M(Na) + M(H) + M(P) + 4 \cdot M(O) = 2(23) + 1 + 32 + 4(16) = 143$ g $\cdot$ mol^{-1}. La quantité de matière est $n = \frac{m_0}{M}$. Il y a un atome de P par molécule, donc :

$$N_0 = n \cdot N_A = \frac{m_0}{M} \cdot N_A = \frac{0,237 \cdot 10^{-6}}{143} \times 6,02 \cdot 10^{23}$$

$\Rightarrow N_0 \approx 9,98 \cdot 10^{14}$ **noyaux**

2.2- Relation entre λ et $t_{1/2}$: Par définition, à $t = t_{1/2}$, on a $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$. Or, la loi de décroissance est $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

$$N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \implies e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{1}{2} \implies -\lambda \cdot t_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln(2)$$

$\Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

2.3- Expression de $N_n(t_n)$: Chaque jour, le nombre de noyaux diminue de p.

- Au bout de 1 jour : $N_1 = N_0 - p \cdot N_0 = N_0(1-p)$
- Au bout de 2 jours : $N_2 = N_1 - p \cdot N_1 = N_1(1-p) = N_0(1-p)^2$

Par récurrence, au bout de n jours : $\Rightarrow N_n(t_n) = N_0(1-p)^n$

2.4- Déduction de $t_{1/2}$: D'une part, $N_n = N_0 \cdot e^{-\lambda n}$ (avec n en jours). D'autre part, $N_n = N_0(1-p)^n$.

$$e^{-\lambda n} = (1-p)^n \implies -\lambda n = n\ln(1-p) \implies \lambda = -\ln(1-p)$$

Comme $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$, on en déduit : $\Rightarrow t_{1/2} = -\frac{\ln 2}{\ln(1-p)}$

Vérification avec $p = 4,8\% = 0,048$: $t_{1/2} = -\frac{\ln 2}{\ln(1-0,048)} = -\frac{0,693}{-0,0492} \approx 14,1$ jours. *(La valeur usuelle admise et approchée dans l'énoncé est de 14,3 jours).*

2.5- Activité A_{10} après 10 jours

L'activité est donnée par $A = \lambda N$. Calculons d'abord λ en s^{-1} pour avoir une activité en Becquerels (Bq) : $\lambda = -\ln(1 - 0,048)$ jour$^{-1} \approx 0,0492$ jour$^{-1} = \frac{0,0492}{24\times3600}$ s$^{-1} \approx 5,69 \cdot 10^{-7}$ s^{-1}
Le nombre de noyaux après 10 jours est :

$$N_{10} = N_0(1-p)^{10} = 9,98 \cdot 10^{14} \times (1 - 0,048)^{10} \approx 6,10 \cdot 10^{14} \text{ noyaux}$$

$$A_{10} = \lambda \cdot N_{10} = 5,69 \cdot 10^{-7} \times 6,10 \cdot 10^{14}$$

$\Rightarrow A_{10} \approx 3,47 \cdot 10^{8}$ **Bq**

II- Le phosphore 30 :

Étude du Phosphore 30

1- Particule émise lors d'une radioactivité β^+ : Il s'agit d'un positron (ou positon), noté : ${}^{0}_{+1}e$.

2- Définition de l'énergie de liaison E_L : C'est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau au repos pour le dissocier en ses nucléons constitutifs, isolés et au repos.

3- Défaut de masse Δm : Expression théorique : $\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - m({}^{30}_{15}P)$ Pour le ${}^{30}_{15}P$ ($Z = 15$, $A = 30$, donc 15 protons et 15 neutrons) :

$$\Delta m = [15 \times 1,00728 + 15 \times 1,00866] - 29,97006$$

$\Delta m = [15,1092 + 15,1299] - 29,97006 = 30,2391 - 29,97006 = 0,26904$ u
En kg : $\Delta m = 0,26904 \times 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg $\Rightarrow \Delta m \approx 4,466 \cdot 10^{-28}$ **kg**

4.1- Énergie de liaison et énergie par nucléon : Relation : $E_L = \Delta m \cdot C^2$ En Joules : $E_L = 4,466 \cdot 10^{-28} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 4,019 \cdot 10^{-11}$ J En eV puis MeV (1 eV $= 1,6 \cdot 10^{-19}$ J) :

$$E_L = \frac{4,019 \cdot 10^{-11}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2,512 \cdot 10^8 \text{ eV} = 251,2 \text{ MeV}$$

Énergie de liaison par nucléon ξ :

$$\xi({}^{30}_{15}P) = \frac{E_L}{A} = \frac{251,2}{30}$$

$\Rightarrow \xi({}^{30}_{15}P) \approx 8,37$ **MeV/nucléon**

4.2- Comparaison et conclusion : On compare avec $\xi({}^{31}_{15}P) = 8,48$ MeV/nucléon. On a : $\xi({}^{30}_{15}P) < \xi({}^{31}_{15}P)$. $\Rightarrow$ **Conclusion : L'énergie de liaison par nucléon du phosphore 31 est plus élevée, donc le noyau de phosphore 31 est plus stable que celui du phosphore 30.**

PHYSIQUE 2 : Électricité

I- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension :

1) Équation différentielle vérifiée par la tension $u_L(t)$

D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) :

$$E = u_R + u_L$$

D'après la loi d'Ohm pour le conducteur ohmique : $u_R = R \cdot i \implies i = \frac{E-u_L}{R}$
La tension aux bornes de la bobine s'écrit :

$$u_L = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$$

Pour exprimer l'équation uniquement en fonction de u_L, dérivons l'expression de i par rapport au temps :

$$\frac{di}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{E}{R} - \frac{u_L}{R}\right) = -\frac{1}{R}\frac{du_L}{dt}$$

Remplaçons i et $\frac{di}{dt}$ dans l'expression de u_L :

$$u_L = L\left(-\frac{1}{R}\frac{du_L}{dt}\right) + r\left(\frac{E-u_L}{R}\right)$$

$$R \cdot u_L = -L\frac{du_L}{dt} + rE - r \cdot u_L$$

$$L\frac{du_L}{dt} + (R+r)u_L = rE$$

$\Rightarrow \frac{L}{R+r}\frac{du_L}{dt} + u_L = \frac{rE}{R+r}$

2) Expression de $u_L(t)$ en fonction des paramètres du circuit

On nous donne la solution : $u_L(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$. En la remplaçant dans l'équation différentielle trouvée à la question 1 (en posant $\tau = \frac{L}{R+r}$) :

$$\tau\left(-\frac{A}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B = \frac{rE}{R+r}$$

$$-A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B = \frac{rE}{R+r} \implies B = \frac{rE}{R+r}$$

Pour trouver A, utilisons les conditions initiales. À $t = 0$, la bobine s'oppose à l'établissement du courant, donc $i(0) = 0$. Par conséquent, $u_R(0) = R \cdot i(0) = 0$. La loi des mailles donne alors : $u_L(0) = E - u_R(0) = E$. D'après l'expression de la solution à $t = 0$: $u_L(0) = A \cdot e^0 + B = A + B$. Donc : $A + B = E \implies A = E - B = E - \frac{rE}{R+r} = \frac{E(R+r)-rE}{R+r} = \frac{R \cdot E}{R+r}$

$\Rightarrow u_L(t) = \frac{R \cdot E}{R+r} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{r \cdot E}{R+r}$ **avec** $\tau = \frac{L}{R+r}$

3) Détermination des valeurs de E et de r

Valeur de E : D'après l'étude théorique (Q2), à $t = 0$, la tension est $u_L(0) = E$. Sur le graphe (Figure 4), à $t = 0$, la courbe démarre à 4 divisions verticales. Sachant qu'une division correspond à 3 V :

$$E = u_L(0) = 4 \times 3 = 12 \text{ V}$$

Valeur de r : En régime permanent ($t \to \infty$), la dérivée s'annule et on a $u_L(\infty) = B = \frac{rE}{R+r}$. Sur le graphe, l'asymptote horizontale est à 1 division verticale, soit :

$$u_L(\infty) = 1 \times 3 = 3 \text{ V}$$

On a donc l'équation :

$$3 = \frac{r \times 12}{80 + r} \implies 3(80 + r) = 12r \implies 240 + 3r = 12r$$

$$9r = 240 \implies r = \frac{240}{9}$$

$\Rightarrow E = 12$ **V** **et** $r \approx 26,67\ \Omega$ (**ou** $\frac{80}{3}\ \Omega$)

4) Valeur de $u_L(\tau)$ et vérification de la valeur de L

Valeur de $\mathbf{u_L}(\tau)$: D'après l'expression de $u_L(t)$:

$$u_L(\tau) = A \cdot e^{-1} + B = u_L(\infty) + (u_L(0) - u_L(\infty)) \cdot e^{-1}$$

En utilisant les valeurs trouvées ($u_L(0) = 12$V et $u_L(\infty) = 3$V) et $e^{-1} \approx 0,37$:

$$u_L(\tau) = 3 + (12 - 3) \times 0,37 = 3 + 9 \times 0,37 = 3 + 3,33$$

$\Rightarrow u_L(\tau) = 6,33$ **V**

Vérification de L : Sur le graphe, la tension $u_L = 6,33$ V correspond à un peu plus de 2 divisions en ordonnée ($2 \times 3 = 6$ V). En cherchant l'abscisse correspondante sur la courbe, on lit graphiquement un temps juste avant la première division principale (10 ms). Graphiquement, cela correspond à environ $\tau \approx \mathbf{9,4}$ ms $= \mathbf{9,4 \cdot 10^{-3}}$ s.
On sait que $\tau = \frac{L}{R+r}$, donc $L = \tau \cdot (R + r)$.

$$L = 9,4 \cdot 10^{-3} \times (80 + 26,67) = 9,4 \cdot 10^{-3} \times 106,67$$

$$L \approx 1,00 \text{ H}$$

$\Rightarrow$ On vérifie bien graphiquement et par le calcul que l'inductance de la bobine est $L \approx 1$ H.

II- Les oscillations électriques libres :

1) Équation différentielle vérifiée par u_c

D'après la loi des mailles : $u_{R'} + u_b + u_c = 0$ On a :

- $u_{R'} = R' \cdot i$
- $u_b = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$
- $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_c}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_c}{dt^2}$

En remplaçant :

$$R' \cdot i + L\frac{di}{dt} + r \cdot i + u_c = 0 \implies L\frac{di}{dt} + (R' + r)i + u_c = 0$$

$$LC\frac{d^2u_c}{dt^2} + R_TC\frac{du_c}{dt} + u_c = 0 \quad (\text{avec } R_T = R' + r)$$

En divisant l'équation par LC :

$$\frac{d^2u_c}{dt^2} + \frac{R_T}{L}\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC}u_c = 0$$

Par identification avec la forme donnée $\frac{d^2u_c}{dt^2} + 2\lambda\frac{du_c}{dt} + \omega_0^2u_c = 0$: $\Rightarrow \lambda = \frac{R_T}{2L}$ **et** $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

2) Détermination de l'inductance L

Déterminons d'abord la capacité C. L'énergie initiale à $t = 0$ est $E_{e0} = 0{,}5\,\text{mJ}$. Graphiquement, l'ordonnée à l'origine (5 divisions de 2V) donne $U_0 = 10\,\text{V}$.

$$E_{e0} = \frac{1}{2}CU_0^2 \implies C = \frac{2E_{e0}}{U_0^2} = \frac{2 \times 0,5 \cdot 10^{-3}}{10^2} = 10^{-5}\,\text{F}$$

Sur le graphe, la pseudo-période T correspond à 2 divisions horizontales de 10 ms.

$$T = 20\,\text{ms} = 0,02\,\text{s}$$

Si l'on considère que $T \approx T_0$ (période propre), on a :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \implies T_0^2 = 4\pi^2LC \implies L = \frac{T_0^2}{4\pi^2C}$$

En prenant $\pi^2 \approx 10$:

$$L = \frac{(0,02)^2}{4 \times 10 \times 10^{-5}} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-4}}$$

$\Rightarrow L = 1\,\textbf{H}$

3) Expression de la pseudo-période T

3.1- Montrons l'expression de T : On sait que $\omega^2 = \omega_0^2 - \lambda^2$. En remplaçant par les expressions des pulsations ($\omega = \frac{2\pi}{T}$ et $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$) et de $\lambda = \frac{R_T}{2L}$:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 - \left(\frac{R_T}{2L}\right)^2 \implies \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{4\pi^2}{T_0^2} - \frac{R_T^2}{4L^2}$$

Factorisons par $\frac{4\pi^2}{T_0^2}$ dans le membre de droite :

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{4\pi^2}{T_0^2}\left[1 - \frac{R_T^2}{4L^2} \times \frac{T_0^2}{4\pi^2}\right]$$

Or, on sait que $\frac{T_0^2}{4\pi^2} = LC$. En remplaçant :

$$\frac{1}{T^2} = \frac{1}{T_0^2}\left[1 - \frac{R_T^2}{4L^2} \cdot LC\right] = \frac{1}{T_0^2}\left[1 - \frac{R_T^2 \cdot C}{4L}\right]$$

En inversant puis en prenant la racine carrée : $\Rightarrow T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{R_T^2 \cdot C}{4L}}}$

3.2- Condition pour que $T \approx T_0$: Pour que T soit quasiment égal à T_0, le terme sous la racine doit tendre vers 1, ce qui implique que le rapport $\frac{R_T^2 \cdot C}{4L}$ soit négligeable (très inférieur à 1).

$$\frac{R_T^2 \cdot C}{4L} \ll 1 \implies R_T^2 \ll \frac{4L}{C}$$

$\Rightarrow$ La condition est que : $\mathbf{R_T^2 \ll 4\left(\frac{L}{C}\right)}$

4) Étude de l'amortissement

4.1- Expression du rapport $\frac{u_c(t+T)}{u_c(t)}$: On donne $u_c(t) = U_0 e^{-\lambda t}\cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$. À l'instant $t + T$:

$$u_c(t+T) = U_0 e^{-\lambda(t+T)}\cos\left(\frac{2\pi}{T}(t+T) + \varphi\right)$$

$$u_c(t+T) = U_0 e^{-\lambda t} \cdot e^{-\lambda T}\cos\left(\frac{2\pi}{T}t + 2\pi + \varphi\right)$$

Comme la fonction cosinus est périodique de période 2π, le terme en cosinus

reste inchangé.

$$u_c(t+T) = e^{-\lambda T} \cdot \left[U_0 e^{-\lambda t} \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)\right] = e^{-\lambda T} \cdot u_c(t)$$

$\Rightarrow \frac{u_c(t+T)}{u_c(t)} = e^{-\lambda T}$

4.2- Déduction de la résistance r de la bobine : On prend $t = 0$. On a $u_c(0) = 10\,\text{V}$ (5 divisions). À $t = T = 20\,\text{ms}$, l'amplitude du premier pic lu sur le graphe est $u_c(T) \approx 3{,}6\,\text{V}$ (1,8 divisions).

$$\frac{u_c(T)}{u_c(0)} = e^{-\lambda T} \implies \ln\left(\frac{u_c(T)}{u_c(0)}\right) = -\lambda T$$

$$\lambda = -\frac{1}{T}\ln\left(\frac{u_c(T)}{u_c(0)}\right) = -\frac{1}{0,02}\ln\left(\frac{3,6}{10}\right) \approx 51\ \text{s}^{-1}$$

Or, d'après Q1, on sait que $\lambda = \frac{R_T}{2L} = \frac{R'+r}{2L}$.

$$r = 2L\lambda - R'$$

$$r = 2 \times 1 \times 51 - 82 = 102 - 82$$

$\Rightarrow$ **On retrouve bien $r \approx 20\ \Omega$.** *(Note : un point de lecture très précis sur la courbe est le minimum à $t = \frac{T}{2} = 10ms$ valant exactement $-6V$, qui mène rigoureusement à la même valeur de λ).*

PHYSIQUE 3 : Mécanique

I- Etude du mouvement d'un ballon de basket dans le champ de pesanteur :

1) Expressions numériques des équations horaires x(t) et y(t)

Système étudié : {Ballon de centre d'inertie G} **Référentiel :** Terrestre considéré galiléen, repère $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$. **Bilan des forces :** Le ballon est soumis uniquement à son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ (l'action de l'air est négligée, on a affaire à une chute libre).
D'après la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$

Projections sur les axes du repère : $\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

En intégrant par rapport au temps, sachant que le vecteur vitesse initiale est $\vec{V}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \cos\alpha \\ V_{0y} = V_0 \sin\alpha \end{cases} : \vec{v}_G(t) \begin{cases} v_x(t) = V_0 \cos\alpha \\ v_y(t) = -g \cdot t + V_0 \sin\alpha \end{cases}$

En intégrant une seconde fois, avec le vecteur position initial $\vec{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = h \end{cases}$:

$\vec{OG}(t) \begin{cases} x(t) = (V_0 \cos\alpha)t \\ y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + (V_0 \sin\alpha)t + h \end{cases}$

Application numérique : $V_0 \cos(40°) \approx 9,2 \times 0,766 \approx 7,05$ m/s $V_0 \sin(40°) \approx 9,2 \times 0,643 \approx 5,91$ m/s

$$\Rightarrow \begin{cases} x(t) \approx 7,05 \cdot t \\ y(t) \approx -5 \cdot t^2 + 5,91 \cdot t + 2,4 \end{cases} \quad \textit{(en unités SI)}$$

2) Équation de la trajectoire de G

De l'équation horaire $x(t)$, on tire le temps t :

$$t = \frac{x}{V_0 \cos\alpha}$$

On remplace t dans l'équation de $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{V_0 \cos\alpha}\right)^2 + V_0 \sin\alpha \left(\frac{x}{V_0 \cos\alpha}\right) + h$$

$$y(x) = \frac{-g}{2V_0^2 \cos^2\alpha} \cdot x^2 + (\tan\alpha) \cdot x + h$$

Application numérique : $y(x) = \frac{-10}{2 \times 9,2^2 \times (\cos 40°)^2} \cdot x^2 + (\tan 40°) \cdot x + 2,4$

$\Rightarrow y(x) \approx -0,101 \cdot x^2 + 0,839 \cdot x + 2,4$

3) Coordonnées lorsque le vecteur vitesse fait un angle de $15°$ vers le haut

Soit $\beta = 15°$ l'angle que fait $\vec{v}$ avec l'axe (Ox) vers le haut. On a alors :

$$\tan\beta = \frac{v_y(t)}{v_x(t)}$$

$$\tan(15°) = \frac{-10t + 5,91}{7,05}$$

$$0,268 \approx \frac{-10t + 5,91}{7,05} \implies -10t + 5,91 \approx 7,05 \times 0,268 \approx 1,889 \text{ m/s}$$

$$10t = 5,91 - 1,889 = 4,021 \implies t \approx 0,402 \text{ s}$$

Connaissant l'instant t, on calcule les coordonnées x et y :

$$x(0,402) = 7,05 \times 0,402 \approx 2,83 \text{ m}$$

$$y(0,402) = -5(0,402)^2 + 5,91(0,402) + 2,4 \approx -0,808 + 2,376 + 2,4 \approx 3,97 \text{ m}$$

$\Rightarrow$ **Le ballon est aux coordonnées :** $x \approx 2,83$ **m et** $y \approx 3,97$ **m**

4) Distance du panier pour marquer

Pour marquer le panier, le centre du ballon G doit passer par le point C de coordonnées (x_C, H), avec $H = 3{,}05\,\text{m}$. On utilise l'équation de la trajectoire pour trouver x_C :

$$y(x_C) = 3,05 \implies -0,101 \cdot x_C^2 + 0,839 \cdot x_C + 2,4 = 3,05$$

$$-0,101 \cdot x_C^2 + 0,839 \cdot x_C - 0,65 = 0$$

Calculons le discriminant Δ de cette équation du second degré :

$$\Delta = (0,839)^2 - 4 \times (-0,101) \times (-0,65) = 0,7039 - 0,2626 = 0,4413$$

$\sqrt{\Delta} \approx 0,664$

L'équation admet deux solutions :

$$x_{C1} = \frac{-0,839 + 0,664}{2 \times (-0,101)} \approx 0,87 \text{ m} \quad \text{(Le ballon est en phase ascendante)}$$

$$x_{C2} = \frac{-0,839 - 0,664}{2 \times (-0,101)} \approx 7,44 \text{ m} \quad \text{(Le ballon redescend vers le panier)}$$

Puisque le but est de marquer un panier (le ballon entre par le haut en redescendant), c'est la deuxième solution qui est physiquement retenue. $\Rightarrow$ **Le panier doit se trouver à une distance d'environ** $d = 7,44$ **m de l'axe** (O, y)**.** *(Remarque : un calcul sans arrondis intermédiaires donne plutôt* $x_C \approx 7,47$ *m).*

5) Distance d du défenseur pour intercepter le ballon

Le défenseur touche le bas du ballon du bout de ses doigts à une altitude $h_B = 3{,}10\,\text{m}$. Le centre de gravité G du ballon se trouve donc plus haut, à une distance correspondant au rayon R du ballon :

$$R = \frac{D}{2} = \frac{25\,\text{cm}}{2} = 12{,}5\,\text{cm} = 0{,}125\,\text{m}$$

L'ordonnée du centre d'inertie G lors de l'interception est donc :

$$y_G = h_B + R = 3,10 + 0,125 = 3{,}225\,\text{m}$$

On cherche la distance horizontale d correspondante en réutilisant l'équation de la trajectoire :

$$y(d) = 3,225 \implies -0,101 \cdot d^2 + 0,839 \cdot d + 2,4 = 3,225$$

$$-0,101 \cdot d^2 + 0,839 \cdot d - 0,825 = 0$$

$$\Delta = (0,839)^2 - 4 \times (-0,101) \times (-0,825) = 0,7039 - 0,3333 = 0,3706$$

$\sqrt{\Delta} \approx 0,609$
Les deux solutions sont :

$$d_1 = \frac{-0,839 + 0,609}{-0,202} \approx 1,14\,\text{m}$$

$$d_2 = \frac{-0,839 - 0,609}{-0,202} \approx 7,17\,\text{m}$$

Puisque le défenseur est ń placé entre l'attaquant et le panier ż pour le contrer (généralement juste après le tir), la distance logique est la plus proche de l'attaquant. $\Rightarrow$ **Le défenseur doit se trouver à une distance $d \approx 1,14$ m de l'attaquant.**

II- Etude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme :

1) Caractéristiques du vecteur force de Lorentz au point O'

La force de Lorentz s'exprime par : $\vec{F} = q\vec{v_i} \wedge \vec{B}$. Pour l'ion He^{2+}, la charge est $q = +2e$.

- **Direction :** Perpendiculaire au plan formé par $\vec{v_i}$ et $\vec{B}$. Comme $\vec{B}$ est

perpendiculaire à la figure, la force est **dans le plan de la figure, perpendiculaire au vecteur vitesse** $\vec{v}_i$.

- **Sens :** Orienté **vers l'intérieur de la courbe** (vers le centre de courbure C, soit en haut à droite).
- **Intensité :** Comme $\vec{v}_i \perp \vec{B}$, on a $F = |q| \cdot v_i \cdot B \cdot \sin(90°) = 2e \cdot v_i \cdot B$.

Application numérique : $F = 2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 4 \cdot 10^4 \times 0,01 = 12,8 \cdot 10^{-17}$
$\Rightarrow F = 1,28 \cdot 10^{-16}$ **N**

2) Sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$

Le sens de $\vec{B}$ est déterminé par la **règle de la main droite** (ou des trois doigts) :

- Le vecteur $q\vec{v}_i$ (pouce ou index) pointe dans le même sens que $\vec{v}_i$ (car $q > 0$, vers le bas à droite).
- La force $\vec{F}$ (majeur ou paume) pointe vers le centre C (vers le haut à droite).

Pour que le produit vectoriel soit vérifié ($q\vec{v}_i \wedge \vec{B} = \vec{F}$), le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ doit pointer à l'intérieur du plan de la feuille.

$\Rightarrow$ Le champ magnétique $\vec{B}$ est dirigé vers l'arrière, on le représente par le symbole $\otimes$.

3) Mouvement uniforme et de trajectoire circulaire

D'après la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen, le poids étant négligeable :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{F} = m\vec{a} \implies q\vec{v} \wedge \vec{B} = m\vec{a}$$

Dans le repère de Frenet $(\vec{u}, \vec{n})$ lié à la particule, l'accélération s'écrit : $\vec{a} = a_t\vec{u} + a_n\vec{n} = \frac{dv}{dt}\vec{u} + \frac{v^2}{r}\vec{n}$
Puisque $\vec{F}$ est toujours perpendiculaire à $\vec{v}$, sa projection sur $\vec{u}$ est nulle :

$$F_t = 0 \implies m\frac{dv}{dt} = 0 \implies v = \text{constante} = v_i$$

$\Rightarrow$ Le mouvement est uniforme.
Sur la normale $\vec{n}$ orientée vers le centre, on a :

$$F_n = qvB \implies m\frac{v^2}{r} = qvB \implies r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

En remplaçant par les grandeurs de l'ion : $\Rightarrow r = \frac{m(He^{2+})\cdot v_i}{2\cdot e\cdot B} \Longrightarrow$ **Rayon constant, donc trajectoire circulaire.**

4) Équation cartésienne de la trajectoire

La trajectoire est un cercle de centre $C(x_C, y_C)$ et de rayon r. Son équation est de la forme : $(x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 = r^2$.
Déterminons les coordonnées du centre C. Au point d'entrée O', le vecteur vitesse $\vec{v_i}$ fait un angle θ (sous l'axe x', vers les y négatifs) avec l'horizontale. Le rayon $O'C$ (de longueur r) est perpendiculaire à la vitesse. Géométriquement, le segment $[O'C]$ fait donc un angle de $(90° - \theta)$ avec l'axe $(O'x')$.
On en déduit les coordonnées géométriques du point C :

- $x_C = r \cdot \cos(90° - \theta) = r \cdot \sin\theta$
- $y_C = r \cdot \sin(90° - \theta) = r \cdot \cos\theta$

En remplaçant x_C et y_C dans l'équation du cercle : $\Rightarrow (x - r \cdot \sin\theta)^2 + (y - r \cdot \cos\theta)^2 = r^2$

5) Temps Δt mis pour parcourir l'arc $O'S$

Calculons d'abord le rayon r numériquement :

$$r = \frac{6,64 \cdot 10^{-27} \times 4 \cdot 10^4}{2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 0,01} = \frac{26,56 \cdot 10^{-23}}{3,2 \cdot 10^{-21}} = 0,083 \text{ m} = 8,3 \text{ cm}$$

Le point de sortie S se situe sur l'axe $(O'y')$, donc son abscisse est $x = 0$. En remplaçant dans l'équation cartésienne :

$$(0 - r\sin\theta)^2 + (y - r\cos\theta)^2 = r^2 \implies r^2\sin^2\theta + (y - r\cos\theta)^2 = r^2$$

$$(y - r\cos\theta)^2 = r^2(1 - \sin^2\theta) = r^2\cos^2\theta$$

D'où $y = r\cos\theta \pm r\cos\theta$. La solution non nulle (le point S) est $y_S = 2r\cos\theta$.
Géométriquement, le triangle $O'CS$ est isocèle (côtés de longueur r) et sa base est $O'S = 2r\cos\theta$. Soit γ l'angle au centre $\widehat{O'CS}$ correspondant à l'arc balayé.
Par la loi des cosinus (ou Al-Kashi) :

$$O'S^2 = 2r^2(1 - \cos\gamma) \implies (2r\cos\theta)^2 = 2r^2(1 - \cos\gamma)$$

$$4r^2\cos^2\theta = 2r^2(1 - \cos\gamma) \implies 2\cos^2\theta = 1 - \cos\gamma$$

$$\cos\gamma = 1 - 2\cos^2\theta = -\cos(2\theta) = \cos(\pi - 2\theta)$$

L'angle parcouru est donc : $\Delta\phi = \gamma = \pi - 2\theta$. Avec $\theta = 30° = \frac{\pi}{6}$ rad, on a $\Delta\phi = \pi - 2\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{2\pi}{3}$ rad.
La longueur de l'arc est $L = r \cdot \Delta\phi = r \cdot \frac{2\pi}{3}$. Le mouvement étant uniforme, $\Delta t = \frac{L}{v_i}$:

$$\Delta t = \frac{0,083 \times \frac{2\pi}{3}}{4 \cdot 10^4} \approx \frac{0,1738}{4 \cdot 10^4}$$

$$\Rightarrow \Delta t \approx 4,34 \cdot 10^{-6}\ \mathbf{s} \quad (4,34\ \mu\mathbf{s})$$

Examen expérimental
Juin **2026**

Niveau : 2AS Phy ***Matière : PHYSIQUE et CHIMIE*** ***Durée : 3h***
Option : SCIENCES PHYSIQUES

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé. On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte cinq exercices.

1er exercice (7 points) :

Partie I : Réactions acido-basiques
Partie II : Hydrolyse basique d'un ester

2éme exercice (3 points) :

- Propagation d'ondes mécaniques et d'ondes lumineuses
- Transformations nucléaires

3éme exercice (4,5 points) :

Partie I : **Circuit RL :** ***Variation de l'inductance d'une bobine à l'approche d'un métal***

Partie II **: Circuit RLC :** ***Détecteur de métal équivalent à un oscillateur constitué d'un condensateur et d'une bobine***

4éme exercice (5,5 points) :

Mouvement du centre d'inertie G d'un corps solide sur différentes trajectoires :

- Etude du mouvement de G sur une trajectoire rectiligne.
- Etude du mouvement de G sur une trajectoire de forme d'arc circulaire .
- Etude du mouvement de G dans un champ de pesanteur uniforme.

Barème

1er exercice : Chimie (7 pts)

L'exercice comporte deux parties indépendantes.

Partie I : Réactions acido-basiques

Les acides carboxyliques sont des composés organiques, qui entrent dans la composition de beaucoup de substances utilisées dans notre vie quotidienne tels, les médicaments, les aromes, les aliments…

On se propose, dans cette partie, de déterminer la formule chimique d'un acide carboxylique de formule générale $\mathbf{C_n H_{2n+1}COOH}$ (avec $n \in N$) et d'étudier certaines de ses réactions avec d'autres composés.

Données : $M(C)=12g.mol^{-1}$; $M(H)=1g.mol^{-1}$; $M(O)=16g.mol^{-1}$.

On prépare une solution aqueuse (S) , de volume V=500mL, d'un acide carboxylique en dissolvant une quantité de cet acide pur de masse m=2,3g dans de l'eau distillée .

On prend un volume V_A=10mL de la solution (S) que l'on dose avec une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_B=0,10 mol.L^{-1}$.

Le volume de la solution (S_B) versé à l'équivalence est V_{BE} = 10 mL.

0,25 **1-** Ecrire, en utilisant la formule générale de l'acide, l'équation modélisant la réaction du dosage .

1 **2-** Déterminer la concentration C_A de l'acide dans la solution (S) , et en déduire que la formule chimique de cet acide est HCOOH.

3- Réaction entre les ions éthanoate et l'acide méthanoïque :

On prépare, à un instant de date t = 0, le mélange suivant constitué de :

- Solution d'acide méthanoïque $HCO_2H_{(aq)}$ de concentration C_1 et de volume V_1 ;
- Solution d'éthanoate de sodium $\left(Na^+_{(aq)} + CH_3CO^-_{2(aq)}\right)$ de concentration C_2 et de volume V_2 ;
- Solution d'acide éthanoïque $CH_3CO_2H_{(aq)}$ de concentration C_3 et de volume V_3 ;
- Solution de méthanoate de sodium $\left(Na^+_{(aq)} + HCO^-_{2(aq)}\right)$ de concentration C_4 et de volume V_4 .

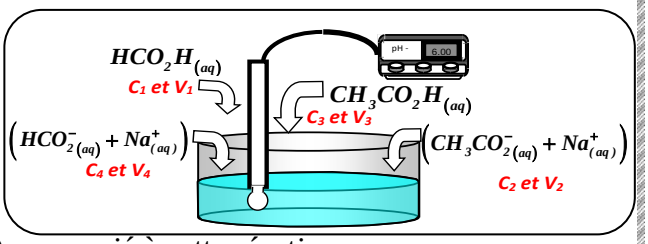
On donne : $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0,1 mol.L^{-1}$ et $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 100 mL$

$$pK_{A1} = pK_{A(HCO_2H/HCO_2^-)} = 3,8 \quad \text{et} \quad pK_{A2} = pK_{A(CH_3CO_2H/CH_3CO_2^-)} = 4,8$$

0,25 **3-1-** Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide HCOOH et la base CH_3COO^-.

0, 75 **3-2-** Exprimer l'expression de la constante d'équilibre K associée à cette réaction en fonction des constantes d'acidités K_{A1} et K_{A2} respectivement des couples (CH_3COOH / CH_3COO^-) et (HCOOH / $HCOO^-$).

Calculer sa valeur .



0, 5 **3-3-** Calculer, à l'instant t = 0, le quotient de réaction $Q_{r,i}$ associé à cette réaction.

En déduire le sens d'évolution spontanée de cette réaction.

1 **3-4-** Sachant que la valeur du pH du mélange est : pH=4,32 , déterminer $x_{éq}$ l'avancement de la réaction à l'équilibre.

Partie II: Hydrolyse basique d'un ester

L'éthanoate de propyle est un ester, que l'on note E , caractérisé par son odeur de poire.

Il est utilisé dans l'industrie de la parfumerie, des arômes, des peintures, des lubrifiants ...

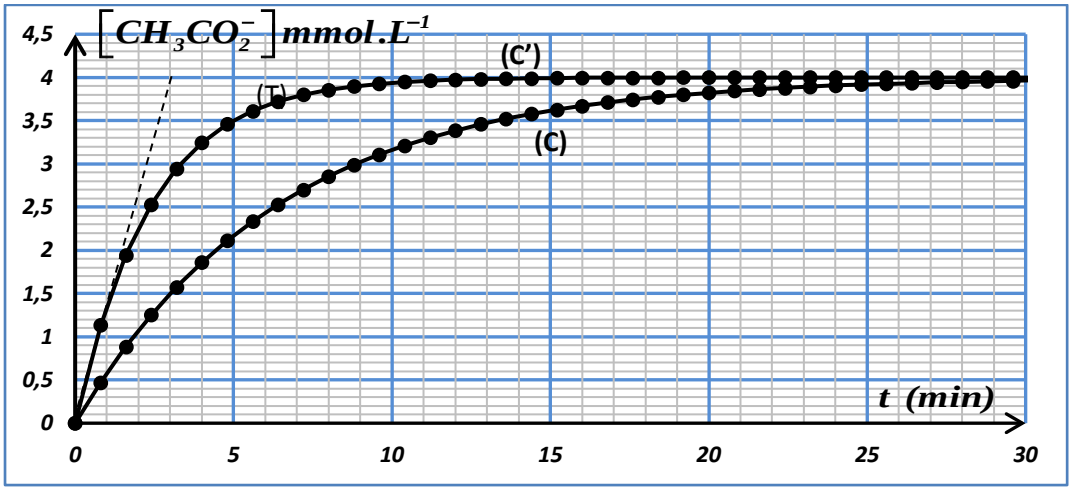
1- On réalise, à l'instant de date t=0, deux mélanges équimolaires de l'ester E et d'une solution

aqueuse d'hydroxyde de sodium. Chaque mélange est constitué d'un volume V_E d'une solution de l'ester E de concentration molaire $C = 10^{-2}$ mol.L^{-1} et d'un volume $V_B = V_E$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de même concentration.

Dans des conditions expérimentales déterminées chaque mélange réactionnel est le siège d'une réaction modélisée par l'équation : $E_{(l)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow CH_3CO^-_{2\,(aq)} + C_2H_5 - CH_2OH_{(l)}$

Pour l'un des mélanges l'expérience est réalisée à la température θ_1 , pour l' autre, elle est réalisée à la température θ_2 avec $\theta_2 > \theta_1$.

Les courbes (C) et (C') de la figure ci-dessous, représentent l'évolution de la concentration [CH_3COO^-] au cours du temps à la température θ_1 et à la température θ_2 .



0,75 1-**1-** Déterminer $t_{1/2}$, le temps de demi réaction correspondant à la courbe (C).

0,5 1-**2-** Déduire, la courbe correspondant à la température θ_2.

0,75 1-**3-** Déterminer en unité (mmol .L^{-1}. min^{-1}) , la vitesse volumique de la réaction à l'instant t=0 correspondant à la courbe (C') . (T) étant la tangente à cette courbe à l'instant t=0 .

1 **2-4-** Déterminer le rendement de cette réaction.

2ème exercice (3 pts)

Recopier le numéro de la question et écrire à côté la réponse juste parmi les réponses proposées, sans aucune justification, ni explication.

Propagation d'une onde mécanique

0,75 **1-** Une explosion s'est produite à une hauteur h_a de la surface de la mer, un bateau sous-marin se trouve en dessous du point d'explosion à une profondeur h_e =375m de la surface de la mer.

Le bateau sous-marin reçoit le signal sonore dû à cette explosion après une durée Δt = 3,25 s.

Données : la célérité du son dans l'air est v_a = 340m.s^{-1} et sa célérité dans l'eau est v_e = 1500 m.s^{-1}

La valeur de la hauteur h_a vaut :

A	h_a =750 m	B	h_a =1020 m	C	h_a =375 m	D	h_a =1000 m

Diffraction de la lumière

On éclaire une fente de largeur a par une lumière monochromatique de fréquence υ émise par un laser.

La figure de diffraction est observée sur un écran placé à une distance D de la fente. La largeur de la tache centrale est notée L .

Avec un laser émettant une lumière verte de fréquence υ_V= 5, 36.10^{14} Hz , on obtient une tache centrale de largeur L_V = 8,6 mm .

Avec un laser émettant une lumière rouge de fréquence υ_R = 4, 74.10^{14} Hz , on obtient une tache centrale de largeur L_R .

0,5 **2-** La valeur de la largeur de la tache centrale obtenue avec la lumière rouge est :

A	L_R=9,7 mm	B	L_R=7,7 mm	C	L_R=8,2 mm	D	L_R=6,8 mm

0,25 **3-** L'écart angulaire pour la lumière rouge et l'écart angulaire pour la lumière verte sont liés par la relation:

A	$\theta_R=1,13.\theta_V$	B	$\theta_R=11,3.\theta_V$	C	$\theta_R=0,88.\theta_V$	D	$\theta_R=2,26.\theta_V$

Transformations nucléaires

Le plutonium $^{238}_{94}Pu$ est radioactif α . Un échantillon de plutonium contient à $t_0 = 0$, No noyaux de plutonium $^{238}_{94}Pu$. On note N_d le nombre de noyaux de $^{238}_{94}Pu$ désintégrés à l'instant t .

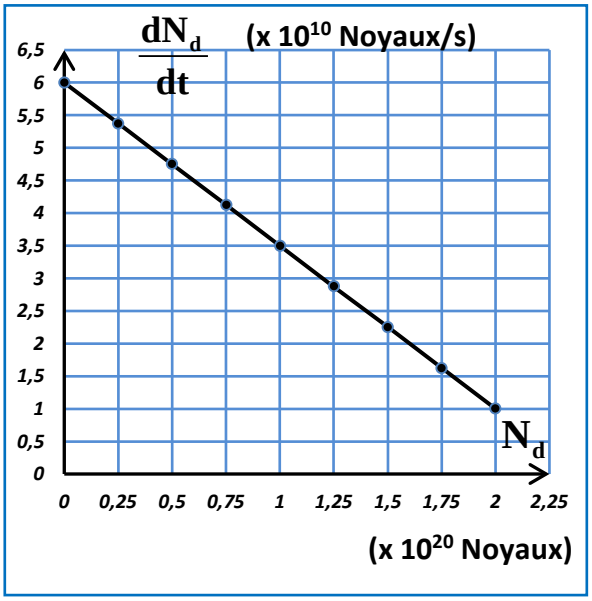
La courbe ci- jointe représente les variations de $\frac{dN_d}{dt}$ en fonction de N_d .

0,25 **1-** Le noyau obtenu par désintégration du plutonium $^{238}_{94}Pu$ est :

A	$^{234}_{92}U$	B	$^{235}_{92}U$	C	$^{238}_{95}Am$	D	$^{238}_{93}Np$

0,5 **2-** La valeur de la constante radioactive du plutonium $^{238}_{94}Pu$ est :

A	$\lambda=4.10^{-10}\ s^{-1}$	B	$\lambda=2,5.10^{-10}\ s^{-1}$
C	$\lambda=3,2.10^{-10}\ s^{-1}$	D	$\lambda=2,5.10^{-11}\ s^{-1}$



0,5 **3-** La valeur du nombre de noyaux de plutonium présents dans l'échantillon à $t_0 = 0$ est :

A	$N_0=6,2.10^{18}$	B	$N_0=2,4.10^{18}$
C	$N_0=2,4.10^{20}$	D	$N_0=6,2.10^{20}$

0,25 **4-** La durée nécessaire pour la désintégration de la moitié des noyaux de plutonium $^{238}_{94}Pu$ de l'échantillon est :

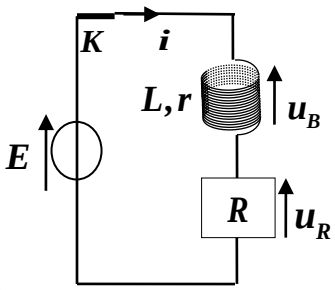
A	$1,2.10^{10}$ s	B	$5,2.10^{10}$ s
C	$4,2.10^{10}$ s	D	$2,8.10^{9}$ s

3éme exercice (4,5 pts)

Partie I : Variation de l'inductance d'une bobine à l'approche d'un métal

Un détecteur de métaux est un appareil capable de détecter la présence ou non de métal à distance.
Cette détection s'appuie sur la variation de l'inductance d'une bobine à l'approche d'un métal.
En effet, l'inductance augmente si on approche de la bobine un objet en fer alors qu'elle diminue si l'objet est en or.

Figure 1



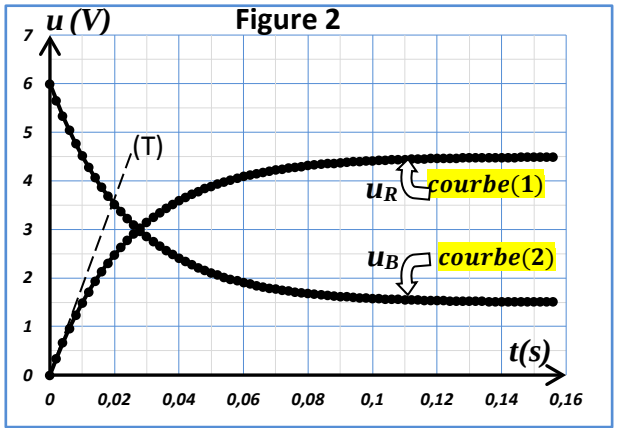
On réalise le montage schématisé sur la figure 1, constitué de:
- un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;
- un conducteur ohmique de résistance R =30 Ω;
- une bobine d'inductance L et de résistance r et un interrupteur K.

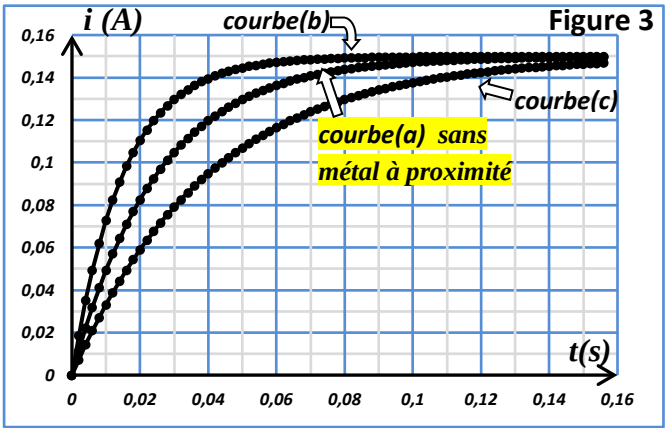
L'expérience est faite dans un premier temps sans métal à proximité.

On ferme l'interrupteur K à un instant choisi comme origine des dates (t=0).
A l'aide d'un système d'acquisition informatisé adéquat, on obtient les deux courbes de la figure 2

représentant l'évolution de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique ainsi que celle de la tension $u_B(t)$ aux bornes de la bobine. (T) représente la tangente à la courbe (2) à l'instant t = 0 .

0,5 **1-** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension u_R (t) s'écrit : $\frac{du_R}{dt} + \left(\frac{R+r}{L}\right)u_R = \frac{R.E}{L}$





0,5 **2-**Exprimer, en régime permanent, la tension U_B aux bornes de la bobine, en fonction de : r , R et E .

0,5 **3-** En exploitant la figure 2 , Vérifier que E= 6 V , puis déterminer la valeur de r.

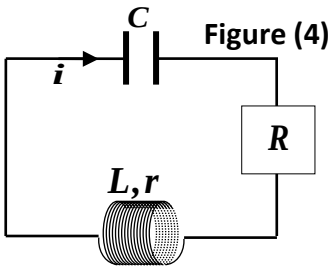
0,5 **4-** Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ puis en déduire la valeur de L.

0,25 **5- L'expérience est refaite deux fois avec deux métaux différents (or et fer) à proximité de la bobine** ;on obtient des courbes représentants l'évolution des intensités du courant qui traversent le circuit en fonction du temps, figure 3. En utilisant l'expression de la constante de temps τ ; associer chacune des courbes (b) et (c) au métal correspondant. Justifier.

PartieII : Détecteur de métal équivalent à un oscillateur constitué d'un condensateur et d'une bobine

Du fait de la variation de l'inductance de la bobine, l'oscillateur voit sa fréquence modifiée. La comparaison de la fréquence de cet oscillateur à une fréquence fixe permet d'indiquer la présence de métal et sa nature.

On monte en série un condensateur de capacité C = 10 µF initialement chargé, à un instant choisi comme origine des dates (t=0), avec le conducteur ohmique de résistance R=30 Ω et la bobine d'inductance L et de résistance r (figure 4).



0,5 **1-** Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t) du condensateur.

2- Pour entretenir les oscillations, on monte en série dans le circuit de la figure 4, un générateur (G) qui délivre une tension proportionnelle à l'intensité du courant électrique: $u_G(t) = k.i(t)$.

0,5 **2-1-** On obtient des oscillations électriques sinusoïdales lorsque la constante k prend la valeur k=40 dans le système d'unités internationales. En déduire de nouveau la valeur de la résistance r. Justifier.

2-2- A l'aide d'un appareil approprié, on visualise l'évolution de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur en fonction de l'intensité du courant électrique sur la figure (5).

0,25 a) Retrouver de nouveau la valeur de l'inductance L.

0,5 b) Déterminer, lorsque l'intensité du courant i = 14 mA , la valeur absolue de la tension aux bornes du condensateur.

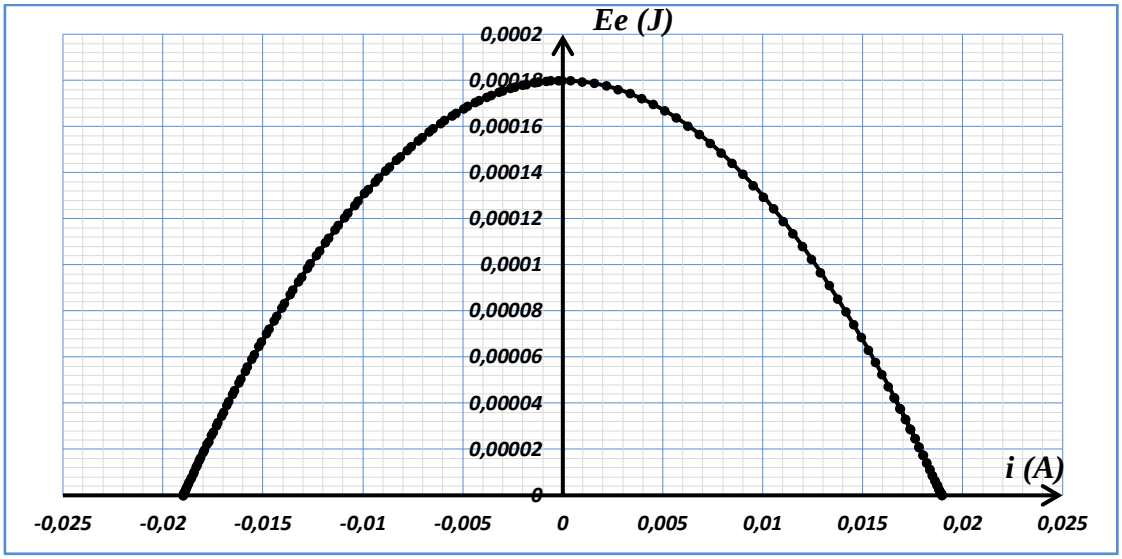


Figure (5)

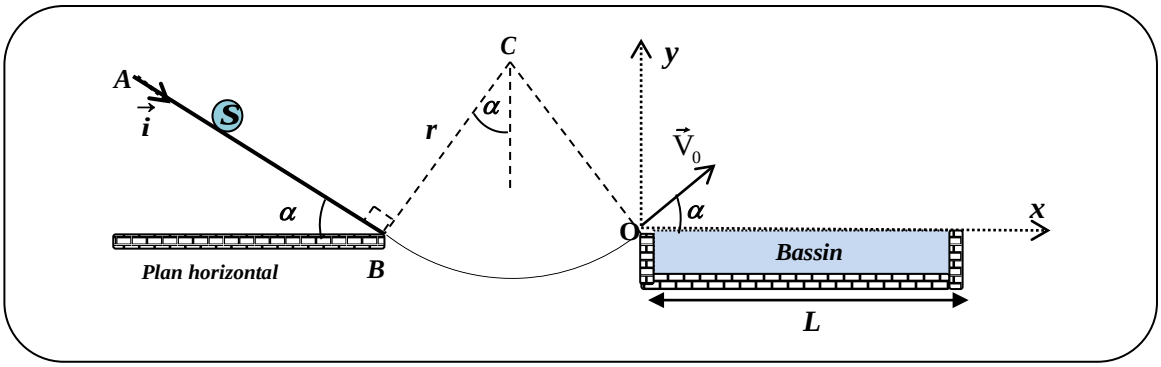
0,5 **3-** Recherche de métaux :

Sachant que l'inductance *L* de l'oscillateur augmente si on approche de la bobine un objet en fer alors qu'elle diminue si l'objet est en or. Des élèves sortent du laboratoire et partent sur un terrain proche du lycée pour tester leur détecteur associé à un fréquencemètre de fréquence propre 20 kHz en absence de métal à proximité. Soudain, au cours de leur recherche, ils détectent un signal de fréquence égale à 15 kHz. Ont-ils trouvé de l'or ? Justifier.

4éme exercice (5, 5 pts)

On se propose d'étudier, le mouvement du centre d'inertie G d'un corps (S) de masse m sur un parcours constitué de:

- une partie rectiligne AB inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal ;
- une partie BO de forme d'arc circulaire de centre C et de rayon r
- une zone de chute où se trouve un bassin rempli d'eau de largeur L.



Données : $m = 0,1\ kg$; $\alpha = 45,57°$; $L = 11\ m$; ***Intensité de pesanteur :*** $g = 10\ m.s^{-2}$.

1) Mouvement du centre d'inertie G du corps durant le parcours rectiligne AB

Le corps (S) est libéré à l'instant $t_0 = 0$ sans vitesse initiale, d'une position où son centre d'inertie G coïncide avec le point A origine du repère $(A,\vec{i})$ lié à la terre considéré comme galiléen. Au cours de son mouvement rectiligne, le système est soumis à des frottements causés uniquement par l'influence de l'air, modélisés par la force de vecteur $\vec{f} = -(K.V).\vec{i}$;
avec V vitesse de G et K constante positive.

1 1-1- En appliquant la deuxième loi de Newton , montrer que la vitesse V (t) vérifie l'équation différentielle suivante : $\frac{dV}{dt} + D.V = E$ en déterminant les expressions des constantes D et E en fonction de (m , g , K et α) .

1-2- La figure (1) représente la courbe de l'évolution de la vitesse V (t) au cours du temps.

0,75 a) Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse limite V_L puis en déduire la valeur de la constante K.

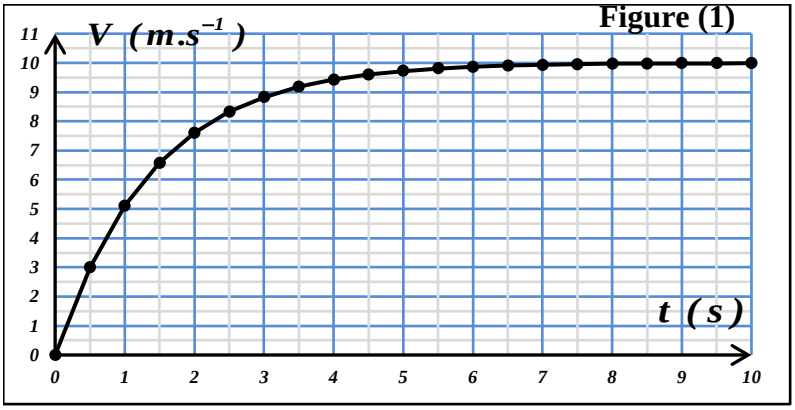


Figure (1)

t(s)	V (m.s⁻¹)	a (m.s⁻²)
t_0=0	0	7,141
t_1=0,04	0,2856	a_1
t_2=0,08	V_2	6,693

1 b) l'équation différentielle du mouvement de G s'écrit sous la forme numérique :

$\frac{dV}{dt} = 7,141 - 0,714.V$. Compléter le tableau ci-joint en utilisant la méthode d'Euler, pour déterminer les valeurs approchées de la vitesse V_1 et l'accélération a_2 du centre d'inertie G.

0, 5 ***2) Etude du mouvement de G sur la phase BO de forme d'arc circulaire sans frottements.***

En appliquant la 2e loi de Newton dans la base de Frenet $(B, \vec{u}, \vec{n})$, établir l'expression de l'intensité de la force $\vec{R}$ relative à l'action de la piste BO sur (S) au point B, en fonction de : m , g , r , α et V_B vitesse de G au point B.

3) Mouvement du centre d'inertie G durant la phase du saut sans frottements.

Le système quitte la piste inclinée au point O à un instant t=0 considéré comme nouvelle origine des temps ; avec une vitesse de vecteur $\vec{V}_0$ formant un angle α avec le plan horizontal

On étudie le mouvement de G dans le champ de pesanteur uniforme, lié au repère terrestre (Ox, Oy) considéré comme galiléen.

0,7 5 3-1- En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression de $V_x(t)$ en fonction de (V_0 , α) et l'expression de $V_y(t)$ en fonction de :(V_0 , α , g et t).

$V_x(t)$ et $V_y(t)$ étant les composantes du vecteur vitesse $\vec{V}_{(t)}$ à chaque instant t.

0, 75 3-2- En exploitant la courbe de la figure 2 qui représente les variations du module de la vitesse V de G en fonction du temps. Déterminer la valeur de V_0 et retrouver la valeur de α .

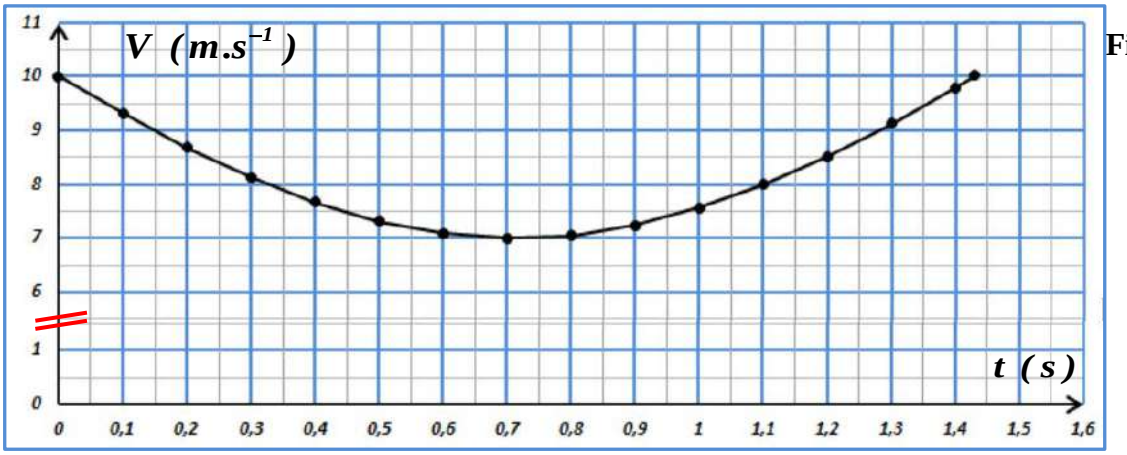


Figure (2)

0, 75 3-3- Le centre d'inertie G du corps (S) rencontre l'axe (Ox) à l'instant t=1,43 s , a-t-il dépassé le lac d'eau comme obstacle ? Justifier votre réponse.

CORRECTION 1er EXERCICE : Chimie

Réactions acido-basiques et Hydrolyse basique d'un ester

Partie I : Réactions acido-basiques

1- Équation modélisant la réaction du dosage

L'acide carboxylique réagit avec les ions hydroxyde de la solution titrante :

$$C_nH_{2n+1}COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_nH_{2n+1}COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2- Concentration C_A et formule chimique de l'acide

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stchiométriques :

$$C_AV_A = C_BV_{BE} \Longrightarrow C_A = \frac{C_BV_{BE}}{V_A}$$

A.N : $C_A = \frac{0{,}10\times 10}{10} = 0,10$ mol.L^{-1}.

$$C_A = 0{,}10\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}$$

Déterminons la masse molaire M de l'acide. La quantité de matière dans la solution (S) de volume $V = 500\,\text{mL}$ est :

$$n = C_A \times V = 0,10 \times 0,500 = 0{,}05\,\text{mol}$$

On sait aussi que $n = \frac{m}{M} \Longrightarrow M = \frac{m}{n}$. A.N : $M = \frac{2{,}3}{0{,}05} = 46\,\text{g}\,\text{mol}^{-1}$.

D'après la formule générale $C_nH_{2n+1}COOH$, la masse molaire s'exprime en fonction de n :

$$M = 12n + 1 \times (2n + 1) + 12 + 16 \times 2 + 1 = 14n + 46$$

En égalisant les deux expressions :

$$14n + 46 = 46 \Longrightarrow 14n = 0 \Longrightarrow n = 0$$

En remplaçant $n = 0$ dans la formule générale, on trouve :

La formule est $HCOOH$

3- Réaction entre les ions éthanoate et l'acide méthanoïque

3-1- Équation de la réaction

$$HCOOH_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + CH_3COOH_{(aq)}$$

3-2- Expression et valeur de la constante d'équilibre K

L'expression de la constante d'équilibre est :

$$K = \frac{[HCOO^-]_{eq} \cdot [CH_3COOH]_{eq}}{[HCOOH]_{eq} \cdot [CH_3COO^-]_{eq}}$$

En multipliant le numérateur et le dénominateur par $[H_3O^+]_{eq}$:

$$K = \left(\frac{[HCOO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[HCOOH]_{eq}}\right) \times \left(\frac{[CH_3COOH]_{eq}}{[CH_3COO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}\right)$$

$$K = K_{A1} \times \frac{1}{K_{A2}} = 10^{-pK_{A1}} \times 10^{pK_{A2}} = 10^{pK_{A2}-pK_{A1}}$$

A.N : $K = 10^{4,8-3,8} = 10^1 = 10$. $\boxed{K = 10}$

3-3- Quotient de réaction initial $Q_{r,i}$ et sens d'évolution

$$Q_{r,i} = \frac{[HCOO^-]_i \cdot [CH_3COOH]_i}{[HCOOH]_i \cdot [CH_3COO^-]_i}$$

Les concentrations initiales dans le mélange (de volume total V_{tot}) sont : $[HCOOH]_i = \frac{C_1V_1}{V_{tot}}$; $[CH_3COO^-]_i = \frac{C_2V_2}{V_{tot}}$; $[CH_3COOH]_i = \frac{C_3V_3}{V_{tot}}$; $[HCOO^-]_i = \frac{C_4V_4}{V_{tot}}$ Puisque $C_1 = C_2 = C_3 = C_4$ et $V_1 = V_2 = V_3 = V_4$, toutes les concentrations initiales sont égales. D'où $Q_{r,i} = \frac{1\times1}{1\times1} = 1$.

$Q_{r,i} = 1$. Comme $Q_{r,i} < K$, le système évolue dans le **sens direct**.

3-4- Détermination de l'avancement à l'équilibre x_{eq}

En utilisant la relation : $pH = pK_{A1} + \log\left(\frac{[HCOO^-]_{eq}}{[HCOOH]_{eq}}\right)$ Soit $n_0 = C_1V_1 = C_4V_4 = 0,1 \times 0,1 = 0{,}01\,\text{mol}$. À l'équilibre, on a $n(HCOO^-)_{eq} = n_0 + x_{eq}$ et $n(HCOOH)_{eq} = n_0 - x_{eq}$.

$$pH - pK_{A1} = \log\left(\frac{n_0 + x_{eq}}{n_0 - x_{eq}}\right) \implies \frac{n_0 + x_{eq}}{n_0 - x_{eq}} = 10^{pH-pK_{A1}}$$

A.N : $10^{4,32-3,8} = 10^{0,52} \approx 3,31$.

$$n_0 + x_{eq} = 3,31 \cdot (n_0 - x_{eq}) \implies n_0 + x_{eq} = 3,31n_0 - 3,31x_{eq}$$

$$4,31x_{eq} = 2,31n_0 \implies x_{eq} = \frac{2,31}{4,31} \times 0,01$$

$\boxed{x_{eq} \approx 5{,}36 \times 10^{-3}\,\text{mol}}$

Partie II : Hydrolyse basique d'un ester

1-1- Temps de demi-réaction $t_{1/2}$ pour la courbe (C)

Par définition, à $t_{1/2}$, l'avancement est $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$, donc $[CH_3COO^-]_{t_{1/2}} = \frac{[CH_3COO^-]_f}{2}$. D'après la courbe (C), la concentration finale est $[CH_3COO^-]_f = 4\,\text{mmol}\,\text{L}^{-1}$. Donc $[CH_3COO^-]_{t_{1/2}} = \frac{4}{2} = 2\,\text{mmol}\,\text{L}^{-1}$. Par lecture graphique sur la courbe (C), cette valeur correspond à une abscisse de $5\,\text{min}$.

$$t_{1/2} = 5\,\text{min}$$

1-2- Courbe correspondant à la température θ_2

La température est un facteur cinétique. Une température plus élevée accélère la réaction. Puisque $\theta_2 > \theta_1$, le système atteint son état final plus rapidement à θ_2. La courbe qui montre l'évolution la plus rapide (qui monte le plus vite) est la courbe (C').

La courbe correspondant à θ_2 est la **courbe (C')**.

1-3- Vitesse volumique de la réaction à l'instant t=0

La vitesse volumique est $v = \frac{d[CH_3COO^-]}{dt}$. À $t = 0$, elle correspond au coefficient directeur de la tangente (T) à la courbe (C'). En choisissant deux points sur la droite (T), par exemple $(0; 0)$ et $(2,5; 4)$:

$$v(0) = \frac{\Delta[CH_3COO^-]}{\Delta t} = \frac{4-0}{2,5-0} = \frac{4}{2,5} = 1,6$$

$$v(0) = 1{,}6\,\text{mmol}\,\text{L}^{-1}\,\text{min}^{-1}$$

2-4- Rendement de cette réaction

Le rendement est défini par $r = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COO^-]_{max}}$. On a $[CH_3COO^-]_f = 4\,\text{mmol}\,\text{L}^{-1}$ (d'après le palier des courbes). Le mélange initial est équimolaire. La concentration initiale des réactifs dans le mélange est :

$$C_{initiale} = \frac{C \cdot V_E}{V_{tot}} = \frac{C \cdot V_E}{2V_E} = \frac{C}{2} = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1} = 5\,\text{mmol}\,\text{L}^{-1}$$

L'avancement maximal correspond à la consommation totale du réactif limitant (ici n'importe lequel, le mélange étant équimolaire), donc $[CH_3COO^-]_{max} = 5\,\text{mmol}\,\text{L}^{-1}$.

$$r = \frac{4}{5} = 0,80$$

$$r = 80\%$$

CORRECTION 2ème EXERCICE : Physique

QCM : Ondes mécaniques, Diffraction de la lumière, Transformations nucléaires

Propagation d'une onde mécanique

1- Valeur de la hauteur h_a

Justification (pour comprendre) : Le temps total de propagation est la somme du temps passé dans l'air (t_a) et dans l'eau (t_e).

$$\Delta t = t_a + t_e = \frac{h_a}{v_a} + \frac{h_e}{v_e}$$

On cherche h_a :

$$\frac{h_a}{v_a} = \Delta t - \frac{h_e}{v_e} \implies h_a = v_a \cdot \left(\Delta t - \frac{h_e}{v_e}\right)$$

A.N : $h_a = 340 \times \left(3,25 - \frac{375}{1500}\right) = 340 \times (3,25 - 0,25) = 340 \times 3 = 1020\,\text{m}$.

1 - B $(h_a = 1020\,\text{m})$

Diffraction de la lumière

2- Valeur de la largeur de la tache centrale obtenue avec la lumière rouge

Justification : On sait que $L = \frac{2\lambda D}{a}$ et $\lambda = \frac{c}{\nu}$. Donc $L = \frac{2cD}{a \cdot \nu}$. On en déduit que L est inversement proportionnelle à la fréquence ν, soit $L \cdot \nu =$ constante.

$$L_R \cdot \nu_R = L_V \cdot \nu_V \implies L_R = L_V \cdot \frac{\nu_V}{\nu_R}$$

A.N : $L_R = 8,6 \times \frac{5,36 \cdot 10^{14}}{4,74 \cdot 10^{14}} = 8,6 \times 1,1308 \approx 9,72\,\text{mm}$.

2 - A $(L_R = 9,7\,\text{mm})$

3- Relation entre les écarts angulaires

Justification : L'écart angulaire est $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{c}{a \cdot \nu}$. Ainsi, θ est inversement proportionnel à ν : $\frac{\theta_R}{\theta_V} = \frac{\nu_V}{\nu_R}$.

$$\frac{\theta_R}{\theta_V} = \frac{5,36 \cdot 10^{14}}{4,74 \cdot 10^{14}} \approx 1,13 \implies \theta_R = 1,13 \cdot \theta_V$$

3 - A $(\theta_R = 1,13 \cdot \theta_V)$

Transformations nucléaires

1- Le noyau obtenu par désintégration

Justification : La désintégration α émet un noyau d'Hélium ${}^{4}_{2}He$. D'après les lois de Soddy :

$$ {}^{238}_{94}Pu \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He \implies \begin{cases} A = 238 - 4 = 234 \\ Z = 94 - 2 = 92 \text{ (Uranium)} \end{cases} $$

1 - A $({}^{234}_{92}U)$

2- Valeur de la constante radioactive λ

Justification : Le nombre de noyaux désintégrés est $N_d(t) = N_0 - N(t)$. En dérivant par rapport au temps : $\frac{dN_d}{dt} = -\frac{dN}{dt}$. Or la loi de décroissance donne $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$. Donc $\frac{dN_d}{dt} = \lambda N = \lambda(N_0 - N_d) = -\lambda N_d + \lambda N_0$. La courbe est une droite affine de coefficient directeur $a = -\lambda$. En prenant deux points sur le graphe $(0\ ;\ 6 \cdot 10^{10})$ et $(2 \cdot 10^{20}\ ;\ 1 \cdot 10^{10})$:

$$ -\lambda = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(1-6) \cdot 10^{10}}{(2-0) \cdot 10^{20}} = \frac{-5 \cdot 10^{10}}{2 \cdot 10^{20}} = -2,5 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} $$

2 - B $(\lambda = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1})$

3- Valeur du nombre de noyaux initial N_0

Justification : D'après l'équation de la droite $\frac{dN_d}{dt} = -\lambda N_d + \lambda N_0$. À l'ordonnée à l'origine ($N_d = 0$), on a $\frac{dN_d}{dt} = \lambda N_0$. Graphiquement, cette valeur est de $6,0 \cdot 10^{10}$ Noyaux/s.

$$ N_0 = \frac{6,0 \cdot 10^{10}}{\lambda} = \frac{6,0 \cdot 10^{10}}{2,5 \cdot 10^{-10}} = 2,4 \cdot 10^{20} $$

3 - C $(N_0 = 2,4 \cdot 10^{20})$

4- Durée nécessaire pour la désintégration de la moitié des noyaux

Justification : Il s'agit du temps de demi-vie $t_{1/2}$.

$$ t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0,693}{2,5 \cdot 10^{-10}} \approx 2,77 \cdot 10^{9} \text{ s} \approx 2,8 \cdot 10^{9} \text{ s} $$

4 - D $(2,8 \cdot 10^{9} \text{ s})$

CORRECTION 3ème EXERCICE : Électricité

Circuit RL, Oscillations RLC et Détecteur de métaux

Partie I : Variation de l'inductance d'une bobine à l'approche d'un métal

1- Équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$

D'après la loi des mailles : $E = u_B + u_R$ La tension aux bornes de la bobine est $u_B = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$. D'après la loi d'Ohm, $u_R = R \cdot i \implies i = \frac{u_R}{R}$, ce qui donne en dérivant : $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$. En remplaçant dans la loi des mailles :

$$E = L\left(\frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}\right) + r\left(\frac{u_R}{R}\right) + u_R$$

$$E = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + u_R\left(\frac{r}{R} + 1\right) = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + u_R\left(\frac{r+R}{R}\right)$$

En multipliant toute l'équation par $\frac{R}{L}$, on obtient :

$$\frac{du_R}{dt} + \left(\frac{R+r}{L}\right)u_R = \frac{R \cdot E}{L}$$

2- Expression de la tension U_B en régime permanent

En régime permanent, l'intensité du courant est constante $I_p = cste$, donc $\frac{di}{dt} = 0$. La tension aux bornes de la bobine devient $U_B = r \cdot I_p$. Or, $I_p = \frac{E}{R+r}$. Par conséquent :

$$U_B = \frac{r \cdot E}{R+r}$$

3- Vérification de E et détermination de r

À l'instant $t = 0$, l'intensité est nulle $i(0) = 0$, donc $u_R(0) = 0$. D'après la loi des mailles : $u_B(0) = E$. Graphiquement (figure 2), la courbe qui commence à une valeur non nulle est la courbe (2), avec $u_B(0) = 6\,\text{V}$.

$$E = 6\,\text{V}$$

En régime permanent, la courbe (2) donne $U_B = 1{,}5\,\text{V}$. En utilisant l'expression trouvée à la question 2 :

$$1,5 = \frac{r \times 6}{30 + r} \implies 1,5(30 + r) = 6r \implies 45 + 1,5r = 6r \implies 4,5r = 45$$

$$r = 10\,\Omega$$

4- Détermination de τ et déduction de L

Graphiquement, l'intersection de la tangente (T) à l'origine avec l'asymptote horizontale (régime permanent $U_B = 1{,}5\,\text{V}$) nous donne la valeur de la constante de temps : $\tau = 0{,}02\,\text{s}$

On sait que $\tau = \frac{L}{R+r}$, on en déduit :

$$L = \tau \times (R + r) = 0,02 \times (30 + 10) = 0,02 \times 40$$

$$L = 0{,}8\,\text{H}$$

5- Identification des métaux pour les courbes (b) et (c)

On sait que $\tau = \frac{L}{R+r}$. L'inductance augmente à l'approche du fer (donc τ augmente, le régime permanent s'établit plus lentement) et diminue à l'approche de l'or (donc τ diminue, le régime s'établit plus rapidement). En comparant les courbes avec la courbe (a) sans métal :

- La **courbe (b)** atteint le régime permanent plus rapidement ($\tau_b < \tau_a$), donc $L_b < L$. Il s'agit de **l'or**.
- La **courbe (c)** atteint le régime permanent plus lentement ($\tau_c > \tau_a$), donc $L_c > L$. Il s'agit du **fer**.

Partie II : Détecteur de métal équivalent à un oscillateur

1- Équation différentielle vérifiée par la charge q(t)

D'après la loi des mailles pour le circuit RLC série : $u_L + u_R + u_C = 0$. Soit $L\frac{di}{dt} + ri + Ri + \frac{q}{C} = 0 \implies L\frac{di}{dt} + (R + r)i + \frac{q}{C} = 0$. Or $i = \frac{dq}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$.

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + (R + r)\frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \left(\frac{R+r}{L}\right)\frac{dq}{dt} + \frac{1}{L\cdot C}q = 0$$

2- Entretien des oscillations

2-1- Nouvelle valeur de la résistance r

Avec le générateur d'entretien, la loi des mailles devient : $u_L + u_R + u_C = u_G = k \cdot i$.

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + (R + r)i + \frac{q}{C} - ki = 0 \implies L\frac{d^2q}{dt^2} + (R + r - k)\frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0$$

Pour obtenir des oscillations électriques sinusoïdales (non amorties), le terme

d'amortissement doit être nul, soit :

$$R + r - k = 0 \implies r = k - R$$

A.N : $r = 40 - 30 = 10\,\Omega$.

$r = 10\,\Omega$ (On retrouve la même valeur)

2-2- Exploitation de la figure (5)

a) Retrouver la valeur de l'inductance L

L'énergie totale du circuit est constante : $E_{tot} = E_e + E_m = cste$. D'après le graphe (parabole), l'énergie totale correspond au sommet de la courbe (où $i = 0$ et $E_m = 0$) : $E_{tot} = 0{,}000\,18\,\text{J}$. L'équation de la courbe est $E_e(i) = E_{tot} - \frac{1}{2}Li^2$. Prenons un point clair sur le graphe, par exemple pour $i = 0{,}01\,\text{A}$, on lit $E_e = 0{,}000\,14\,\text{J}$.

$$0,00014 = 0,00018 - \frac{1}{2}L(0,01)^2 \implies \frac{1}{2}L \times 10^{-4} = 0,00018 - 0,00014 = 0,00004$$

$$L = \frac{2 \times 0,00004}{10^{-4}} = \frac{0,00008}{0,0001}$$

$L = 0{,}8\,\text{H}$

b) Valeur absolue de la tension aux bornes du condensateur pour i = 14 mA

Pour $i = 14\,\text{mA} = 0{,}014\,\text{A}$, on détermine d'abord l'énergie électrique E_e correspondante. Sur le graphe, à l'abscisse $i = 0,014$ (une petite graduation avant $0,015$), l'ordonnée est exactement sur la ligne $E_e = 0{,}0001\,\text{J}$. Or on sait que l'énergie électrique est $E_e = \frac{1}{2}C \cdot u_C^2$.

$$u_C^2 = \frac{2E_e}{C} \implies |u_C| = \sqrt{\frac{2E_e}{C}}$$

A.N : $|u_C| = \sqrt{\frac{2\times0,0001}{10\times10^{-6}}} = \sqrt{\frac{0,0002}{0,00001}} = \sqrt{20}$.

$|u_C| \approx 4{,}47\,\text{V}$

3- Recherche de métaux

La fréquence propre de l'oscillateur est donnée par la relation : $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Sans métal, la fréquence est $f_0 = 20\,\text{kHz}$. Le signal détecté a une fréquence $f = 15\,\text{kHz}$, soit $f < f_0$. Puisque la fréquence f est inversement proportionnelle à $\sqrt{L}$, une diminution de la fréquence implique que **l'inductance L a augmenté**. D'après l'énoncé, l'inductance augmente à l'approche du **fer** et diminue à l'approche de l'or.

Non, ils n'ont pas trouvé de l'or. Le métal détecté est du **fer**.

CORRECTION EXERCICE 4 : Mouvement d'un corps

Étude sur plan incliné, arc circulaire et chute libre

1) Mouvement du centre d'inertie G du corps durant le parcours rectiligne AB

1-1- Équation différentielle vérifiée par la vitesse V(t)

Le système étudié est le corps (S). Bilan des forces extérieures appliquées :

- $\vec{P}$: Le poids du corps.
- $\vec{R}_N$: La réaction normale du plan incliné.
- $\vec{f}$: La force de frottement de l'air $\vec{f} = -K\vec{V}$.

Dans le repère galiléen $(A, \vec{i})$, appliquons la deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} = m\vec{a}_G$$

Projetons cette relation sur l'axe $(A, \vec{i})$ orienté dans le sens du mouvement :

$$P_x + R_{Nx} + f_x = ma_x$$

$$mg\sin\alpha + 0 - K \cdot V = m\frac{dV}{dt}$$

En divisant par la masse m, on obtient :

$$\frac{dV}{dt} + \frac{K}{m}V = g\sin\alpha$$

Par identification avec l'équation donnée $\frac{dV}{dt} + D \cdot V = E$, on déduit :

$$D = \frac{K}{m} \quad \text{et} \quad E = g\sin\alpha$$

1-2- Exploitation de la méthode d'Euler et de la figure (1)

a) Valeur de la vitesse limite V_L et de la constante K

D'après la figure (1), la courbe admet une asymptote horizontale représentant le régime permanent.

$$V_L = 10\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

En régime permanent, la vitesse est constante, donc $\frac{dV}{dt} = 0$. L'équation différentielle devient :

$$D \cdot V_L = E \implies \frac{K}{m} V_L = g \sin\alpha \implies K = \frac{mg \sin\alpha}{V_L}$$

A.N : $K = \frac{0{,}1 \times 10 \times \sin(45{,}57°)}{10} = \frac{1 \times 0{,}7141}{10}$

$$K \approx 0{,}0714\,\text{kg s}^{-1}$$

b) Complétion du tableau par la méthode d'Euler

L'équation s'écrit : $a_i = \frac{dV}{dt}(t_i) = 7,141 - 0,714 V_i$. Le pas de calcul est $\Delta t = t_1 - t_0 = 0,04$ s.

Calcul de l'accélération a_1 à l'instant t_1 :

$$a_1 = 7,141 - 0,714 \cdot V_1 = 7,141 - 0,714 \times 0,2856$$

$$a_1 = 6{,}937\,\text{m s}^{-2}$$

Calcul de la vitesse V_2 à l'instant t_2 :

$$V_2 = V_1 + a_1 \cdot \Delta t = 0,2856 + 6,937 \times 0,04 = 0,2856 + 0,27748$$

$$V_2 \approx 0{,}563\,\text{m s}^{-1}$$

2) Étude du mouvement de G sur la phase BO sans frottements

Le système (S) est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la réaction de la piste $\vec{R}$. Appliquons la 2ème loi de Newton dans la base de Frenet $(B, \vec{u}, \vec{n})$:

$$\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}_G$$

Projetons sur la normale $\vec{n}$ (dirigée vers le centre C) :

$$P_n + R_n = ma_n$$

D'après la géométrie du problème, la normale fait un angle α avec la verticale, d'où $P_n = -mg\cos\alpha$. L'accélération normale est $a_n = \frac{V_B^2}{r}$.

$$-mg\cos\alpha + R = m\frac{V_B^2}{r}$$

$$R = m\left(g\cos\alpha + \frac{V_B^2}{r}\right)$$

3) Mouvement du centre d'inertie G durant la phase du saut sans frottements

3-1- Expressions des composantes de la vitesse $V_x(t)$ et $V_y(t)$

Le corps (S) est en chute libre, soumis uniquement à son poids $\vec{P}$.

$$m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$$

En projetant sur les axes du repère (O, x, y) avec $\vec{g}$ dirigé vers le bas : $\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$ et $\vec{V}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \cos\alpha \\ V_{0y} = V_0 \sin\alpha \end{cases}$ En intégrant :

$$V_x(t) = V_0 \cos\alpha \quad \text{et} \quad V_y(t) = -gt + V_0 \sin\alpha$$

3-2- Valeur de V_0 et α à partir de la figure (2)

Le module de la vitesse est $V(t) = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$. À $t = 0$, la figure donne $V(0) = 10$ m.s^{-1}. Donc :

$$V_0 = 10\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$$

La vitesse est minimale au sommet de la trajectoire, lorsque $V_y = 0$, soit $V_{min} = V_x = V_0 \cos\alpha$. D'après la figure (2), le minimum est $V_{min} = 7\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$.

$$V_0 \cos\alpha = 7 \implies 10\cos\alpha = 7 \implies \cos\alpha = 0,7$$

$$\alpha = \arccos(0,7)$$

$$\alpha \approx 45,57°$$

3-3- Le corps a-t-il dépassé le lac d'eau ?

À l'instant $t = 1,43$ s, calculons l'abscisse x du corps (S). L'équation horaire est $x(t) = (V_0 \cos\alpha) \cdot t$.

$$x(1,43) = 7 \times 1,43 = 10,01\text{ m}$$

La largeur du bassin est $L = 11$ m. Comme $x(1,43) = 10{,}01\,\text{m} < 11\,\text{m}$, le corps retombe sur l'axe (Ox) avant la fin du bassin.

Non, le corps n'a pas dépassé le lac d'eau.

الامتحان التجريبي للبكالوريا
المسالك الدولية - خيار فرنسية
2026
-- الموضوع --

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
الجناح العلمي لمادة الفيزياء والكيمياء
مجموعة مدارس السابلة - مراكش -

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الانجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Le sujet comporte 6 exercices

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques

Chimie :

- ***Partie 1 : Étude de la solution aqueuse d'acide propanoïque.***
- ***Dosage d'une solution aqueuse d'acide propanoïque.***
- ***Partie 2 : Étude pile Argent-Fer.***

Physique I :

- ***Les ondes mécaniques périodiques sur la surface d'eau.***

Physique II :

- ***Étude de la désintégration L'astate 211.***

Physique III :

- ***Étude du dipôle RC et les oscillations libres non amorties dans le circuit RLC.***

Physique IV :

- ***Étude de mouvement d'un skieur.***

Physique V :

- ***L'oscillateur élastique vertical.***

Pr. Adil

Chimie (6 points)

Partie 1 :

L'acide propanoïque, de formule C_2H_5COOH , est utilisé comme conservateur alimentaire. On l'utilise aussi dans la synthèse des anti-inflammatoires. L'acide propanoïque intervient également dans de nombreuses synthèses organiques.

I. Étude de la solution aqueuse d'acide propanoïque :

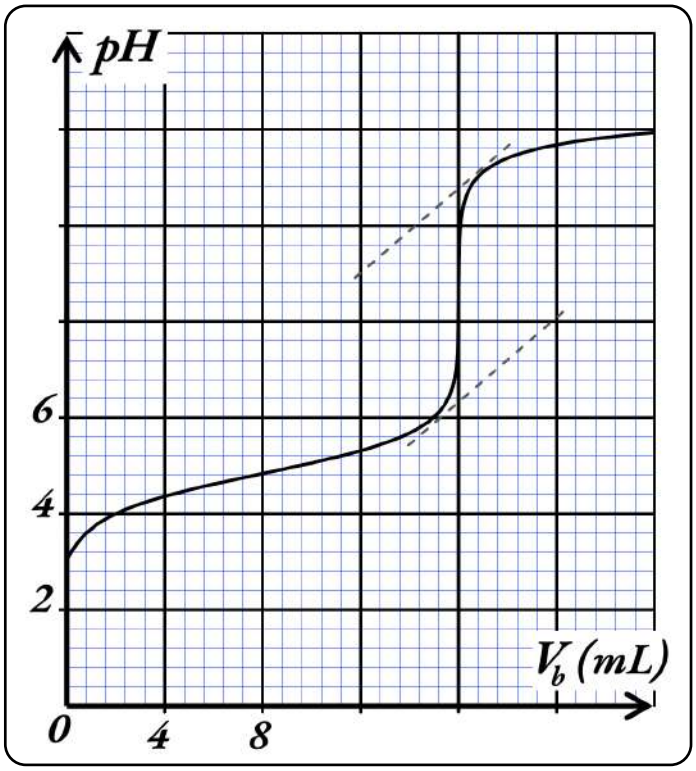
On dispose d'une solution aqueuse (S_a) d'acide propanoïque de concentration $C_a = 5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
La mesure du pH de la solution (S_a) donne la valeur $pH = 3,1$.

0,25 pt 1. Écrire l'équation chimique modélisant la réaction d'acide propanoïque avec l'eau.
0,5 pt 2. Montrer que cette réaction est limitée.
0,5 pt 3. Trouver l'expression du quotient de réaction $Q_{r,éq}$ à l'équilibre en fonction de C_a et $[H_3O^+]_{éq}$. Calculer sa valeur.
0,25 pt 4. En déduire la valeur du pK_A du couple $C_2H_5COOH_{(aq)}/C_2H_5COO^-_{(aq)}$.

II. Dosage d'une solution aqueuse d'acide propanoïque

Pour vérifier la valeur de la concentration C_a de la solution (S_a) on réalise le dosage pH-métrique d'un volume $V_a = 20\ mL$ de la solution aqueuse (S_a) par une solution aqueuse (S_b) d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration $C_b = 6,25.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

En suivant l'évolution du pH en fonction du volume V_b d'hydroxyde de sodium versé, Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de dosage $pH = f(V_b)$.



On donne :

$$K_e = 10^{-14}$$

0,25 pt 1. Écrire l'équation de la réaction de dosage.
0,5 pt 2. Montrer que cette réaction du dosage est totale.
0,5 pt 3. Déterminer les coordonnées V_{bE} et pH_E du point d'équivalence.
0,25 pt 4. Vérifier la concentration molaire C_a.
0,25 pt 5. Choisir, en justifiant la réponse, l'indicateur coloré adéquat pour repérer l'équivalence.

L'indicateur coloré	*Jaune de méthyle*	*Hélianthine*	*Rouge de crésol*
Zone de virage	$2,9 - 4$	$3,1 - 4,4$	$7,2 - 8,8$

0,5 pt 6. Déterminer le volume V_{b1} d'acide chlorhydrique qu'il faut ajouter pour que $[C_2H_5COOH] = 0,4\ .\ [C_2H_5COO^-]$ se vérifier dans le mélange réactionnel.

Partie 2 :

Les piles électrochimiques sont l'une des applications des réactions d'oxydo-réduction. Au cours de leur fonctionnements, une partie de l'énergie chimique se transforme en énergie électrique.

On réalise à la pile Argent-Fer composé de : (Figure 1)

- ***Le premier compartiment :*** est composé d'une plaque de Fer $Fe_{(s)}$ plongée dans une solution de chlorure de fer II $Fe^{2+}_{(aq)} + 2\,Cl^{-}_{(aq)}$ de volume $V_1 = 100\,mL$ et de concentration C_1.
- ***Le deuxième compartiment :*** est composé d'une plaque d'argent $Ag_{(s)}$ plongée dans une solution de nitrate d'argent $Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)}$ de volume $V_2 = V_1$ et de concentration $C_2 = C_1$.

Données :

- La constante de Faraday : $1\,F = 9,65\ .10^4\ C.mol^{-1}$
- Les couples Ox/Red : $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$; $Ag^{+}_{(aq)}/Ag_{(s)}$

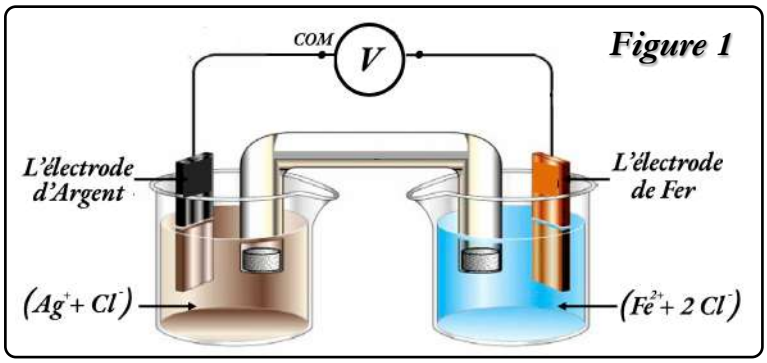


Figure 1

A l'instant $t_0 = 0$, on relie les deux compartiments liés par un pont salin de chlorure de potassium $K^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$, un courant d'intensité I circule alors dans le circuit et on suit l'évolution temporelle de la concentration des ions $Ag^{+}_{(aq)}$. (Figure 2)

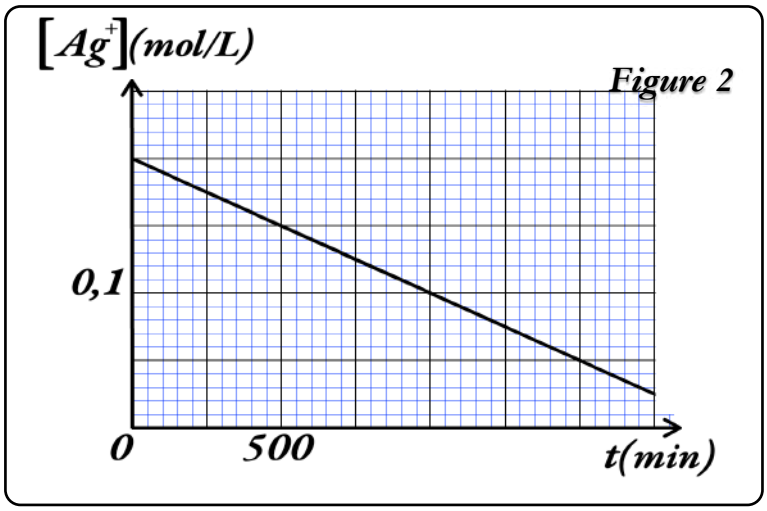


Figure 2

0,25 pt 1. Que signifie la valeur indiquée sur le voltmètre ?

0,5 pt 2. Préciser l'anode de la pile. Justifier.

0,5 pt 3. Représenter le schéma conventionnel de cette pile.

0,75 pt 4. Exprimer la concentration des ions $[Ag^{+}_{(aq)}]$ en fonction de C_2 , V_2 , F et t.

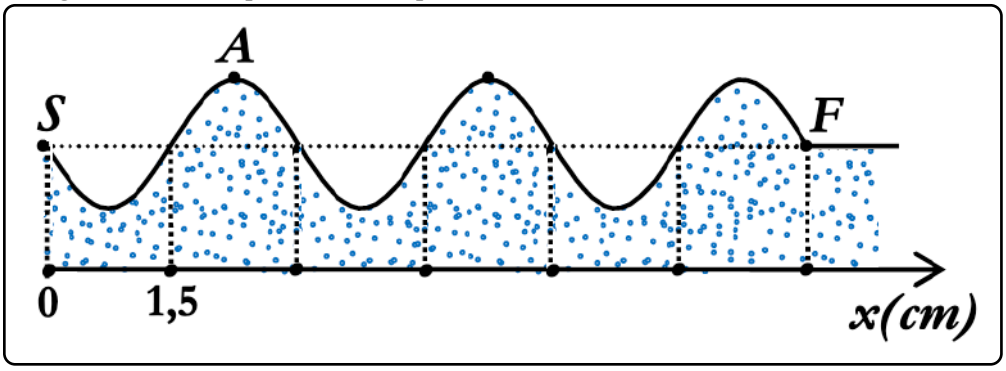
0,5 pt 5. Calculer la valeur de l'intensité du courant I.

Pr. Adil

Physique I (2 points)

On provoque, à l'instant $t_0 = 0s$, une onde rectiligne sinusoïdale de fréquence $N = 50\,Hz$ à la surface libre de l'eau contenue dans une cuve à ondes. La profondeur de l'eau dans la cuve est h.

Le schéma de la figure ci-contre représente la coupe verticale de la surface de l'eau à un instant t_1.



0,5 pt 1. L'onde qui se propage à la surface de l'eau est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier.

0,5 pt 2. Calculer la célérité v de cette onde.

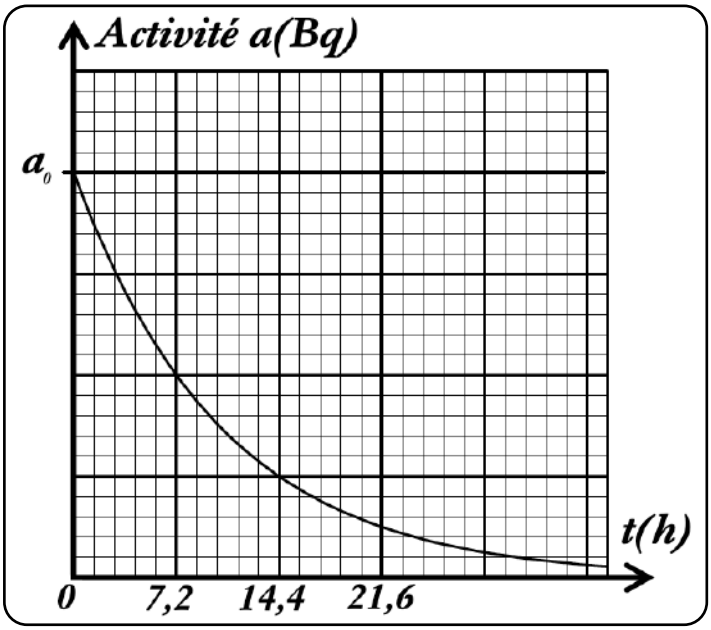
3. On peut considérer que la célérité des ondes à la surface de l'eau varie avec la profondeur h de l'eau dans la cuve comme suit : $v = \sqrt{g.h}$ avec g intensité de la pesanteur.
On ajoute dans la cuve de l'eau de telle façon que la profondeur d'eau devienne $h_1 = 4.h$.

0,5 pt 3.1. Par l'analyse dimensionnelle, montrer que relation est homogène.

0,5 pt 3.2. Trouver la longueur d'onde λ_1 de l'onde.

Pr. Adil — *Physique II (2 points)*

L'astate est un élément radioactif qui existe en faible quantité dans la croute terrestre.
L'isotope $^{211}_{85}At$ de l'astate se désintègre en un noyau de bismuth $^{207}_{83}Bi$ en émettant une particule X.



0,25 pt 1. Donner la composition du noyau $^{211}_{85}At$.

0,25 pt 2. Définir l'activité $1Bq$

0,5 pt 3. Écrire l'équation de désintégration de l'astate 211 en identifiant la particule X.

4. La courbe de la figure ci-contre représente l'évolution au cours du temps de l'activité d'un échantillon d'astate contient une masse $m_0 = 14\ g$ à l'instant $t = 0$.

0,5 pt 4.1. Déterminer graphiquement la demi-vie $t_{1/2}$ du noyau $^{211}_{85}At$.

0,5 pt 4.2. Trouver le nombre de particules X émises à partir de $t = 0$ jusqu'à l'instant $t = 2.t_{1/2}$.

Données :

- Masse atomique : $M(^{211}At) = 211\ g.mol^{-1}$
- Constante d'Avogadro : $\mathcal{N}_A = 6,02 . 10^{23}\ mol^{-1}$

Pr. Adil — *Physique III (3,75 points)*

Étude du dipôle RC et les oscillations libres non amorties dans le circuit RLC.

On réalise le circuit de la figure 1 constitué :

- ♣ Un générateur de tension G de f.e.m. u_0 ;
- ♣ Un conducteur ohmique de résistance $R = 1\ k\Omega$;
- ♣ Un condensateur de capacité C initialement déchargé ;
- ♣ Deux interrupteurs K_1 et K_2 ;
- ♣ Une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

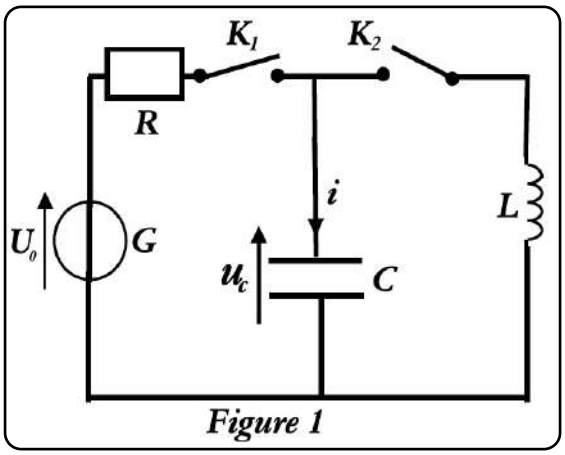
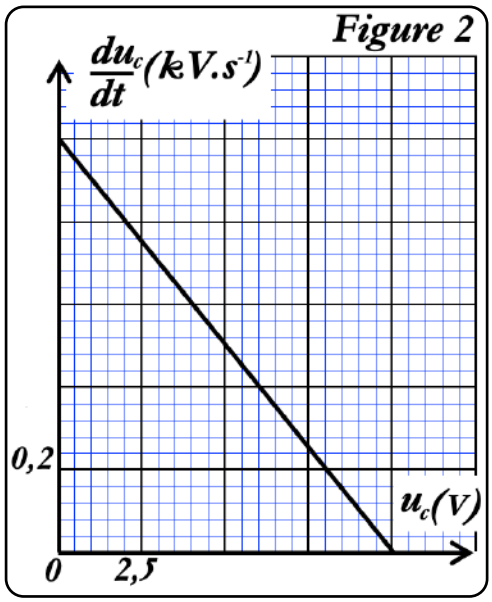


Figure 1

I. K_2 étant ouvert et K_1 fermé :

A un instant choisi comme origine des dates ($t = 0$) , on ferme l'interrupteur K_1 . K_2 reste ouvert.

Un système d'acquisition informatisé permet de tracer la courbe de la figure 2 représentant les variations de $\frac{du_c}{dt}$ en fonction de u_c , u_c étant la tension à un instant t aux bornes du condensateur et $\frac{du_c}{dt}$ sa dérivée par rapport au temps.



0,5 pt 1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ s'écrit :

$$\frac{du_c(t)}{dt} = \frac{U_0}{\tau} - \frac{u_c(t)}{\tau}$$

2. En exploitant la courbe, déterminer la valeur de :

0,5 pt 2.1. La tension U_0.

0,5 pt 2.2. La capacité C du condensateur.

0,5 pt 3. Calculer l'énergie maximale E_0 emmagasinée dans le condensateur une fois chargé totalement.

II. K_1 étant ouvert et K_2 fermé :

Le condensateur étant totalement chargé, on ouvre K_1 et on ferme K_2 à un instant choisi comme nouvelle origine des dates ($t = 0$) .

À un instant t la charge du condensateur est $q(t)$.

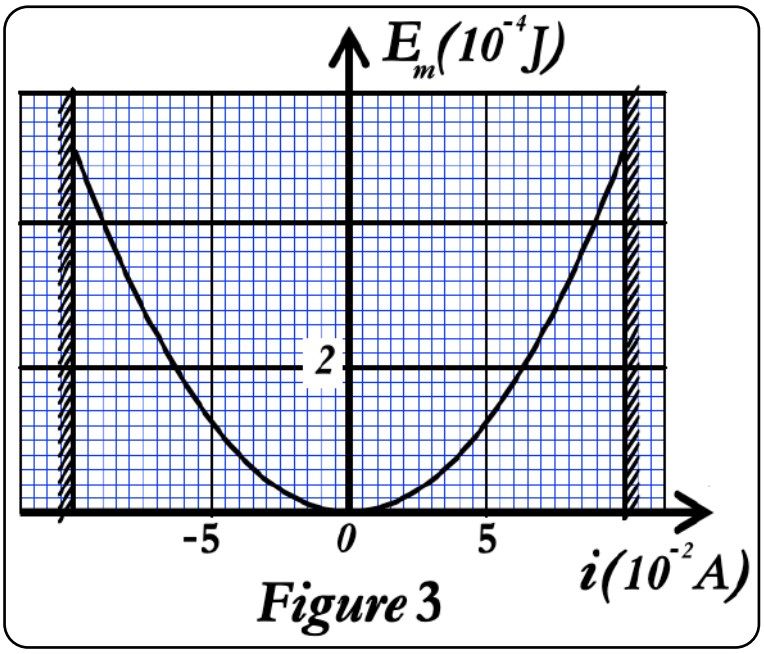
0,5 pt 1. Exprimer à un instant t, l'énergie totale E_T du circuit LC en fonction de $q(t)$, L , C et i l'intensité du courant.

0,5 pt 2. Par l'étude énergétique, établir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$.

3. Une étude expérimentale a permis d'obtenir la courbe de la figure 3 représentant la variation de l'énergie E_m emmagasinée par la bobine en fonction de l'intensité i du courant.

0,5 pt 3.1. En exploitant la courbe de la figure 2, déterminer la valeur de L.

0,25 pt 3.2. Vérifier que la valeur de la période propre du circuit LC est $T_0 \approx 6,3\ ms$.



Pr. Adil

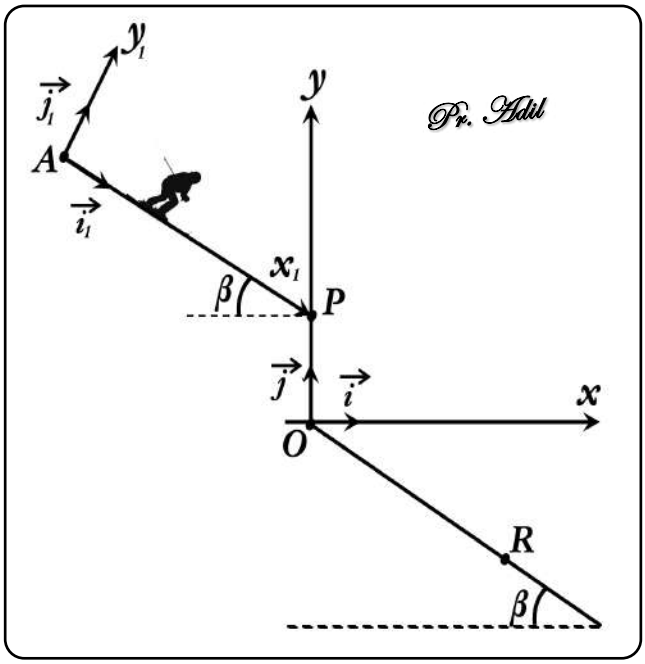
Physique II (3,75 points)

Cet exercice se propose d'étudier le mouvement du centre d'inertie G d'un système (S) formé d'un skieur et ses accessoires se déplaçant sur une piste.

Données :

- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8\ m.s^{-2}$;
- Masse du système (S) : $m = 70\ kg$.
- On néglige toutes les actions de l'air.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du skieur dans le repère $\mathcal{R}(A, \vec{i_1}, \vec{j_1})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.



A un instant choisi comme origine des dates ($t = 0$), le skieur s'élance sans une vitesse initiale du point A de la piste rectiligne AP de longueur $l = AP = 50\ m$ inclinée par rapport au plan horizontal d'un angle $\beta = 50°$.

Le skieur quitte la piste au point P, avec une vitesse $v_p = 25\ m.s^{-1}$, et il tombe sur une autre piste inclinée de même angle β par rapport au plan horizontal.

Le point est situé sur la même verticale que l'origine O du le repère $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$.
On donne $h = OP = 10\ m$.

On modélise les frottements sur la trajectoire (AP) par une force $\vec{f}$ parallèle a la piste, opposée au sens de mouvement de (S) et d'intensité constante f .

1 pt 1. Établir, en appliquant la deuxième loi de Newton, l'expression littérale de l'accélération a_x du centre d'inertie G de (S) en fonction de m , g , β et f. Quelle est la nature du mouvement de G dans ce cas,

0,5 pt 2. Calculer a_x.

0,5 pt 3. Calculer l'intensité f de la force de frottement et le coefficient de frottement $k = tan\ \varphi$, avec φ angle de frottement.

0,5 pt 4. Établir l'expression de l'intensité R de la force exercée par la piste sur (S) en fonction de m , g , β et k.
Calculer R.

5. On considère la date du passage du centre d'inertie de (S) par le point P comme une nouvelle origine des temps.

0,5 pt 5.1. Établir les expressions littérales des équations horaires de G.

0,25 pt 5.2. En déduire l'expression de l'équation de sa trajectoire pendant le saut.

0,5 pt 5.3. Déterminer les coordonnées du point de chute R. En déduire la distance $OR = L$.

Pr. Adil

Physique V (2,5 points)

Un oscillateur mécanique vertical est constitué d'un corps solide (S) de masse $\boldsymbol{m = 200\ g}$ et d'un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de raideur $\boldsymbol{K}$. L'une des extrémités du ressort est fixée à un support fixe et l'autre extrémité est liée au solide (S) (figure1).

On se propose d'étudier le mouvement du centre d'inertie $\boldsymbol{G}$ du solide (S) dans un repère $\mathsf{r}(\boldsymbol{O},\vec{\boldsymbol{k}})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

On repère la position de $\boldsymbol{G}$ à un instant $\boldsymbol{t}$ par la côte $\boldsymbol{z}$ sur l'axe $(\boldsymbol{O},\vec{\boldsymbol{k}})$. À l'équilibre, $\boldsymbol{G}$ est confondu avec l'origine $\boldsymbol{O}$ du repère $\mathsf{r}(\boldsymbol{O},\vec{\boldsymbol{k}})$. On prendra $\boldsymbol{\pi^2 = 10}$.

On écarte verticalement le solide S de sa position d'équilibre et on l'envoie à l'instant de date $\boldsymbol{t = 0}$, avec une vitesse initiale $\overrightarrow{\boldsymbol{v_0}} = \boldsymbol{v_{0z}}\,\vec{\boldsymbol{k}}$.

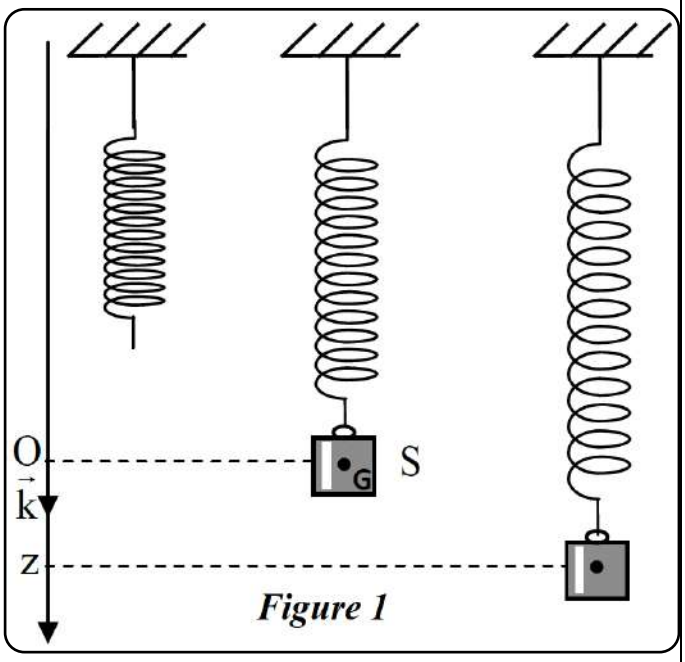


Figure 1

La courbe de la figure 2 représente l'évolution de la côte $\boldsymbol{z(t)}$ du centre d'inertie $\boldsymbol{G}$.

0,5 pt 1. Déterminer, à l'équilibre, l'allongement $\boldsymbol{\Delta l_0}$ du ressort en fonction de $\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{K}$ et de l'intensité de la pesanteur $\boldsymbol{g}$.

0,5 pt 2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la côte $\boldsymbol{z}$ du centre d'inertie $\boldsymbol{G}$.

3. La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme :

$$\boldsymbol{z(t) = z_m.cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)}$$

1 pt Déterminer les valeurs de $\boldsymbol{T_0}$ la période propre de l'oscillateur, $\boldsymbol{z_m}$ et celle de $\boldsymbol{\varphi}$.

0,5 pt 4. Calculer la valeur de $\boldsymbol{K}$

0,5 pt 5. Déterminer la valeur de la vitesse initiale $\boldsymbol{v_{0z}}$.

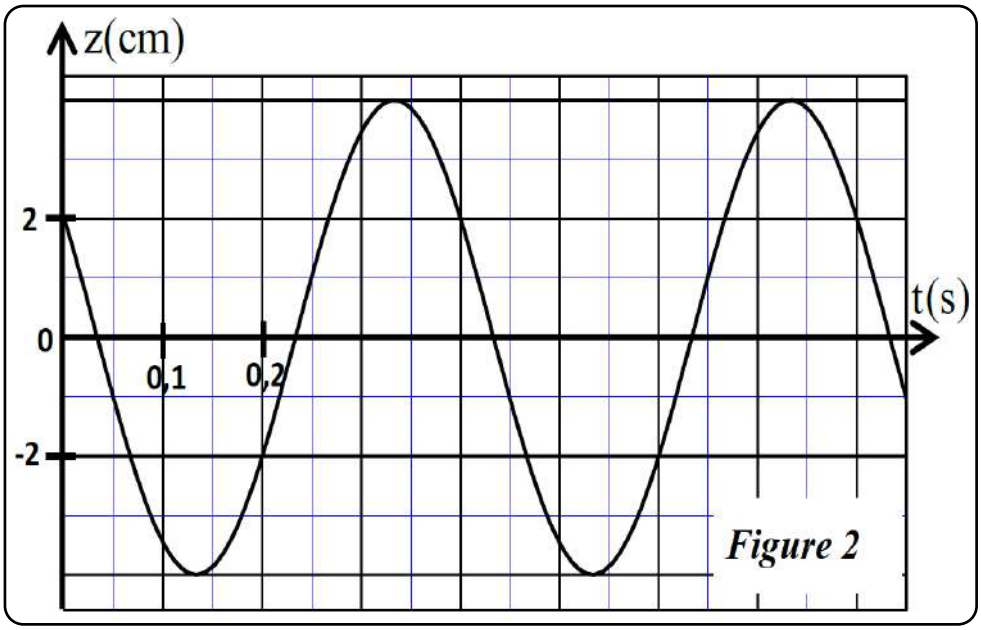


Figure 2

CHIMIE

Partie 1 : Étude de la solution aqueuse d'acide propanoïque

I.1) Équation de la réaction avec l'eau

L'acide propanoïque réagit avec l'eau selon l'équation suivante : $\Rightarrow$

$$C_2H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

I.2) Vérification de la réaction limitée

Calculons le taux d'avancement final τ. Par définition, $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$. D'après le tableau d'avancement pour un volume V :

- $x_f = [H_3O^+]_f \cdot V = 10^{-pH} \cdot V$
- $x_{max} = C_a \cdot V$

$$\tau = \frac{10^{-pH}}{C_a} = \frac{10^{-3,1}}{5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,0158$$

$\Rightarrow \tau \approx 1,58\% < 100\%$**. La réaction n'est pas totale, elle est donc limitée.**

I.3) Expression et valeur du quotient de réaction $Q_{r,q}$

L'expression du quotient de réaction à l'équilibre est :

$$Q_{r,\text{éq}} = \frac{[C_2H_5COO^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[C_2H_5COOH]_{\text{éq}}}$$

D'après l'équation de la réaction et la conservation de la matière :

- $[C_2H_5COO^-]_{\text{éq}} = [H_3O^+]_{\text{éq}}$
- $[C_2H_5COOH]_{\text{éq}} = C_a - [H_3O^+]_{\text{éq}}$

$\Rightarrow Q_{r,\text{éq}} = \frac{[H_3O^+]^2_{\text{éq}}}{C_a - [H_3O^+]_{\text{éq}}}$

Calcul de la valeur :

$$Q_{r,\text{éq}} = \frac{(10^{-3,1})^2}{5 \cdot 10^{-2} - 10^{-3,1}} = \frac{10^{-6,2}}{0,05 - 0,00079} \approx \frac{6,31 \cdot 10^{-7}}{0,0492}$$

$\Rightarrow Q_{r,\text{éq}} \approx 1,28 \cdot 10^{-5}$

I.4) Déduction de la valeur du pK_A

La constante d'acidité K_A du couple $C_2H_5COOH/C_2H_5COO^-$ est égale au quotient de réaction à l'équilibre :

$$K_A = Q_{r,\text{éq}} = 1,28 \cdot 10^{-5}$$

Or, $pK_A = -\log(K_A)$

$$pK_A = -\log(1,28 \cdot 10^{-5})$$

$\Rightarrow pK_A \approx 4,89$

II. Dosage d'une solution aqueuse d'acide propanoïque

II.1 et II.2) Équation du dosage et caractère total

II.1- Équation de dosage : L'acide propanoïque réagit avec les ions hydroxyde de la solution titrante : $\Rightarrow C_2H_5COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow C_2H_5COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

II.2- Montrons que la réaction est totale : Calculons sa constante d'équilibre K :

$$K = \frac{[C_2H_5COO^-]_{eq}}{[C_2H_5COOH]_{eq} \cdot [HO^-]_{eq}}$$

En multipliant par $\frac{[H_3O^+]_{eq}}{[H_3O^+]_{eq}}$:

$$K = \frac{[C_2H_5COO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[C_2H_5COOH]_{eq}} \times \frac{1}{[H_3O^+]_{eq} \cdot [HO^-]_{eq}} = \frac{K_A}{K_e}$$

$$K = \frac{10^{-4,89}}{10^{-14}} = 10^{14-4,89} = 10^{9,11}$$

$\Rightarrow K \approx 1,28 \cdot 10^9 \gg 10^4$**. La réaction du dosage est bien totale.**

II.3 et II.4) Point d'équivalence et vérification de C_a

II.3- Coordonnées (V_{bE}, pH_E) **:** Par exploitation de la courbe (méthode des tangentes), on repère le saut de pH à l'abscisse correspondant à 4 carreaux (un carreau valant 4 mL). L'ordonnée du point d'inflexion se lit à mi-hauteur du saut. $\Rightarrow$ **Point d'équivalence :** $V_{bE} = 16$ **mL et** $pH_E \approx 8,4$

II.4- Vérification de la concentration C_a : A l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stchiométriques :

$$n_i(C_2H_5COOH) = n_{vers}(HO^-) \implies C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a} = \frac{6,25 \cdot 10^{-2} \times 16}{20}$$

$\Rightarrow C_a = 5 \cdot 10^{-2}$ **mol** $\cdot$ **L**$^{-1}$ **(La valeur annoncée est bien vérifiée).**

II.5 et II.6) Indicateur coloré et ajout de volume

II.5- Choix de l'indicateur coloré : Un indicateur coloré est adéquat si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence. Ici, $pH_E \approx 8,4$. Cette valeur est comprise dans la zone de virage du **Rouge de crésol** $(7,2 - 8,8)$. $\Rightarrow$ **L'indicateur adéquat est le Rouge de crésol.**

II.6- Détermination du volume V_{b1} (d'hydroxyde de sodium ajouté*) : **Note : l'énoncé mentionne "acide chlorhydrique" par erreur typographique, le dosage s'effectuant avec une base.*
On souhaite obtenir la relation : $[C_2H_5COOH] = 0,5 \cdot [C_2H_5COO^-]$. On sait que : $n(AH)_{restant} = C_aV_a - C_bV_{b1}$ et $n(A^-)_{form} = C_bV_{b1}$. En divisant par le volume total, la condition sur les concentrations devient une condition sur les quantités de matière :

$$C_aV_a - C_bV_{b1} = 0,5 \cdot (C_bV_{b1})$$

$$C_aV_a = 1,5 \cdot C_bV_{b1} \implies V_{b1} = \frac{C_aV_a}{1,5 \cdot C_b}$$

Or on sait que $C_aV_a = C_bV_{bE}$, donc :

$$V_{b1} = \frac{C_bV_{bE}}{1,5 \cdot C_b} = \frac{V_{bE}}{1,5} = \frac{16}{1,5}$$

$\Rightarrow V_{b1} \approx 10,67$ **mL**

Partie 2 : Étude pile Argent-Fer

1, 2 et 3) Étude qualitative de la pile

1- Signification de la valeur indiquée par le voltmètre : La borne COM du voltmètre est reliée à l'électrode d'Argent (Ag). Le voltmètre mesure donc la tension $U = V_{Fe} - V_{Ag}$. D'après la courbe, la concentration en ions $[Ag^+]$ diminue, ces ions subissent donc une **réduction** pour former de l'argent métallique. L'électrode d'Argent est donc la **Cathode** (pôle positif). Par conséquent, $V_{Ag} > V_{Fe}$, ce qui implique que la tension U mesurée est **négative**. $\Rightarrow$ **La valeur affichée est négative, ce qui nous indique que la borne COM est reliée au pôle positif de la pile (la Cathode en Argent).**

2- Précision de l'anode : Comme l'électrode d'Argent est le siège d'une réduction (Cathode), l'oxydation a lieu à l'électrode de Fer ($Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$). $\Rightarrow$ **L'anode est donc l'électrode de Fer.**

3- Schéma conventionnel : Le pôle négatif (Anode) s'écrit à gauche et le pôle

positif (Cathode) à droite. $\Rightarrow \quad \ominus\, Fe_{(s)} \mid Fe^{2+}_{(aq)} \mid\mid Ag^{+}_{(aq)} \mid Ag_{(s)}\, \oplus$

4 et 5) Étude quantitative

4- Expression de la concentration $[Ag^+]$: La réaction à la cathode est : $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$. La quantité d'électrons échangés s'exprime par : $n(e^-) = \frac{I \cdot t}{F}$. D'après la demi-équation, la quantité d'ions Ag^+ consommés est égale à $n(e^-)$. La quantité de matière restante est : $n(Ag^+) = n_0(Ag^+) - n(e^-) = C_2 \cdot V_2 - \frac{I \cdot t}{F}$. En divisant par le volume V_2 : $\Rightarrow [Ag^+] = C_2 - \frac{I \cdot t}{V_2 \cdot F}$

5- Calcul de l'intensité du courant I : L'expression précédente montre que la courbe est une droite affine d'équation $[Ag^+] = a \cdot t + b$ avec un coefficient directeur $a = -\frac{I}{V_2 \cdot F}$. Sur le graphe, la droite passe par les points :

- A $t = 0$ min, $[Ag^+] = 0,1$ mol/L
- A $t = 500$ min, on lit $[Ag^+] = 0,05$ mol/L (la courbe est exactement à la moitié de l'ordonnée initiale).

Calculons le coefficient directeur a en convertissant le temps en secondes :

$$a = \frac{0,05 - 0,1}{500 \times 60} = \frac{-0,05}{30000} \approx -1,667 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Puisque $a = -\frac{I}{V_2 \cdot F}$, on a :

$$I = -a \cdot V_2 \cdot F = 1,667 \cdot 10^{-6} \times 0,1 \times 96500$$

$$I \approx 0,016 \text{ A}$$

$\Rightarrow I \approx 16$ **mA**

PHYSIQUE I : Ondes mécaniques à la surface de l'eau

1) Nature de l'onde (transversale ou longitudinale)

La déformation de la surface de l'eau se fait verticalement (de bas en haut), tandis que la propagation de l'onde se fait horizontalement (le long de l'axe x). La direction de perturbation est donc perpendiculaire à la direction de propagation.
$\Rightarrow$ **L'onde qui se propage à la surface de l'eau est une onde transversale.**

2) Calcul de la célérité v de l'onde

Sur la figure, la distance entre la crête S (à $x = 0$) et le premier creux correspond à $1{,}5\,\text{cm}$. La distance entre une crête et le creux consécutif représente une

demi-longueur d'onde ($\frac{\lambda}{2}$).

$$\frac{\lambda}{2} = 1,5 \text{ cm} \implies \lambda = 3,0 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

La célérité v de l'onde est liée à sa longueur d'onde λ et à sa fréquence N par la relation :

$$v = \lambda \cdot N$$

Avec $\lambda = 3 \cdot 10^{-2}$ m et $N = 50$ Hz :

$$v = 3 \cdot 10^{-2} \times 50 = 150 \cdot 10^{-2}$$

$\Rightarrow v = 1,5 \ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$

3.1) Analyse dimensionnelle de la relation $v = \sqrt{g \cdot h}$

Pour montrer que la relation est homogène, on doit vérifier que la dimension du membre de droite correspond bien à une vitesse.

- g est une accélération (pesanteur en m $\cdot$ s^{-2}), sa dimension est : $[g] = L \cdot T^{-2}$
- h est une profondeur (longueur en m), sa dimension est : $[h] = L$

Déterminons la dimension du produit $\sqrt{g \cdot h}$:

$$[\sqrt{g \cdot h}] = ([g] \cdot [h])^{\frac{1}{2}} = (L \cdot T^{-2} \cdot L)^{\frac{1}{2}} = (L^2 \cdot T^{-2})^{\frac{1}{2}} = L \cdot T^{-1}$$

Or, une vitesse v a pour dimension $[v] = L \cdot T^{-1}$.

$\Rightarrow$ **On a bien $[v] = [\sqrt{g \cdot h}]$. La relation est donc homogène.**

3.2) Nouvelle longueur d'onde λ_1

La nouvelle profondeur est $h_1 = 4h$. La fréquence N de l'onde dépend uniquement de la source, elle reste donc constante ($N = 50$ Hz).
Calculons la nouvelle célérité v_1 :

$$v_1 = \sqrt{g \cdot h_1} = \sqrt{g \cdot (4h)} = \sqrt{4} \cdot \sqrt{g \cdot h} = 2 \cdot v$$

On sait que $v = 1,5$ m/s, donc :

$$v_1 = 2 \times 1,5 = 3,0 \text{ m/s}$$

On déduit la nouvelle longueur d'onde λ_1 :

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{N}$$

$$\lambda_1 = \frac{3,0}{50} = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

Autre méthode plus rapide : Puisque $v_1 = 2v$ et que la fréquence N est constante, la longueur d'onde est doublée : $\lambda_1 = 2\lambda = 2 \times 3$ cm $= 6$ cm.

$\Rightarrow \lambda_1 = 6$ **cm**

PHYSIQUE II : Étude de la désintégration de l'astate 211

1) Composition du noyau d'astate 211

Le noyau d'astate $^{211}_{85}At$ est caractérisé par :

- Un nombre de protons (numéro atomique) : $Z = 85$
- Un nombre de masse (nucléons) : $A = 211$
- Un nombre de neutrons : $N = A - Z = 211 - 85 = 126$

$\Rightarrow$ **Le noyau est composé de 85 protons et 126 neutrons.**

2) Définition de l'activité 1 Bq

L'activité d'une source radioactive s'exprime en Becquerels (Bq). $\Rightarrow$ **Une activité de 1 Bq correspond à une source dans laquelle se produit en moyenne une désintégration par seconde.**

3) Équation de désintégration

L'astate 211 se désintègre en bismuth 207 en émettant une particule X (notée $^{A}_{Z}X$). L'équation de désintégration s'écrit :

$$^{211}_{85}At \longrightarrow ^{207}_{83}Bi + ^{A}_{Z}X$$

D'après les lois de conservation de Soddy :

- Conservation du nombre de masse A : $211 = 207 + A \implies A = 4$
- Conservation du nombre de charge Z : $85 = 83 + Z \implies Z = 2$

La particule émise est donc un noyau d'hélium ${}^{4}_{2}He$, ce qui correspond à une radioactivité de type α. $\Rightarrow$ **Équation :** $\mathbf{{}^{211}_{85}At \longrightarrow {}^{207}_{83}Bi + {}^{4}_{2}He}$

4.1) Détermination graphique de la demi-vie $t_{1/2}$

Par définition, la demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'activité initiale a_0 de l'échantillon est divisée par deux :

$$a(t_{1/2}) = \frac{a_0}{2}$$

Exploitation du graphe :

- À $t = 0$, l'activité a_0 correspond à **6 divisions** sur l'axe des ordonnées.
- La valeur $\frac{a_0}{2}$ correspond donc à $\frac{6}{2} =$ **3 divisions**.
- On cherche l'abscisse du point de la courbe dont l'ordonnée est à 3 divisions.
- Ce point correspond exactement à la deuxième graduation principale sur l'axe des abscisses. Sachant que 2 carreaux horizontaux valent $7,2$ h.

$\Rightarrow$ **Par lecture graphique, on trouve :** $t_{1/2} = 7,2$ **h**

4.2) Nombre de particules X émises jusqu'à $t = 2t_{1/2}$

Calculons d'abord le nombre de noyaux initiaux N_0 d'astate 211 à $t = 0$:

$$N_0 = \frac{m_0}{M(At)} \cdot \mathcal{N}_A = \frac{14}{211} \times 6,02 \cdot 10^{23} \approx 3,994 \cdot 10^{22} \text{ noyaux}$$

À l'instant $t = 2t_{1/2}$, le nombre de noyaux non désintégrés restants est :

$$N(2t_{1/2}) = \frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{4}$$

Le nombre de noyaux désintégrés (qui ont réagi) est donc :

$$N_{\text{désintégrés}} = N_0 - N(2t_{1/2}) = N_0 - \frac{N_0}{4} = \frac{3}{4}N_0$$

Puisque chaque désintégration émet exactement une particule X (particule α), le nombre de particules émises N_X est égal au nombre de noyaux désintégrés :

$$N_X = \frac{3}{4} \times 3,994 \cdot 10^{22} = 0,75 \times 3,994 \cdot 10^{22}$$

$\Rightarrow N_X \approx 2,996 \cdot 10^{22}$ **particules** (ou de manière approchée $3,0 \cdot 10^{22}$).

PHYSIQUE III : Dipôle RC et circuit RLC

I. K_2 étant ouvert et K_1 fermé :

1) Équation différentielle vérifiée par $u_c(t)$

D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) dans la maille de charge :

$$U_0 = u_R + u_c$$

D'après la loi d'Ohm : $u_R = R \cdot i$. Sachant que l'intensité du courant est $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_c}{dt}$, on remplace :

$$U_0 = R \cdot C\frac{du_c}{dt} + u_c$$

En posant $\tau = R \cdot C$ et en divisant toute l'équation par τ :

$$\frac{U_0}{\tau} = \frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau}$$

$\Rightarrow \frac{du_c}{dt} = \frac{U_0}{\tau} - \frac{u_c}{\tau}$

2) Détermination graphique de U_0 et C

L'équation obtenue montre que $\frac{du_c}{dt}$ est une fonction affine de u_c : $\frac{du_c}{dt} = -\frac{1}{\tau}u_c + \frac{U_0}{\tau}$.

2.1. La tension U_0 : Lorsque $\frac{du_c}{dt} = 0$ (régime permanent), on a $u_c = U_0$. Sur la figure 2, l'intersection de la droite avec l'axe des abscisses donne cette valeur. L'abscisse correspond à 4 divisions. Sachant qu'une division vaut $2,5$ V :

$$U_0 = 4 \times 2,5$$

$\Rightarrow U_0 = 10$ **V**

2.2. La capacité C : À $t = 0$, $u_c = 0$. L'ordonnée à l'origine de la droite est $\left(\frac{du_c}{dt}\right)_{t=0} = \frac{U_0}{\tau}$. Sur le graphe, l'ordonnée à l'origine est à 5 divisions. Sachant qu'une division vaut $0,2$ kV.s^{-1} $= 200$ V.s^{-1} :

$$\frac{U_0}{\tau} = 5 \times 200 = 1000 \text{ V} \cdot \text{s}^{-1}$$

On en déduit la constante de temps τ :

$$\tau = \frac{U_0}{1000} = \frac{10}{1000} = 0,01 \text{ s}$$

Puisque $\tau = R \cdot C$, avec $R = 1\ \text{k}\Omega = 1000\ \Omega$:

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{0,01}{1000} = 10^{-5}\ \text{F}$$

$\Rightarrow C = 10\ \mu\mathbf{F}$

3) Énergie maximale emmagasinée

Le condensateur est totalement chargé lorsque $u_c = U_0$. L'énergie électrique maximale s'écrit :

$$E_0 = \frac{1}{2} C \cdot U_0^2$$

$$E_0 = \frac{1}{2} \times 10^{-5} \times (10)^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-5} \times 100 = 50 \cdot 10^{-5}$$

$\Rightarrow E_0 = 5 \cdot 10^{-4}$ **J**

II. K_1 étant ouvert et K_2 fermé :

1) Expression de l'énergie totale E_T

L'énergie totale du circuit idéal LC est la somme de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur et de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine : $\Rightarrow E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} L \cdot i^2$

2) Équation différentielle par l'étude énergétique

Puisque la résistance totale du circuit est négligeable (oscillations libres non amorties), l'énergie totale se conserve au cours du temps.

$$\frac{dE_T}{dt} = 0 \implies \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2C} q^2 + \frac{1}{2} L \cdot i^2\right) = 0$$

$$\frac{1}{2C}(2q)\frac{dq}{dt} + \frac{1}{2} L (2i)\frac{di}{dt} = 0$$

$$\frac{q}{C}\frac{dq}{dt} + L \cdot i \frac{di}{dt} = 0$$

Sachant que $i = \frac{dq}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$, on factorise par i :

$$i\left(\frac{q}{C} + L\frac{d^2q}{dt^2}\right) = 0$$

L'intensité i n'étant pas constamment nulle, c'est le terme entre parenthèses qui s'annule :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C} q = 0$$

$\Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC} q = 0$

3) Exploitation de la figure 3 (Courbe de l'énergie)

3.1. Détermination de l'inductance L : D'après la conservation de l'énergie, l'énergie magnétique maximale est égale à l'énergie totale (qui est elle-même l'énergie électrique initiale).

$$E_{m,max} = E_T = E_0 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

L'énergie magnétique s'écrit $E_m = \frac{1}{2}Li^2$. Elle est maximale lorsque le courant atteint son amplitude I_{max}. Sur le graphe (Figure 3), on lit graphiquement la valeur de I_{max} correspondant aux droites verticales (asymptotes/limites) : L'axe des abscisses indique le chiffre 5 à la 2ème grande division, donc 1 division = $2,5 \cdot 10^{-2}$ A. Les limites sont à 4 divisions, soit : $I_{max} = 4 \times 2,5 \cdot 10^{-2} = 10 \cdot 10^{-2}$ A $= 0,1$ A.
On utilise la relation de l'énergie magnétique maximale :

$$E_{m,max} = \frac{1}{2}L \cdot I_{max}^2 \implies L = \frac{2 \cdot E_{m,max}}{I_{max}^2}$$

$$L = \frac{2 \times 5 \cdot 10^{-4}}{(0,1)^2} = \frac{10 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}} = 10 \cdot 10^{-2}$$

$\Rightarrow L = 0,1$ **H**

3.2. Vérification de la période propre T_0 : L'expression de la période propre d'un circuit LC est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{0,1 \times 10^{-5}} = 2\pi\sqrt{10^{-6}} = 2\pi \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

En prenant $\pi \approx 3,14$:

$$T_0 \approx 2 \times 3,14 \cdot 10^{-3} = 6,28 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$\Rightarrow T_0 \approx 6,3$ **ms. La valeur est bien vérifiée.**

PHYSIQUE IV : Étude de mouvement d'un skieur

Phase 1 : Mouvement sur la piste inclinée (AP)

1) Expression de l'accélération a_x et nature du mouvement

Système : {Le skieur et ses accessoires} **Référentiel :** Terrestre supposé galiléen, repère $(A, \vec{i_1}, \vec{j_1})$. **Bilan des forces :**

- $\vec{P}$: Poids du système.
- $\vec{R}$: Réaction de la piste, décomposable en $\vec{R_N}$ (normale) et $\vec{f}$ (frotte-

ments).

D'après la 2ème loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R_N} + \vec{f} = m\vec{a}$ Par projection sur l'axe (A, x_1) (orienté vers le bas de la pente) :

$$P_{x_1} + R_{Nx_1} + f_{x_1} = m \cdot a_x$$

$$mg \cdot \sin\beta + 0 - f = m \cdot a_x$$

$\Rightarrow a_x = g \cdot \sin\beta - \frac{f}{m}$

Nature du mouvement : Puisque g, β, f et m sont constants, l'accélération a_x est constante. La trajectoire est rectiligne, le mouvement est donc **rectiligne uniformément varié (accéléré)**.

2) Calcul de l'accélération a_x

On utilise la relation indépendante du temps entre les points A et P :

$$v_P^2 - v_A^2 = 2 \cdot a_x \cdot AP$$

Le skieur s'élance sans vitesse initiale ($v_A = 0$), et la distance est $AP = l$.

$$v_P^2 = 2 \cdot a_x \cdot l \implies a_x = \frac{v_P^2}{2l}$$

Application numérique :

$$a_x = \frac{25^2}{2 \times 50} = \frac{625}{100}$$

$\Rightarrow a_x = 6,25\ \mathbf{m \cdot s^{-2}}$

3) Calcul de f et du coefficient de frottement k

D'après l'expression établie à la question 1 :

$$f = m(g \cdot \sin\beta - a_x)$$

$$f = 70\times(9,8\cdot\sin(50^\circ)-6,25) = 70\times(9,8\times0,766-6,25) = 70\times(7,507-6,25)$$

$\Rightarrow f \approx 88$ **N**

Pour calculer $k = \tan\varphi = \frac{f}{R_N}$, il faut déterminer R_N. Projection de la 2ème loi de Newton sur l'axe (A, y_1) :

$$-mg \cdot \cos\beta + R_N + 0 = 0 \implies R_N = mg \cdot \cos\beta$$

$$R_N = 70 \times 9,8 \times \cos(50^\circ) = 686 \times 0,643 \approx 441 \text{ N}$$

Le coefficient de frottement est :

$$k = \frac{f}{R_N} = \frac{88}{441}$$

$\Rightarrow k \approx 0,20$

4) Expression et valeur de la réaction R

L'intensité de la réaction totale de la piste est :

$$R = \sqrt{R_N^2 + f^2}$$

En utilisant $R_N = mg \cdot \cos\beta$ et $f = k \cdot R_N = k \cdot mg \cdot \cos\beta$, on peut l'exprimer ainsi :

$$R = \sqrt{(mg \cdot \cos\beta)^2 + (k \cdot mg \cdot \cos\beta)^2} = mg \cdot \cos\beta\sqrt{1+k^2}$$

$\Rightarrow R = mg \cdot \cos\beta\sqrt{1+k^2}$

Application numérique :

$$R = \sqrt{441^2 + 88^2} = \sqrt{194481 + 7744} = \sqrt{202225}$$

$\Rightarrow R \approx 450$ **N**

Phase 2 : Le saut (Chute libre dans le repère O, x, y)

5.1 et 5.2) Équations horaires et de trajectoire

5.1- Équations horaires :

Conditions initiales à $t = 0$ (passage en P) dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$: $\vec{OP_0} \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = h \end{cases}$ et $\vec{v_P} \begin{cases} v_{Px} = v_P \cdot \cos\beta \\ v_{Py} = -v_P \cdot \sin\beta \end{cases}$ *(Le vecteur vitesse est orienté vers le bas avec l'angle β)*

Le skieur n'est soumis qu'à son poids (chute libre) : $\vec{a} = \vec{g}$. En intégrant : $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = v_P \cdot \cos\beta \\ v_y(t) = -gt - v_P \cdot \sin\beta \end{cases}$ En intégrant à nouveau : $\Rightarrow$

$$\vec{OG}(t) \begin{cases} x(t) = (v_P \cdot \cos\beta) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 - (v_P \cdot \sin\beta) \cdot t + h \end{cases}$$

5.2- Équation de la trajectoire :

On isole t de l'équation de $x(t)$: $t = \frac{x}{v_P \cdot \cos\beta}$ On remplace dans $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_P \cdot \cos\beta}\right)^2 - v_P \cdot \sin\beta\left(\frac{x}{v_P \cdot \cos\beta}\right) + h$$

$$\Rightarrow y(x) = -\frac{g}{2v_P^2\cos^2\beta} \cdot x^2 - (\tan\beta) \cdot x + h$$

5.3) Coordonnées du point de chute R et distance L

L'équation de la piste de réception (droite passant par l'origine O et inclinée de β vers le bas) est :

$$y = -(\tan\beta) \cdot x$$

Au point de chute R, les coordonnées (x_R, y_R) vérifient à la fois l'équation de la trajectoire et l'équation de la piste :

$$-\frac{g}{2v_P^2\cos^2\beta} \cdot x_R^2 - (\tan\beta) \cdot x_R + h = -(\tan\beta) \cdot x_R$$

En simplifiant le terme $-(\tan\beta) \cdot x_R$ des deux côtés :

$$-\frac{g}{2v_P^2\cos^2\beta} \cdot x_R^2 + h = 0 \implies x_R^2 = \frac{2h \cdot v_P^2\cos^2\beta}{g}$$

$$x_R = v_P \cdot \cos\beta \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Calcul de l'abscisse x_R :

$$x_R = 25 \times \cos(50^\circ) \times \sqrt{\frac{2 \times 10}{9,8}} = 25 \times 0,643 \times \sqrt{2,041} \approx 16,075 \times 1,428$$

$\Rightarrow x_R \approx 22,96$ **m** (et $y_R = -\tan(50^\circ) \times 22,96 \approx -27,36$ m)

Distance $OR = L$:
Dans le triangle rectangle formé par les projections de R, on a $\cos\beta = \frac{x_R}{OR}$.

$$OR = \frac{x_R}{\cos\beta} = \frac{22,96}{\cos(50^\circ)}$$

$\Rightarrow L = OR \approx 35,7$ **m**

PHYSIQUE V : L'oscillateur élastique vertical

1) Allongement Δl_0 à l'équilibre

À l'équilibre, le centre d'inertie G est immobile. Le solide (S) est soumis à deux forces :

- Son poids $\vec{P}$
- La tension du ressort à l'équilibre $\vec{T_0}$

D'après la première loi de Newton (principe d'inertie) : $\vec{P}+\vec{T_0}=\vec{0}$ On projette cette relation sur l'axe vertical $(O,\vec{k})$ orienté vers le bas :

$$P_z + T_{0z} = 0 \implies m \cdot g - K \cdot \Delta l_0 = 0$$

$\Rightarrow \Delta l_0 = \frac{m \cdot g}{K}$

2) Équation différentielle vérifiée par la côte z

À un instant t au cours du mouvement, le solide est repéré par sa position z. L'allongement total du ressort est alors $\Delta l = \Delta l_0 + z$. Le solide est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la tension du ressort $\vec{T}$.
D'après la deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}_G$ Par projection sur l'axe $(O,\vec{k})$ orienté vers le bas :

$$P_z + T_z = m \cdot a_z \implies m \cdot g - K(\Delta l_0 + z) = m \cdot \ddot{z}$$

$$m \cdot g - K \cdot \Delta l_0 - K \cdot z = m \cdot \ddot{z}$$

Or, d'après la condition d'équilibre (question 1), on sait que $m \cdot g - K \cdot \Delta l_0 = 0$. En remplaçant dans l'équation :

$$-K \cdot z = m \cdot \ddot{z}$$

$$m \cdot \ddot{z} + K \cdot z = 0$$

$\Rightarrow \ddot{z} + \frac{K}{m} z = 0$

3) Détermination des valeurs de T_0, Z_m et φ

On exploite le graphe de la figure 2 :

- **L'amplitude Z_m** : C'est l'élongation maximale atteinte par G. On lit directement sur l'axe des ordonnées la valeur du pic : $\Rightarrow Z_m = 2$ **cm** $= 0,02$ **m**
- **La période propre T_0** : C'est la durée d'une oscillation complète (par exemple, entre deux crêtes consécutives). Le premier pic est à $t = 0$ et le second pic est à $t = 0,2$ s. $\Rightarrow T_0 = 0,2$ **s**
- **La phase à l'origine φ** : À $t = 0$, la courbe indique que $z(0) = 2$ cm $= Z_m$. En utilisant la solution de l'équation différentielle à $t = 0$:

$$z(0) = Z_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \times 0 + \varphi\right) = Z_m \cdot \cos(\varphi)$$

Donc : $Z_m \cdot \cos(\varphi) = Z_m \implies \cos(\varphi) = 1 \Rightarrow \varphi = 0$ **rad**

4) Calcul de la raideur K

L'expression de la période propre d'un oscillateur élastique est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

En élevant au carré pour isoler K :

$$T_0^2 = 4\pi^2\frac{m}{K} \implies K = \frac{4\pi^2 \cdot m}{T_0^2}$$

Application numérique avec $\pi^2 = 10$, $m = 200$ g $= 0,2$ kg et $T_0 = 0,2$ s :

$$K = \frac{4 \times 10 \times 0,2}{(0,2)^2} = \frac{8}{0,04}$$

$\Rightarrow K = 200$ **N** $\cdot$ **m**$^{-1}$

5) Détermination de la vitesse initiale v_{0z}

L'expression de la vitesse instantanée s'obtient en dérivant la position $z(t)$:

$$v_z(t) = \frac{dz(t)}{dt} = -Z_m\frac{2\pi}{T_0}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

À l'instant $t = 0$, la vitesse initiale est :

$$v_{0z} = v_z(0) = -Z_m \frac{2\pi}{T_0} \sin(\varphi)$$

Puisque l'on a trouvé $\varphi = 0$ à la question 3, on a $\sin(0) = 0$.
(On peut également le déduire par simple lecture graphique : à $t = 0$, la courbe commence sur un extremum, ce qui correspond à une tangente horizontale, et donc à une dérivée soit une vitesse nulle).

$\Rightarrow v_{0z} = 0\ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé. On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte cinq exercices.

1er exercice (7 points) :

1ère partie : **Suivi d'une transformation chimique par mesure de conductivité.**
2ème partie : **Étude d'un système chimique -Dosage d'un engrais.**
3ème partie : **Étude d'une pile chrome-argent.**

2éme exercice (2 points) :

Propagation d'ondes mécaniques et d'ondes lumineuses

3éme exercice (1,5 points) :

Transformations nucléaires

4éme exercice (4,25 points) :

1ère partie : **Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension**

2ème partie : **Étude du circuit RLC série**

5éme exercice (5,25 points) :

Mouvement du centre d'inertie G d'un corps solide sur différentes trajectoires

الرائد في تحضير مباريات ولوج المدارس العليا وكليات الطب وطب الاسنان والصيدلة
مركز AVS شارع علال الفاسي (قرب مخبزة الفا 2000) ـ مراكش
06 61 84 33 32 / 05 24 31 19 82 / 06 62 26 55 61
06 61 84 33 32

Barème

1er exercice : Chimie (4,5 points)

L'exercice comporte trois parties indépendantes

Première partie : Suivi d'une transformation chimique par mesure de conductivité

Le but de cet exercice est le suivi de l'action de l'acide chlorhydrique sur le zinc par mesure de conductivité. La réaction chimique totale étudiée peut être modélisée par l'équation :

$$Zn_{(s)} + 2\ H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

Pour étudier la cinétique de cette réaction ,on introduit dans un bécher une masse $m = 0,6\ g$ de zinc et on ajoute à l'instant $t_0 = 0$ un volume de solution d'acide chlorhydrique $\left(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}\right)$ dont la concentration des ion oxoniums $C_0 = 0,4\ mol.L^{-1}$ et de volume **V=75 mL**.

Donnée : masse molaire du Zinc : M(Zn) = 65,4 g/mol

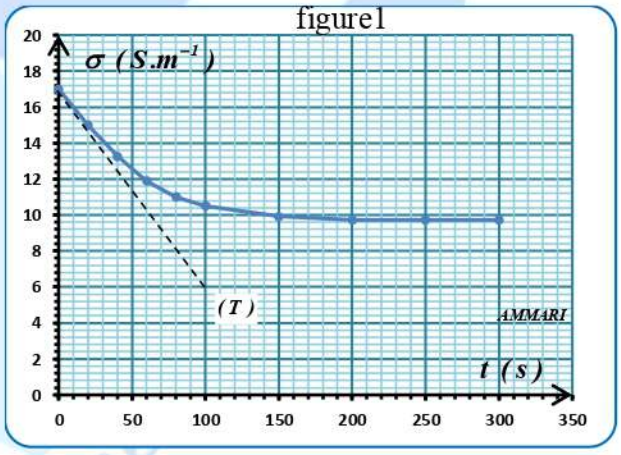
0,5 **1-** Dresser le tableau d'avancement de la réaction. En déduire la valeur x_{max} de l'avancement maximum.

2- On suit l'évolution de la réaction en mesurant la conductivité σ du mélange réactionnel à des instants différents. Le graphe de la figure1, représente σ(t) ainsi que la tangente (T) au graphe à l'origine des temps

A chaque instant t, l'expression numérique reliant l'avancement x(t) à la conductivité σ(t) est :

$$\sigma(t) = -792,5\ .\ x(t) + 17$$

figure1



0,75 **2-1-** Calculer $\sigma_{1/2}$, la conductivité du mélange réactionnel au temps de demi-réaction $t_{1/2}$. En déduire graphiquement la valeur $t_{1/2}$

0,75 **2-2-** Déterminer, la vitesse volumique v de la réaction à la date t=0 .

Deuxième partie : Étude d'un système chimique -Dosage d'un engrais

L'ammoniac de formule NH_3 est un gaz qui, dissous dans l'eau donne une solution aqueuse ayant des propriétés basiques. L'acide conjugué de l'ammoniac NH_4^+ peut être obtenu par dissolution dans l'eau de certains produits comme les engrais.

I. Étude d'un système chimique à l'état d'équilibre :

On dispose d'une solution aqueuse (S_B) d'ammoniac NH_3 de concentration molaire $C_0 = 3.10^{-4}\ mol.L^{-1}$ et de pH= 9,8 à 25°C. L'équation de la réaction modélisant la transformation entre l'ammoniac et l'eau est : $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} NH^+_{4(S)} + HO^-_{(aq)}$

On donne : le produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 10^{-14}$.

0,5 **1**-En vous aidant du tableau d'avancement ,calculer la constante d'équilibre K associé à cette transformation chimique.

0,75 **2**-On définit la proportion de l'espèce acide ion ammonium NH_4^+ dans une solution par

$$\alpha_{(NH_4^+)} = \%(NH_4^+) = \frac{[NH_4^+]}{[NH_4^+]+[NH_3]}$$ montrer que $\alpha = \tau_1$ sachant que τ_1 est le taux d'avancement final de la réaction l'ammoniac avec l'eau . Déterminer sa valeur.

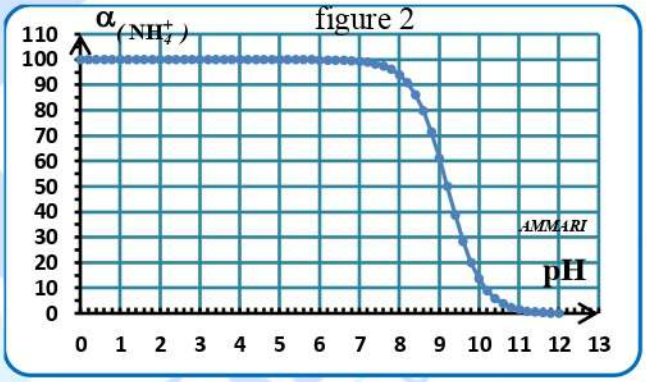
3- La courbe de la figure2 représente l'évolution en fonction du pH de la proportion de la forme acide (exprimée en pourcentage) du couple ($NH_4^+{}_{(aq)}$ / $NH_{3(aq)}$),figure 2.

En utilisant le graphe de la figure 2 :

0,25 **a)** Déterminer, en justifiant, la constante d'acidité K_A du couple ($NH_4^+{}_{(aq)}$ / $NH_{3(aq)}$).

0,75 **b)** Le taux d'avancement τ_2 de la réaction dans une solution (S'_B) ayant une valeur pH_2 =9,6 obtenue par dilution de la solution (S_B).
Que peut-on déduire en comparant τ_1 et τ_2 ?

figure 2



II) Dosage d'un engrais :

Le nitrate d'ammonium NH_4NO_3, est un composé ionique présent dans divers engrais.
Un sac d'engrais porte l'indication suivante "Pourcentage en masse *75%* de nitrate d'ammonium". Pour vérifier le pourcentage massique en nitrate d'ammonium indiqué par le producteur, on prépare une solution aqueuse par dissolution de la masse m=15g d'engrais dans le volume V_0= 1 L d'eau distillée.

On dose les ions ammonium NH_4^+ présent dans un volume V_A= 10,0 mL de la solution (S_A) par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $\left(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}\right)$ de concentration molaire $C_B = 0{,}1 mol.L^{-1}$. Le volume de la solution (S_B) versé à l'équivalence est V_{BE} = 14 mL.

Donnée : $M(NH_4NO_3) = 80 g.mol^{-1}$.

0,25 **1**-Écrire l'équation de la réaction du dosage entre les ions ammonium et les ions hydroxyde.

0,25 **2**- Déterminer la valeur de la concentration molaire C_A des ions ammonium, dans la solution (S_A).

0,75 **3**- Le pourcentage massique en nitrate d'ammonium contenu dans cet engrais s'exprime par la

Relation : $\frac{m(NH_4NO_3)}{m}.100$ avec m la masse de l'engrais.

Calculer le pourcentage massique en masse de nitrate d'ammonium contenu dans cet engrais. Comparer avec à la valeur annoncée par le fabriquant.

Troisième partie : Pile chrome-argent

On réalise une pile électrochimique dont le schéma conventionnel est le suivant :

$$\ominus\ Cr_{(s)} / Cr^{3+}_{(aq)} \ // \ Ag^{+}_{(aq)} / Ag_{(s)}\ \oplus$$

Chaque électrode est plongée dans une solution aqueuse de volume V=100 mL.

La concentration initiale effective des ions : $[Cr^{3+}_{(aq)}] = [Ag^{+}_{(aq)}] = C = 0{,}1 mol.L^{-1}$

Au cours du fonctionnement de la pile, la masse de l'une des électrodes diminue de 52 mg après une durée $\Delta t = t_1 - t_0$ de fonctionnement.

Données : - Constante de Faraday : $1F = 9{,}65.10^{4} C.mol^{-1}$;
- Masse molaire: $M(Cr) = 52 g.mol^{-1}$.

0,5 **1**-Ecrire l'équation bilan lors du fonctionnement de la pile.

0,5 **2**-Déterminer l'avancement de la réaction du fonctionnement de la pile à l'instant t_1.

0,5 **3** - Sachant que l'intensité du courant est $I_0 = 50$ mA, trouver la valeur de l'instant t_1.

2ème exercice : Propagation d'ondes mécaniques et d'ondes lumineuses (3 points)

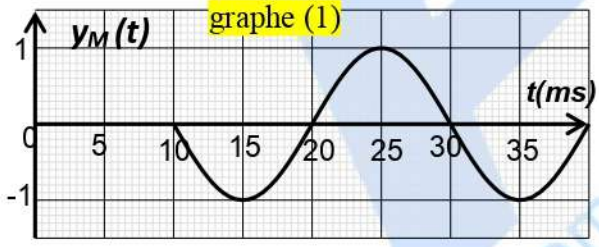
propagation d'ondes mécaniques et d'ondes lumineuses

Les ondes mécaniques et les ondes lumineuses sont caractérisées par des propriétés bien déterminées. Les phénomènes liés à leur propagation permettent de fournir des informations sur les milieux de propagation et la nature de la lumière, et de déterminer certains paramètres caractéristiques.

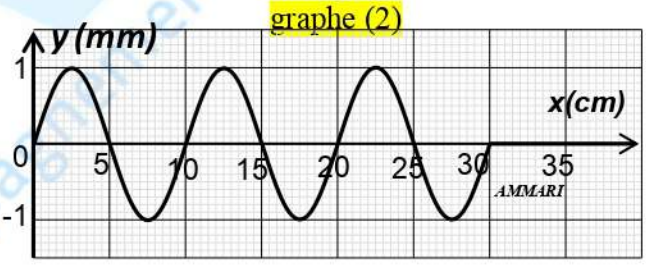
I- Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau :

Un vibreur produit à l'instant t=0 ,une onde progressive sinusoïdale de fréquence N_1 à la surface de l'eau . Une étude expérimentale a permis d'obtenir le graphe (1) représentant l'élongation d'un point M de la surface de l'eau en fonction du temps et le graphe (2) représentant l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné t_1.

graphe (1)



graphe (2)



0,25 **1-** Déterminer la fréquence N_1 de l'onde.

0,5 **2-** Calculer la célérité V_1 de propagation de l'onde à la surface de l'eau.

0,5 **3-** Déterminer la valeur de l'instant de date t_1.

4- On interpose à la surface de l'eau un obstacle muni d'une ouverture de diamètre L = 2 cm . L'onde produite à la surface de l'eau par la source se propage après avoir traversé l'ouverture.

0,5 **4-1-** Quel phénomène peut-on observer lorsque l'onde traverse l'ouverture ? Justifier.

0,25 **4-2-** Déduire la longueur d'onde λ' et la célérité de propagation V' de l'onde au-delà de l'ouverture.

الرائد في تحضير مباريات ولوج المدارس العليا وكليات الطب وطب الاسنان والصيدلة
مركز AVS شارع علال الفاسي (قرب مخبزة الفا 2000) ـ مراكش
06 61 84 33 32 / 05 24 31 19 82 / 06 62 26 55 61
06 61 84 33 32

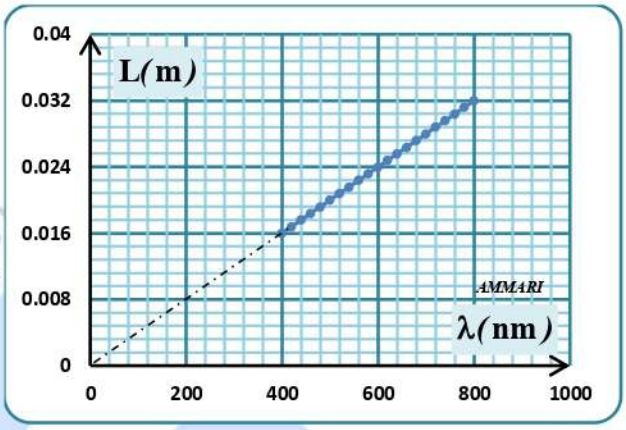
II- Propagation de la lumière à travers une fente :

On réalise la diffraction de la lumière en utilisant un laser qui donne une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air.

Cette lumière traverse une fente de largeur a = 0,1 mm.

On obtient une figure de diffraction sur un écran situé à une distance D de la fente.

On fait varier la longueur d'onde λ et on mesure à chaque fois la tache centrale de largeur L correspondante, on obtient la courbe représentant la variation de L en fonction de λ (figure ci-contre).



Pour les deux questions suivantes, recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

0,5 **1-** la valeur de la distance D utilisée est :

a	D = 1 m	b	D = 1,5 m	c	D = 2 m	d	D = 2,5 m

0,5 **2-** pour avoir une tache centrale plus petite, on doit éclairer la fente par une radiation de couleur :

a	Violette	b	Bleue	c	Jaune	d	Rouge

3éme exercice : Transformations nucléaires (2 points)

Le plutonium 241 est un sous-produit obtenu dans les réacteurs des centrales nucléaires, il est émetteur β^- avec une demi-vie de l'ordre d'une dizaine d'années selon l'équation de la réaction nucléaire : $^{241}_{94}\mathbf{Pu} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{Am} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e}^{-}$

- **Données :** masse de la particule β^- : $m(\beta) = 0{,}00055$ u
  masse du noyau de Plutonium 241 : $m(Pu) = 241{,}00514$ u
  masse du noyau d'Américium 241 : $m(Am) = 241{,}00457$ u
  $1u = 931{,}5\ MeV.C^{-2}$

0,25 **1-** Déterminer les valeurs (A et Z) du noyau d'Américium $^{A}_{Z}\mathbf{Am}$.

0,5 **2-** Déterminer en MeV la valeur de l'énergie libérée E_{lib} lors de la réaction .

3- Soient N_0 (Pu) le nombre de noyaux de plutonium dans un échantillon à l'instant de date t =0 et N(Pu) le nombre de noyaux restant dans le même échantillon à un instant de date t.

La courbe de la figure ci jointe, représente les variations de

$$\mathrm{Ln}\left(\frac{N_{0(Pu)}}{N_{t(Pu)}}\right)$$ en fonction du temps.

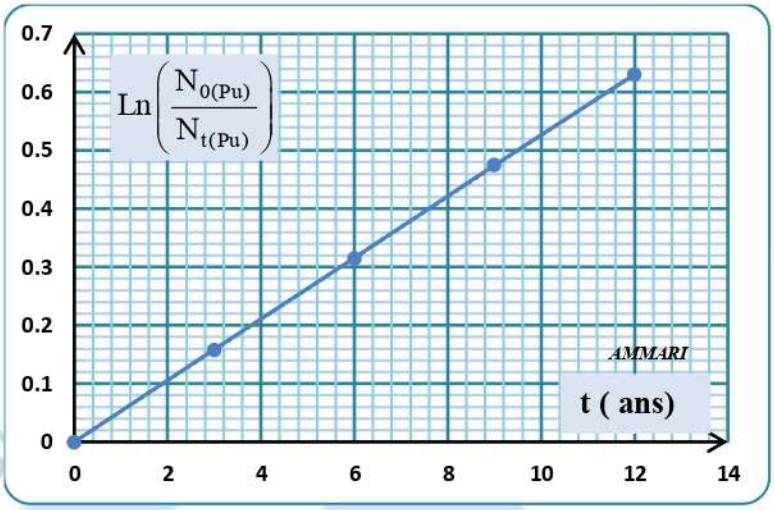
الرائد في تحضير مباريات ولوج المدارس العليا وكليات الطب وطب الاسنان والصيدلة
مركز AVS شارع علال الفاسي (قرب مخبزة الفا 2000) ـ مراكش
06 61 84 33 32 / 05 24 31 19 82 / 06 62 26 55 61
06 61 84 33 32

0,5 **3-1-** A l'aide de cette courbe, déterminer la demi-vie $t_{1/2}$ du noyau (^{241}Pu).

0,75 **3-2-** Sachant que l'échantillon ne contient pas d'Américium (^{241}Am) à t=0, déterminer en années, l'instant t_1

pour lequel : $\left(\frac{N_{(Pu)}}{N_{(Am)}}\right) = \frac{1}{2}$

où $N_{(Am)}$ est le nombre de noyaux d'Américium formés à cet instant.



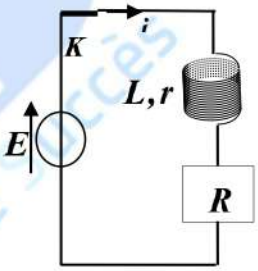
4ème exercice : Electricité *(4,25 points)*

I- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On réalise un circuit électrique série(figure1) comportant une bobine d'inductance L et de résistance r , un conducteur ohmique de résistance R , un générateur idéal de tension de force électromotrice E=12 V et un interrupteur K .

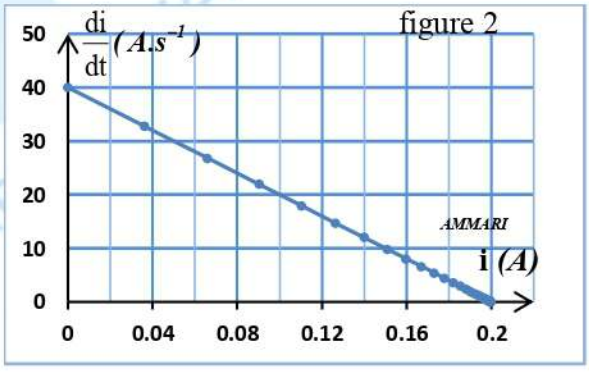
On ferme l'interrupteur à un instant choisi comme origine des dates $t_0 = 0$.

figure 1



Un système d'acquisition informatisé permet de tracer la courbe de la figure 2, représentant les variations de $\frac{di}{dt}$ en fonction de i ; i étant l'intensité du courant qui traverse le circuit à un instant t et $\frac{di}{dt}$ sa dérivée par rapport au temps.

figure 2



0,5 **1-** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i(t) s'écrit sous la forme :

$$\frac{di}{dt} = -\left(\frac{R+r}{L}\right)i + \frac{E}{L}$$

0,5 **2-** En exploitant la courbe de la figure 2, montrer que l'inductance de la bobine est : L = 0,3 H

3- Le même système d'acquisition donne sur la figure 3, l'évolution de la tension u_R (t) aux bornes du conducteur ohmique et l'énergie magnétique E_m(t) emmagasinée dans la bobine en fonction du temps.

الرائد في تحضير مباريات ولوج المدارس العليا وكليات الطب وطب الاسنان والصيدلة
مركز AVS شارع علال الفاسي (قرب مخبزة الفا 2000) ـ مراكش
06 61 84 33 32 / 05 24 31 19 82 / 06 62 26 55 61
06 61 84 33 32

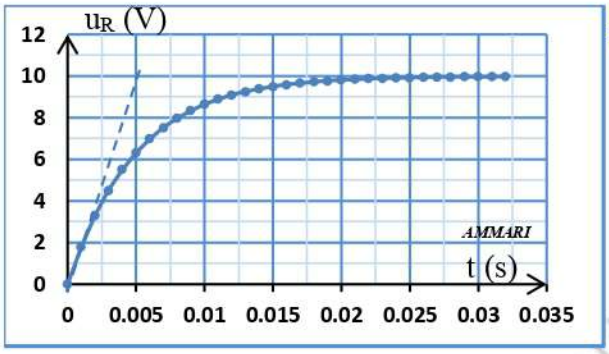
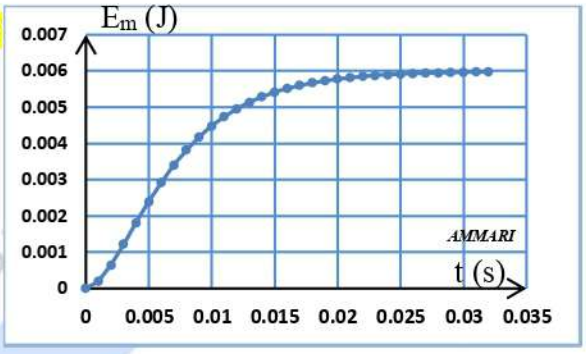


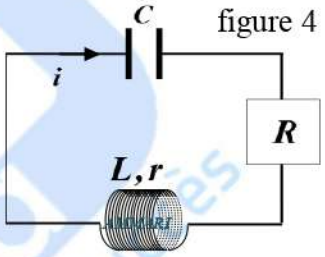
figure 3



1 En exploitant les courbes (figure 3) ; déterminer les valeurs de R et r.

II- Etude du circuit RLC série

figure 4



A un instant choisi comme origine des dates (t=0), on monte en série le conducteur ohmique et la bobine précédents avec un condensateur de capacité C déjà chargé totalement avec le générateur précèdent de f.é.m. E=12 V .(figure 4).

Le système d'acquisition permet de visualiser la courbe donnant les variations au cours du temps de l'intensité du courant i(t) dans le circuit (figure 5).

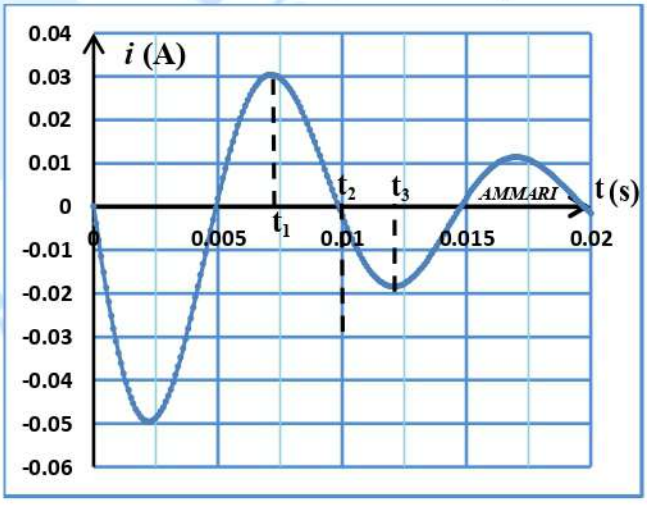
0,5 **1**-Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t) du condensateur.

0,5 **2**-Déduire la valeur approximative de la capacité C en considérant que la pseudo période T est égale à la période propre T_0 du dipôle LC .(On prend $\pi^2 = 10$).

1 **3**-Calculer l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit entre les instants t =0 et t = t_1 (figure 5).

0,25 **4**-Indiquer, en justifiant, si le condensateur se charge ou se décharge entre les instants t_2 et t_3 (figure 5).

figure 5



الرائد في تحضير مباريات ولوج المدارس العليا وكليات الطب وطب الاسنان والصيدلة

مركز AVS شارع علال الفاسي (قرب مخبزة الفا 2000) ـ مراكش

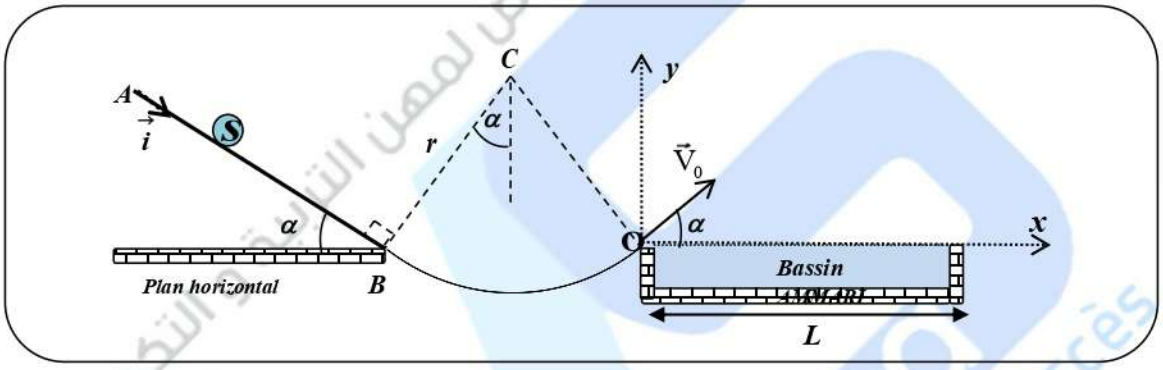
06 61 84 33 32 / 05 24 31 19 82 / 06 62 26 55 61

5éme exercice : Mécanique (5,25 points)

Mouvement du centre d'inertie G d'un corps solide sur différentes trajectoires

On se propose d'étudier, le mouvement du centre d'inertie G d'un corps (S) de masse m sur un parcours constitué de:

- une partie rectiligne AB inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal ;
- une partie BO de forme d'arc circulaire de centre C et de rayon r ;
- une zone de chute où se trouve un bassin rempli d'eau de largeur L.



Données : $m = 0,1\ kg$; $\alpha = 45,57°$; $L = 11\ m$; ***Intensité de pesanteur :*** $g = 10\ m.s^{-2}$.

1) Mouvement du centre d'inertie G du corps durant le parcours rectiligne AB

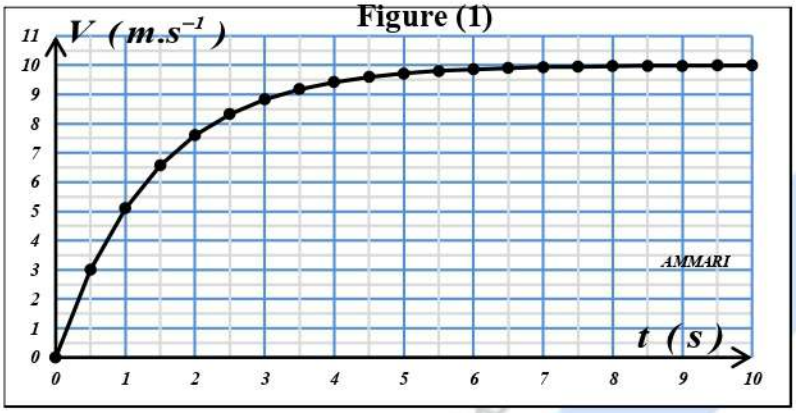
Le corps (S) est libéré à l'instant $t_0 = 0$ sans vitesse initiale, d'une position où son centre d'inertie G coïncide avec le point A origine du repère $(A,\vec{i})$ lié à la terre considéré comme galiléen. Au cours de son mouvement rectiligne, le système est soumis à des frottements causés uniquement par l'influence de l'air, modélisés par la force de vecteur $\vec{f} = -(K.V).\vec{i}$; avec V vitesse de G et K constante positive.

0,75 1-1- En appliquant la deuxième loi de Newton , montrer que la vitesse V (t) vérifie l'équation différentielle suivante : $\frac{dV}{dt} + D.V = E$ en déterminant les expressions des constantes D et E en fonction de (m , g , K et α) .

1-2- La figure (1) représente la courbe de l'évolution de la vitesse V (t) au cours du temps.

0,75 a) Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse limite V_L puis en déduire la valeur de la constante K.

Figure (1)



t(s)	$V(m.s^{-1})$	$a(m.s^{-2})$
$t_0=0$	0	7,141
$t_1=0,04$	0,2856	a_1
$t_2=0,08$	V_2	6,693

1 b) l'équation différentielle du mouvement de G s'écrit sous la forme numérique :

$\frac{dV}{dt} = 7,141 - 0,714.V$. Compléter le tableau ci-joint en utilisant la méthode d'Euler, pour déterminer les valeurs approchées de la vitesse V_2 et l'accélération a_1 du centre d'inertie G.

0, 5 ***2) Etude du mouvement de G sur la phase BO de forme d'arc circulaire sans frottements.***

En appliquant la 2e loi de Newton dans la base de Frenet $(B, \vec{u}, \vec{n})$, établir l'expression de l'intensité de la force $\vec{R}$ relative à l'action de la piste BO sur (S) au point B, en fonction de : m , g , r , α et V_B vitesse de G au point B.

3) Mouvement du centre d'inertie G durant la phase du saut sans frottements.

Le système quitte la piste inclinée au point O à un instant t=0 considéré comme nouvelle origine des temps ; avec une vitesse de vecteur $\vec{V}_0$ formant un angle α avec le plan horizontal.

On étudie le mouvement de G dans le champ de pesanteur uniforme, lié au repère terrestre (Ox, Oy) considéré comme galiléen.

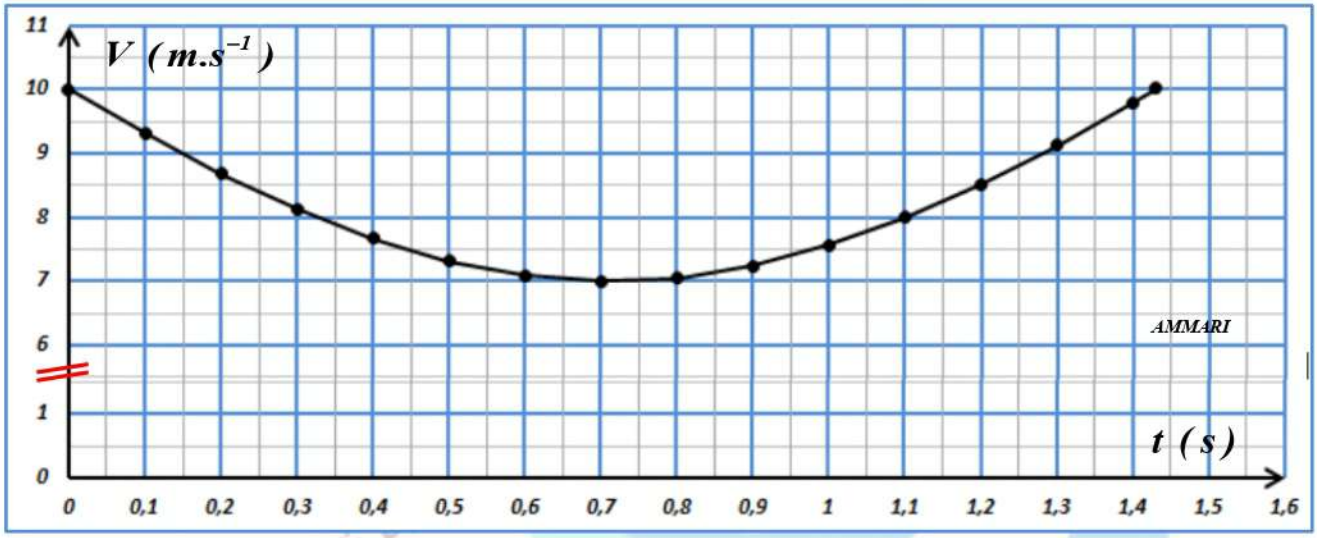
0,75 3-1- En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression de $V_x(t)$ en fonction de (V_0, α) et l'expression de $V_y(t)$ en fonction de :(V_0 , α , g et t).

$V_x(t)$ et $V_y(t)$ étant les composantes du vecteur vitesse $\vec{V}_{(t)}$ à chaque instant t.

0,75 3-2- En exploitant la courbe de la figure 2 qui représente les variations du module de la vitesse V de G en fonction du temps. Déterminer la valeur de V_0 et retrouver la valeur approximative de α .

الرائد في تحضير مباريات ولوج المدارس العليا وكليات الطب وطب الاسنان والصيدلة
مركز AVS شارع علال الفاسي (قرب مخبزة الفا 2000) ـ مراكش
06 61 84 33 32 / 05 24 31 19 82 / 06 62 26 55 61

Figure (2)



0,75 3-3- Le centre d'inertie G du corps (S) rencontre l'axe (Ox) à l'instant t=1,43 s , a-t-il dépassé le lac d'eau comme obstacle ? Justifier votre réponse.

Accompagnement vers le Succès

1er EXERCICE : CHIMIE

Première partie : Suivi d'une transformation chimique par mesure de conductivité

1) Tableau d'avancement et avancement maximal x_{max}

Calculons les quantités de matière initiales :

- $n_0(Zn) = \frac{m}{M(Zn)} = \frac{0{,}6}{65{,}4} \approx 9{,}17 \cdot 10^{-3}$ mol $= 9{,}17$ mmol
- $n_0(H_3O^+) = C_0 \cdot V = 0{,}4 \times 75 \cdot 10^{-3} = 30 \cdot 10^{-3}$ mol $= 30$ mmol

Équation	$Zn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$					
État	**Avancement**	**Quantités de matière (mmol)**				
Initial	$x = 0$	$9{,}17$	30	0	0	Excès
Intermédiaire	$x(t)$	$9{,}17 - x$	$30 - 2x$	x	x	Excès
Final	x_{max}	$9{,}17 - x_{max}$	$30 - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	Excès

Recherche du réactif limitant :

- Si le Zinc est limitant : $9{,}17 - x_{max} = 0 \implies x_{max} = 9{,}17$ mmol.
- Si l'ion oxonium est limitant : $30 - 2x_{max} = 0 \implies x_{max} = 15$ mmol.

La plus petite valeur est $9{,}17$ mmol. Le Zinc est donc le réactif limitant. $\Rightarrow$ $x_{max} = 9{,}17 \cdot 10^{-3}$ **mol**

2.1) Conductivité $\sigma_{1/2}$ et temps de demi-réaction $t_{1/2}$

Au temps de demi-réaction $t_{1/2}$, l'avancement vaut $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$.

$$x(t_{1/2}) = \frac{9{,}17 \cdot 10^{-3}}{2} = 4{,}585 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

En utilisant la relation donnée $\sigma(t) = -792{,}5 \cdot x(t) + 17$:

$$\sigma_{1/2} = -792{,}5 \times (4{,}585 \cdot 10^{-3}) + 17 = -3{,}63 + 17$$

$\Rightarrow \sigma_{1/2} \approx 13{,}37$ **S** $\cdot$ **m**$^{-1}$

Par lecture graphique sur la figure 1, on cherche l'abscisse correspondant à une ordonnée d'environ $13{,}4$ S $\cdot$ m^{-1}. L'axe des abscisses est gradué de 10 s en 10 s (5 divisions pour 50). La valeur $13{,}4$ correspond à la 4ème division sur l'axe des temps. $\Rightarrow t_{1/2} \approx 40$ **s**

2.2) Vitesse volumique v à t $= 0$

L'expression de la vitesse volumique de réaction est : $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$. À partir de la relation $\sigma(t) = -792,5 \cdot x(t) + 17$, on dérive par rapport au temps :

$$\frac{d\sigma}{dt} = -792,5 \cdot \frac{dx}{dt} \implies \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{792,5}\frac{d\sigma}{dt}$$

En remplaçant dans l'expression de la vitesse :

$$v(t) = -\frac{1}{792,5 \times V}\frac{d\sigma}{dt}$$

À $t = 0$, la dérivée $\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_{t=0}$ correspond au coefficient directeur de la tangente (T). Prenons deux points sur cette tangente : $(0\text{ s}; 17\text{ S}\cdot\text{m}^{-1})$ et $(100\text{ s}; 6\text{ S}\cdot\text{m}^{-1})$.

$$\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_{t=0} = \frac{6-17}{100-0} = -0,11\text{ S}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$$

Calculons la vitesse volumique avec $V = 75 \cdot 10^{-3}$ L :

$$v(0) = -\frac{1}{792,5 \times 75\cdot10^{-3}} \times (-0,11) = \frac{0,11}{59,4375}$$

$\Rightarrow v(0) \approx 1,85 \cdot 10^{-3}$ **mol** $\cdot$ **L**$^{-1}$ $\cdot$ **s**$^{-1}$

Deuxième partie : Étude d'un système chimique - Dosage d'un engrais

I.1) Constante d'équilibre K de la transformation

L'équation est : $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + HO^-_{(aq)}$ La constante d'équilibre est : $K = \frac{[NH_4^+]_{eq}\cdot[HO^-]_{eq}}{[NH_3]_{eq}}$

D'après les données et le produit ionique de l'eau :

$$[HO^-]_{eq} = \frac{K_e}{[H_3O^+]_{eq}} = 10^{pH-14} = 10^{9,8-14} = 10^{-4,2} \approx 6,31\cdot10^{-5}\text{ mol/L}$$

D'après le tableau d'avancement, on a $[NH_4^+]_{eq} = [HO^-]_{eq} = 10^{-4,2}$ mol/L. Et par conservation de la matière : $[NH_3]_{eq} = C_0 - [HO^-]_{eq}$.

$$[NH_3]_{eq} = 3\cdot10^{-4} - 0,631\cdot10^{-4} = 2,369\cdot10^{-4}\text{ mol/L}$$

$$K = \frac{(6,31\cdot10^{-5})^2}{2,369\cdot10^{-4}} = \frac{3,98\cdot10^{-9}}{2,369\cdot10^{-4}}$$

$\Rightarrow K \approx 1,68 \cdot 10^{-5}$

I.2) Proportion α et taux d'avancement τ_1

On donne $\alpha = \frac{[NH_4^+]}{[NH_4^+]+[NH_3]}$. D'après la conservation de l'espèce ammoniac, la concentration totale initiale introduite se répartit entre les deux formes : $[NH_4^+]+[NH_3] = C_0$. De plus, d'après le tableau d'avancement, $[NH_4^+] = \frac{x_f}{V}$. L'avancement maximal, si la réaction était totale, serait $x_{max} = C_0 \cdot V$.

$$\alpha = \frac{\frac{x_f}{V}}{C_0} = \frac{x_f}{C_0 \cdot V} = \frac{x_f}{x_{max}}$$

$\Rightarrow$ **On a donc bien $\alpha = \tau_1$.**
Déterminons sa valeur numérique :

$$\tau_1 = \frac{[HO^-]_{eq}}{C_0} = \frac{10^{-4,2}}{3 \cdot 10^{-4}} = \frac{6,31 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-4}}$$

$\Rightarrow \tau_1 \approx 0,21$ **(soit $\alpha = 21\%$)**

I.3) Exploitation de la courbe $\alpha = f(pH)$

a) Constante d'acidité K_A :
Le pK_A d'un couple correspond au pH de la solution lorsque les concentrations de l'acide et de sa base conjuguée sont égales. Dans ce cas, la proportion de la forme acide est de 50%. Par lecture graphique sur la figure 2, pour $\alpha(NH_4^+) = 50\%$, on lit en abscisse $pH = 9,2$. Donc $pK_A = 9,2$.

$$K_A = 10^{-pK_A} = 10^{-9,2}$$

$\Rightarrow K_A \approx 6,31 \cdot 10^{-10}$

b) Taux d'avancement τ_2 et comparaison :
Pour un $pH_2 = 9,6$, on lit sur la courbe une proportion de la forme acide d'environ 28%. Comme démontré à la question précédente, $\tau_2 = \alpha_2$, donc :
$\Rightarrow \tau_2 \approx 0,28$ **(soit 28%)**
Comparaison :
On observe que $\tau_2(28\%) > \tau_1(21\%)$. La solution (S'_B) est plus diluée que (S_B). On en déduit que **la dilution favorise la dissociation (la réaction avec l'eau) d'une base faible**, ce qui augmente son taux d'avancement final.

II) Dosage de l'engrais

1) Équation de la réaction du dosage : On dose l'ion ammonium (acide) par l'ion hydroxyde (base forte) : $\Rightarrow NH^+_{4(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

2) Concentration molaire C_A de la solution (S_A) : À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stchiométriques :

$$n_i(NH_4^+) = n_E(HO^-) \implies C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{0,1 \times 14}{10,0}$$

$\Rightarrow C_A = 0,14$ **mol** $\cdot$ **L**$^{-1}$

3) Pourcentage massique en nitrate d'ammonium : La masse de nitrate d'ammonium pure contenue dans la solution initiale de volume $V_0 = 1$ L est :

$$m(NH_4NO_3) = n \cdot M(NH_4NO_3) = (C_A \cdot V_0) \cdot M(NH_4NO_3)$$

$$m(NH_4NO_3) = 0,14 \times 1 \times 80 = 11,2 \text{ g}$$

Le pourcentage massique est alors :

$$\% = \frac{m(NH_4NO_3)}{m} \times 100 = \frac{11,2}{15} \times 100 \approx 74,67\%$$

$\Rightarrow$ **On trouve un pourcentage massique d'environ** $74,7\%$**. Cette valeur expérimentale est très proche des** 75% **annoncés par le fabricant (l'indication est donc vérifiée).**

Troisième partie : Pile chrome-argent

Étude de la pile électrochimique

1) Équation bilan du fonctionnement :
Le schéma conventionnel $Cr/Cr^{3+}//Ag^+/Ag$ nous indique que le chrome (Cr) est à l'anode (pôle négatif, oxydation) et que l'argent (Ag) est à la cathode (pôle positif, réduction).

- Oxydation : $Cr_{(s)} \rightleftharpoons Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^-$
- Réduction : $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)} \quad (\times 3)$

L'équation bilan est : $\Rightarrow Cr_{(s)} + 3Ag^+_{(aq)} \longrightarrow Cr^{3+}_{(aq)} + 3Ag_{(s)}$

2) Avancement de la réaction à l'instant t_1 :
Au cours du fonctionnement, l'électrode de chrome est consommée et celle

d'argent s'épaissit. La masse qui diminue de $\Delta m = 52$ mg est donc celle du chrome. La quantité de matière de Chrome consommée est :

$$n_{cons}(Cr) = \frac{\Delta m}{M(Cr)} = \frac{52 \cdot 10^{-3}}{52} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

D'après le bilan stchiométrique, la quantité de Chrome consommée est exactement égale à l'avancement $x(t_1)$ de la réaction. $\Rightarrow x(t_1) = 1,0 \cdot 10^{-3}$ **mol (soit 1 mmol)**

3) Valeur de l'instant t_1 :

La quantité d'électrons échangée est $n(e^-) = 3 \cdot x(t_1)$. Or, la quantité d'électricité est $Q = I_0 \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$. Puisque l'origine des dates est $t_0 = 0$, $\Delta t = t_1$.

$$I_0 \cdot t_1 = 3 \cdot x(t_1) \cdot F \implies t_1 = \frac{3 \cdot x(t_1) \cdot F}{I_0}$$

$$t_1 = \frac{3 \times 1,0 \cdot 10^{-3} \times 96500}{50 \cdot 10^{-3}} = \frac{289,5}{0,05}$$

$\Rightarrow t_1 = 5790$ **s**

2ème EXERCICE : ONDES (3 points)

I- Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau :

1) Détermination de la fréquence N_1 de l'onde

Le graphe (1) représente l'évolution temporelle de l'élongation d'un point. On y lit directement la période temporelle T. La durée d'une oscillation complète (entre deux crêtes ou deux passages par zéro dans le même sens) est de 20 ms.

$$T = 20 \text{ ms} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

La fréquence N_1 est l'inverse de la période :

$$N_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = \frac{1000}{20}$$

$\Rightarrow N_1 = 50$ **Hz**

2) Calcul de la célérité V_1 de propagation

Le graphe (2) représente l'aspect spatial de la surface de l'eau. On y lit la longueur d'onde (périodicité spatiale) λ. La distance séparant deux crêtes consécutives est de 10 cm.

$$\lambda = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

La célérité V_1 est donnée par la relation :

$$V_1 = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot N_1$$

$$V_1 = 0,1 \times 50$$

$\Rightarrow V_1 = 5 \ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$

3) Détermination de la valeur de l'instant t_1

D'après le graphe (2), à l'instant t_1, le front de l'onde a parcouru la distance $d = 30$ cm $= 0,3$ m depuis la source (située en $x = 0$). Sachant que l'onde se propage à la vitesse constante V_1, la durée écoulée depuis $t = 0$ est :

$$t_1 = \frac{d}{V_1}$$

$$t_1 = \frac{0,3}{5} = 0,06 \text{ s}$$

Autre méthode (par les longueurs d'onde) : Le front d'onde est situé à 3 longueurs d'onde de la source ($d = 3\lambda$). Donc le temps écoulé correspond à 3 périodes : $t_1 = 3T = 3 \times 20$ ms $= 60$ ms.

$\Rightarrow t_1 = 60$ **ms** **(ou** $0,06$ **s)**

4) Phénomène observé avec l'obstacle

4.1- Quel phénomène observe-t-on ?
On interpose une ouverture de largeur $L = 2\,\text{cm}$. Comparons la largeur de l'ouverture avec la longueur d'onde calculée précédemment ($\lambda = 10\,\text{cm}$). On constate que $L < \lambda$ (car $2\,\text{cm} < 10\,\text{cm}$). $\Rightarrow$ **On observe le phénomène de diffraction de l'onde mécanique, car la condition $L \leq \lambda$ est vérifiée.**

4.2- Déduction de la longueur d'onde λ' et de la célérité V$'$:
Le phénomène de diffraction modifie la forme de l'onde (elle devient circulaire après l'ouverture), mais il ne modifie **ni la fréquence, ni la longueur d'onde, ni la vitesse de propagation** (puisque le milieu reste identique). $\Rightarrow \lambda' = \lambda = 10\,\textbf{cm}$ **et** $V' = V_1 = 5\,\textbf{m}\cdot\textbf{s}^{-1}$

II- Propagation de la lumière à travers une fente :

Questions à choix multiples (QCM) sur la diffraction lumineuse

L'expression théorique de la largeur L de la tache centrale est :

$$L = \frac{2\lambda D}{a}$$

C'est une fonction linéaire $L = k \cdot \lambda$ de coefficient directeur $k = \frac{2D}{a}$. Déterminons k graphiquement en prenant un point sur la courbe, par exemple ($\lambda = 800\,\text{nm}; L = 0,032\,\text{m}$) :

$$k = \frac{0,032}{800 \cdot 10^{-9}} = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-7}} = 4 \cdot 10^4$$

On déduit la distance D (avec $a = 0,1\,\text{mm} = 10^{-4}\,\text{m}$) :

$$k = \frac{2D}{a} \implies D = \frac{k \cdot a}{2} = \frac{4 \cdot 10^4 \times 10^{-4}}{2} = \frac{4}{2} = 2\,\text{m}$$

1- La valeur de la distance D utilisée est :
$\Rightarrow$ **c)** $D = 2\,\textbf{m}$

2- Pour avoir une tache centrale plus petite :
Puisque L est proportionnel à λ ($L = \frac{2\lambda D}{a}$), pour diminuer L, il faut diminuer la longueur d'onde λ. Parmi les rayonnements visibles proposés (Violette, Bleue, Jaune, Rouge), c'est la lumière violette qui possède la plus petite longueur d'onde (environ 400 nm). $\Rightarrow$ **a) Violette**

3ème EXERCICE : Transformations nucléaires

1) Valeurs de A et Z du noyau d'Américium

L'équation de désintégration β^- du Plutonium 241 s'écrit :

$$^{241}_{94}Pu \longrightarrow ^{A}_{Z}Am + ^{0}_{-1}e$$

D'après les lois de conservation de Soddy :

- Conservation du nombre de masse A : $241 = A + 0 \implies A = 241$
- Conservation du nombre de charge Z : $94 = Z - 1 \implies Z = 94 + 1 = 95$

$\Rightarrow$ **Le noyau d'Américium formé est : $^{241}_{95}\mathrm{Am}$**

2) Énergie libérée E_{lib} en MeV

L'énergie libérée lors de la réaction est donnée par la relation : $E_{lib} = |\Delta m| \cdot c^2$. Calculons d'abord la variation de masse Δm du système :

$$\Delta m = (m(Am) + m(e)) - m(Pu)$$

$$\Delta m = (241,00457 + 0,00055) - 241,00514$$

$$\Delta m = 241,00512 - 241,00514 = -0,00002 \text{ u}$$

On convertit cette perte de masse en énergie (sachant que $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$) :

$$E_{lib} = |-0,00002| \times 931,5 \text{ MeV}$$

$\Rightarrow E_{lib} = 0,01863$ **MeV**

3.1) Demi-vie $t_{1/2}$ à partir de la courbe

D'après la loi de décroissance radioactive : $N_t(Pu) = N_0(Pu) \cdot e^{-\lambda t}$. On peut la réécrire : $\frac{N_0(Pu)}{N_t(Pu)} = e^{\lambda t} \implies \ln\left(\frac{N_0(Pu)}{N_t(Pu)}\right) = \lambda \cdot t$

La courbe donnée (figure de l'énoncé) trace $\ln\left(\frac{N_0(Pu)}{N_t(Pu)}\right)$ en fonction de t. C'est une droite linéaire passant par l'origine, dont le coefficient directeur est la constante radioactive λ. Prenons un point clair sur le graphe, par exemple $(t = 12 \text{ ans}; y = 0,63)$:

$$\lambda = \frac{0,63 - 0}{12 - 0} = 0,0525 \text{ ans}^{-1}$$

La relation liant la constante radioactive à la demi-vie est $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{0,0525} \approx \frac{0,693}{0,0525}$$

$\Rightarrow t_{1/2} \approx 13,2$ **ans**

3.2) Instant t_1 tel que le rapport vaille $1/2$

On cherche l'instant t_1 où : $\frac{N_{t1}(Pu)}{N_{t1}(Am)} = \frac{1}{2}$. Sachant qu'à $t = 0$ il n'y a pas d'Américium, le nombre de noyaux d'Américium formés correspond exactement au nombre de noyaux de Plutonium désintégrés :

$$N_{t1}(Am) = N_0(Pu) - N_{t1}(Pu)$$

En remplaçant cette expression dans le rapport :

$$\frac{N_{t1}(Pu)}{N_0(Pu) - N_{t1}(Pu)} = \frac{1}{2}$$

$$2 \cdot N_{t1}(Pu) = N_0(Pu) - N_{t1}(Pu)$$

$$3 \cdot N_{t1}(Pu) = N_0(Pu) \implies \frac{N_0(Pu)}{N_{t1}(Pu)} = 3$$

On passe au logarithme népérien pour pouvoir utiliser la constante λ trouvée précédemment :

$$\ln\left(\frac{N_0(Pu)}{N_{t1}(Pu)}\right) = \ln(3) \approx 1,0986$$

Puisque $\ln\left(\frac{N_0(Pu)}{N_t(Pu)}\right) = \lambda \cdot t$, on a :

$$\lambda \cdot t_1 = \ln(3) \implies t_1 = \frac{\ln(3)}{\lambda}$$

$$t_1 = \frac{1,0986}{0,0525}$$

$\Rightarrow t_1 \approx 20,9$ **ans**

4ème EXERCICE : ÉLECTRICITÉ

I- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

1) Équation différentielle vérifiée par l'intensité $i(t)$

D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) dans le circuit de charge :

$$E = u_R + u_L$$

En utilisant les expressions des tensions ($u_R = R \cdot i$ et $u_L = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$) :

$$E = R \cdot i + L\frac{di}{dt} + r \cdot i$$

$$E = (R + r)i + L\frac{di}{dt}$$

En divisant toute l'équation par L pour isoler la dérivée :

$$\frac{E}{L} = \frac{R + r}{L}i + \frac{di}{dt}$$

$\Rightarrow \frac{di}{dt} = -\left(\frac{R+r}{L}\right) i + \frac{E}{L}$

2) Détermination de l'inductance L

D'après l'équation différentielle obtenue, $\frac{di}{dt}$ est une fonction affine de i. À l'instant $t = 0$, l'intensité est nulle ($i = 0$), donc l'équation devient :

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{E}{L}$$

Par lecture graphique sur la figure 2, l'ordonnée à l'origine (pour $i = 0$) de la droite est :

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = 40 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}$$

On en déduit l'inductance L (avec $E = 12$ V) :

$$40 = \frac{12}{L} \implies L = \frac{12}{40} = \frac{3}{10}$$

$\Rightarrow L = 0,3$ **H**

3) Détermination des résistances R et r

En régime permanent, l'intensité est constante ($i = I_p$), donc $\frac{di}{dt} = 0$. Sur la figure 2, la droite coupe l'axe des abscisses à : $I_p = 0,2$ A. D'après l'équation différentielle, pour $\frac{di}{dt} = 0$, on a : $\frac{E}{L} = \frac{R+r}{L} I_p \implies R + r = \frac{E}{I_p}$.

$$R + r = \frac{12}{0,2} = 60\ \Omega$$

Exploitons maintenant la figure 3 : La tension $u_R(t)$ en régime permanent atteint la valeur maximale $u_{R,max} = 10$ V (lecture sur l'asymptote). Or, selon la

loi d'Ohm : $u_{R,max} = R \cdot I_p$.

$$R = \frac{u_{R,max}}{I_p} = \frac{10}{0,2} = 50\ \Omega$$

On en déduit la résistance interne de la bobine r :

$$r = (R + r) - R = 60 - 50 = 10\ \Omega$$

$\Rightarrow R = 50\ \Omega$ **et** $r = 10\ \Omega$

II- Étude du circuit RLC série

1) Équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$

D'après la loi d'additivité des tensions dans le circuit RLC libre :

$$u_L + u_R + u_C = 0$$

Avec :

- $u_L = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$
- $u_R = R \cdot i$
- $i = \frac{dq}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$
- $u_C = \frac{q}{C}$

En remplaçant dans la loi des mailles :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + r\frac{dq}{dt} + R\frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0$$

$\Rightarrow L\frac{d^2q}{dt^2} + (R+r)\frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0$

2) Déduction de la capacité C

Par lecture graphique sur la figure 5 (courbe de l'intensité $i(t)$), on détermine la pseudo-période T qui est la durée d'une oscillation complète. Le courant $i(t)$ part de 0 (vers les valeurs négatives), et recoupe l'axe des abscisses dans le même sens descendant à l'instant $t_2 = 0,01$ s. On a donc $T = 0,01$ s.
On considère $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$. En élevant au carré :

$$T^2 = 4\pi^2 L \cdot C \implies C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$$

Application numérique (avec $\pi^2 = 10$) :

$$C = \frac{(0,01)^2}{4 \times 10 \times 0,3} = \frac{10^{-4}}{12} \approx 8,33 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$$

$\Rightarrow C \approx 8,33\ \mu\mathbf{F}$

3) Énergie dissipée par effet Joule entre t = 0 et t_1

L'énergie dissipée par effet Joule correspond à la variation d'énergie totale du circuit : $|\Delta E| = E_{tot}(0) - E_{tot}(t_1)$.
À l'instant initial $t = 0$ **:** Le condensateur est totalement chargé sous la tension $E = 12$ V et l'intensité est nulle. L'énergie totale est purement électrique :

$$E_{tot}(0) = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2} \times \frac{10^{-4}}{12} \times (12)^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-4} \times 12 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

À l'instant t_1 **:** Sur la figure 5, t_1 correspond à un pic d'intensité (un extremum). La dérivée de l'intensité est nulle, la charge du condensateur est donc nulle ($q = 0$). L'énergie totale est purement magnétique. Sur le graphe, on lit la valeur du pic : $i(t_1) = 0,03$ A.

$$E_{tot}(t_1) = \frac{1}{2}L(i(t_1))^2 = \frac{1}{2} \times 0,3 \times (0,03)^2 = 0,15 \times 9 \cdot 10^{-4} = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Énergie dissipée E_J **:**

$$E_J = E_{tot}(0) - E_{tot}(t_1) = 6 \cdot 10^{-4} - 1,35 \cdot 10^{-4}$$

$\Rightarrow E_J = 4,65 \cdot 10^{-4}$ **J**

4) Charge ou décharge entre t_2 et t_3 ?

Observons la courbe de $i(t)$ (figure 5) entre t_2 et t_3 :

- À l'instant t_2, l'intensité s'annule ($i = 0$). Toute l'énergie du circuit est alors accumulée dans le condensateur (énergie électrique maximale, donc valeur absolue de la charge $|q|$ maximale).
- À l'instant t_3, l'intensité atteint un minimum (en valeur absolue, un extremum). Toute l'énergie est donc magnétique et le condensateur est totalement vidé ($q = 0$).

Puisque la valeur absolue de la charge du condensateur diminue de sa valeur maximale vers zéro entre t_2 et t_3 : $\Rightarrow$ **Le condensateur se décharge entre les instants** t_2 **et** t_3**.**

5ème EXERCICE : MÉCANIQUE

1) Mouvement du centre d'inertie G sur le parcours rectiligne AB

1.1) Équation différentielle vérifiée par la vitesse $V(t)$

Système : {Le corps (S)}
Référentiel : Terrestre supposé galiléen, repère $(A, \vec{i})$ orienté vers le bas de la pente.
Bilan des forces :

- $\vec{P}$: Poids du corps
- $\vec{R}$: Réaction normale de la piste (pas de frottement solide)
- $\vec{f}$: Force de frottement fluide de l'air ($\vec{f} = -K\vec{V}$)

D'après la deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_G$
Par projection sur l'axe de mouvement $(A, \vec{i})$:

$$P_x + R_x + f_x = m \cdot a_x \implies mg\sin\alpha + 0 - K \cdot V = m\frac{dV}{dt}$$

On divise l'équation par m et on isole les termes en V :

$$\frac{dV}{dt} + \frac{K}{m}V = g\sin\alpha$$

Par identification avec l'équation de la forme $\frac{dV}{dt} + D \cdot V = E$, on déduit les expressions des constantes : $\Rightarrow D = \frac{K}{m}$ **et** $E = g\sin\alpha$

1.2) Exploitation de la courbe d'évolution de la vitesse

a) Vitesse limite V_l et valeur de K :
Sur la figure 1, le régime permanent correspond à l'asymptote horizontale atteinte par la vitesse. Par lecture graphique : $\Rightarrow V_l = 10\ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$
En régime permanent, la vitesse est constante, donc $\frac{dV}{dt} = 0$. L'équation différentielle devient : $D \cdot V_l = E \implies \frac{K}{m}V_l = g\sin\alpha$.

$$K = \frac{m \cdot g\sin\alpha}{V_l} = \frac{0,1 \times 10 \times \sin(45,57°)}{10} = \frac{1 \times 0,714}{10}$$

$\Rightarrow K \approx 0,0714\ \mathbf{kg \cdot s^{-1}}$

b) Méthode d'Euler (calcul de a_1 et V_2) :
On a le pas de calcul $\Delta t = t_1 - t_0 = 0,04 - 0 = 0,04$ s. L'équation numérique est $\frac{dV}{dt} = a(t) = 7,141 - 0,714 \cdot V$.

- **Calcul de a_1 à t_1** (avec $V_1 = 0,2856$ m/s) :

$$a_1 = 7,141 - 0,714 \times 0,2856 = 7,141 - 0,2039$$

$\Rightarrow a_1 \approx 6,937\ \mathbf{m \cdot s^{-2}}$

– **Calcul de V_2 à t_2** : D'après la méthode d'Euler, $V_2 = V_1 + a_1 \cdot \Delta t$:

$$V_2 = 0,2856 + 6,937 \times 0,04 = 0,2856 + 0,2775$$

$\Rightarrow V_2 \approx 0,563\ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$

2) Mouvement sur la phase BO en arc de cercle

Système : {Le corps (S)} sans frottements.
Repère de Frenet au point B : $(B, \vec{u}, \vec{n})$. $\vec{n}$ est dirigé vers le centre de courbure C.
D'après la 2ème loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}_G$. Projetons cette relation sur l'axe normal $\vec{n}$ au point B. Géométriquement, la droite (CB) portant $\vec{n}$ est perpendiculaire au plan incliné (AB). L'angle entre la verticale (direction de $\vec{P}$) et la normale $\vec{n}$ est de α. Le vecteur poids "pointe vers l'extérieur" de la courbe par rapport à $\vec{n}$ qui va de B vers C (vers le haut).

$$P_n + R_n = m \cdot a_n \implies -mg\cos\alpha + R = m\frac{V_B^2}{r}$$

$$R = mg\cos\alpha + m\frac{V_B^2}{r}$$

$$\Rightarrow R = m\left(g\cos\alpha + \tfrac{V_B^2}{r}\right)$$

3) Mouvement durant la phase de saut sans frottements

3.1) Expressions de $V_x(t)$ et $V_y(t)$

À $t = 0$ (en O), $\vec{V}_0$ forme un angle α avec l'horizontale. Le système n'est soumis qu'à son poids (chute libre) : $\vec{P} = m\vec{a} \implies \vec{a} = \vec{g}$. Dans le repère (O, x, y) où l'axe y est orienté vers le haut : $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

En intégrant par rapport au temps, sachant que $\vec{V_0}\begin{cases} V_{0x} = V_0\cos\alpha \\ V_{0y} = V_0\sin\alpha \end{cases}$: $\Rightarrow$

$$\vec{V}(t)\begin{cases} V_x(t) = V_0\cos\alpha \\ V_y(t) = -gt + V_0\sin\alpha \end{cases}$$

3.2) Détermination de V_0 et vérification de α

Le module de la vitesse est $V(t) = \sqrt{V_x(t)^2 + V_y(t)^2}$. À $t = 0$, $V(0) = V_0$. Sur la figure 2, l'ordonnée à l'origine est : $\Rightarrow V_0 = 10\ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$
Le module $V(t)$ est minimal lorsque $V_y(t) = 0$ (sommet de la trajectoire parabolique). À cet instant, la vitesse se résume à sa composante horizontale : $V_{min} = V_x = V_0\cos\alpha$. Sur le graphe de la figure 2, le minimum de la courbe

est de 7 m/s (atteint à $t = 0,7$ s).

$$V_0 \cos\alpha = 7 \implies 10\cos\alpha = 7 \implies \cos\alpha = 0,7$$

$$\alpha = \arccos(0,7) \approx 45,57^\circ$$

$\Rightarrow$ **On retrouve bien l'angle $\alpha = 45,57^\circ$ donné dans l'énoncé.**

3.3) Le corps (S) a-t-il dépassé le bassin ?

Le centre d'inertie retombe sur l'axe (Ox) à l'instant $t_{chute} = 1,43$ s. L'équation horaire $x(t)$ est obtenue en intégrant $V_x(t)$:

$$x(t) = (V_0 \cos \alpha) \cdot t$$

Calculons la distance horizontale (la portée) franchie à cet instant :

$$x(1,43) = 10 \times \cos(45,57^\circ) \times 1,43$$

$$x(1,43) = 10 \times 0,7 \times 1,43 = 7 \times 1,43 = 10,01 \text{ m}$$

On compare cette distance à la largeur du bassin $L = 11$ m (qui s'étend de $x = 0$ à $x = 11$).

$$x(1,43) = 10,01 \text{ m} < 11 \text{ m}$$

$\Rightarrow$ Non, le corps (S) n'a pas dépassé le bassin. Il tombe dans l'eau à 10,01 m du point O, avant le bord opposé du bassin situé à 11 m.

المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية	الامتحان الموحد الأول السنة الثانية بكالوريا		مؤسسة العمراني INSTITUTION Lamrani
المادة:	الفيزياء والكيمياء	دورة مـاي – 2026	المعامل: 7
الشعبة أو المسلك:			مدة الإنجاز: 3 ساعات
العلوم الفيزيائية - خيار فرنسية -		الموضوع	الصفحة: 1 / 7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Le sujet comporte 4 exercices : un exercice de chimie et quatre exercices de physique

CHIMIE : (6 points)

Partie I : La cinétique de la réaction de l'acide chlorhydrique sur le fer

Partie II : Etude d'une solution d'acide lactique

PHYSIQUE 1 : (3 points)

- **Etude des phénomènes physiques d'une onde lumineuse**

PHYSIQUE 2 : (2 points)

- **Etude énergétiques de phosphore 30**

PHYSIQUE 3 : (4 points)

- **Etude de la réponse du dipôle RL à un échelon de tension ascendant.**
- **Etude du dipôle RLC libre :**

PHYSIQUE 4 : (5 points)

- **Etude du mouvement oscillatoire d'un corps solide :**
  - **Lors d'un mouvement rectiligne.**
  - **Lors de sa chute dans un champ de pesanteur uniforme.**

CHIMIE : (6 points)

Les parties I et II sont indépendantes

Partie I : La cinétique de la réaction de l'acide chlorhydrique sur le fer (3 points)

Donnée : - Volume molaire gazeux dans les conditions de l'expérience V_m=24L.mol^{-1}.

En travaux pratiques, un groupe d'élèves se propose d'étudier la cinétique de la réaction de l'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{aq}$,Cl^-_{aq}) sur le fer Fe. Pour cela, ils introduisent, dans un ballon, de la poudre de fer en excès avant d'ajouter V_S = 50 mL d'acide chlorhydrique de concentration molaire C = 0,1 mol.L^{-1}.

Ils mesurent ensuite le volume V(H_2) de dihydrogène H_2 formé au cours du temps tout en maintenant constante la température du milieu réactionnel. Enfin ils déterminent la concentration molaire des ions oxonium H_3O^+ restant dans la solution dont le volume V_S = 50 mL est considéré comme constant.

L'équation-bilan de la réaction s'écrit :

$$Fe_{(S)} + 2.H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2.H_2O_{(L)}$$

1- Identifier les deux couples ox/red mis en jeu.

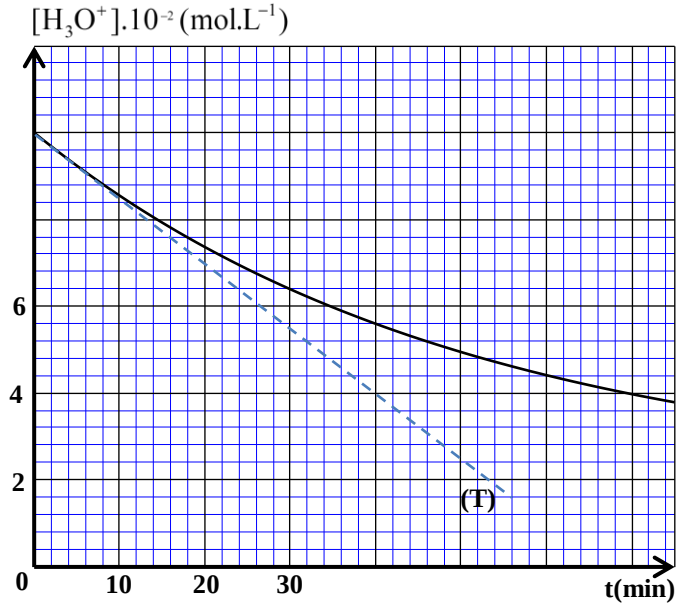
2- Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

3- En exploitant le tableau d'avancement et la définition de la vitesse volumique de la réaction, vérifier que :

$$v = -\frac{1}{2}.\frac{d[H_3O^+]}{dt}.$$

4- Le graphe ci-contre représente la courbe $[H_3O^+] = f(t)$.

La droite (T) représente la tangente à la courbe à t=0.



4.1- Déterminer, en mol.L^{-1}.min^{-1}, la vitesse volumique v de la réaction à la date t = 0.

4.2- Trouver, en minutes, le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

5- En exploitant le tableau d'avancement à une date t, montrer que : $[H_3O^+] = 0,1.[1-\frac{v(H_2)}{60}]$.

En déduire la valeur de V(H_2) en mL à la date t = 40min.

Partie II : A propos de l'acide lactique (3 points)

L'acide 2-hydroxypropanoïque est connu généralement sous le nom de l'acide lactique.

C'est un acide organique qui entre dans beaucoup de réactions biochimiques. On le trouve dans le lait et ses dérivés, dans des fruits et légumes. Il est utilisé comme conservateur des aliments et dans la préparation de certains produits pharmaceutiques contre des maladies de la peau…

On se propose d'étudier en premier lieu, la réaction de l'acide lactique avec l'eau, puis dans un deuxième temps, la réaction de cet 'acide avec l'hydroxyde de sodium.

1- Réaction de l'acide lactique avec l'eau.

Données : - Toutes les mesures sont effectuées à 25 C°;

- On représente l'acide lactique $C_3H_6O_3$ par AH et sa base conjuguée par A^- ;

- Zone de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur Coloré	Hélianthine	Bleu de bromothymol	Rouge de crésol
Zone de virage	3 – 4,4	6 – 7,6	7,2 – 8,8

On considère une solution aqueuse S_A d'acide lactique AH de concentration molaire $C_A=2{,}5.10^{-2}mol.L^{-1}$. Son pH mesuré avec un pH-mètre vaut 2,8.

1.1- Ecrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.

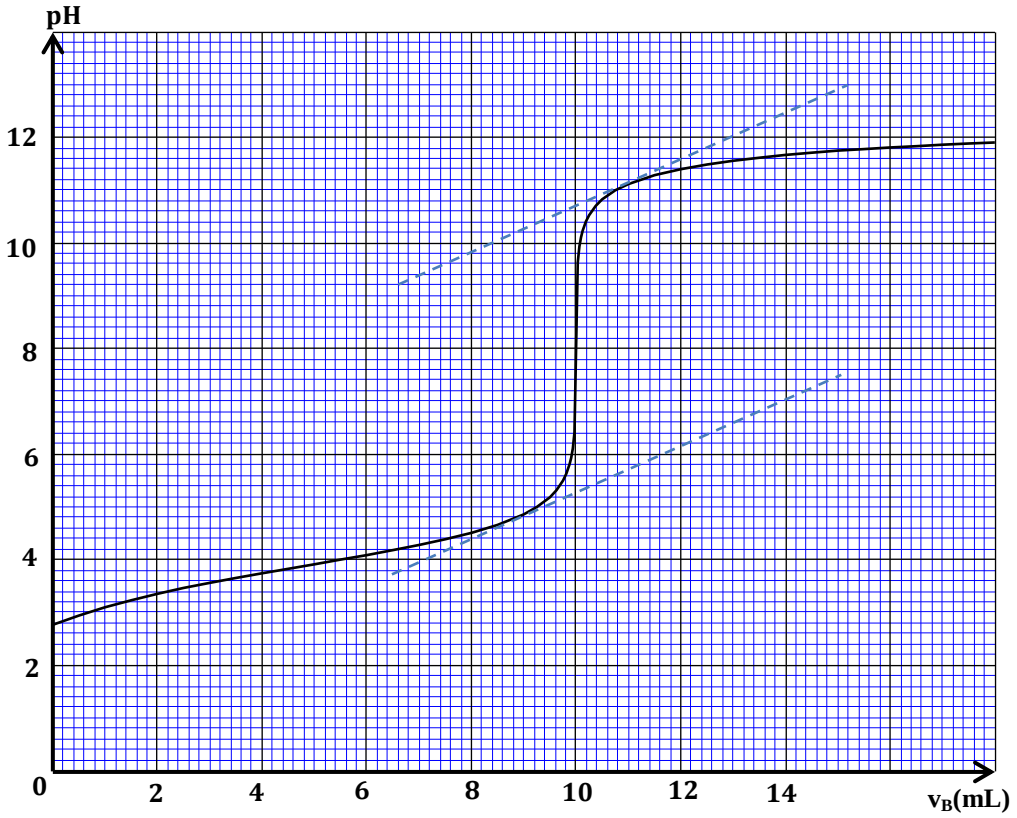
1.2- Déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide lactique avec l'eau. Conclure.

1.3- Calculer la valeur de K_A et déduire que pK_A du couple acide lactique / ion lactate est $pK_A=3{,}96$.

2- Réaction de l'acide lactique avec l'hydroxyde de sodium :

On dose un volume V_A d'une solution aqueuse S_A d'acide lactique AH de concentration molaire C_A par une solution aqueuse S_B d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{aq}+HO^-_{aq}$) de concentration molaire $C_B=3.10^{-2}mol.L^{-1}$, en suivant les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé de la solution S_B.

La courbe de la figure ci-dessous, représente les variations du pH en fonction du volume V_B au cours du dosage.



2.1- Ecrire l'équation de la réaction de dosage.

2.2- Déterminer les coordonnées V_{BE} et pH_E du point d'équivalence.

2.3- Calculer le volume V_A de la solution titrée S_A.

2.4- Choisir, en justifiant la réponse, l'indicateur coloré adéquat pour repérer l'équivalence.

2.5- Trouver la valeur de rapport $\frac{[A^-]}{[AH]}$ à l'ajout du volume $V_B=2{,}1mL$, puis déduire l'espèce chimique prédominante AH ou A^-.

PHYSIQUE 1 : (3 points)

Cet exercice décrit deux expériences utilisant une lumière de couleur rouge, émise par un laser, de longueur d'onde dans le vide $\lambda=633$ nm.

On rappelle que l'indice de réfraction n d'un milieu est le rapport de la célérité c de la lumière dans le vide et de sa vitesse v dans le milieu considéré : $n=\frac{C}{V}$.

1- Première expérience :

On place perpendiculairement au faisceau lumineux et à quelques centimètres du laser, une fente fine et horizontale de largeur a. Un écran situé à une distance D de la fente, montre des taches lumineuses réparties

sur une ligne verticale. La tache centrale plus lumineuse que les autres, est la plus large (Voir figure 1).

1.1- Quel phénomène subit la lumière émise par le laser dans cette expérience ?

1.2- L'angle θ est donné par la relation : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

a- Que représente cet angle θ ?

b- Préciser les unités de chaque terme intervenant dans cette relation.

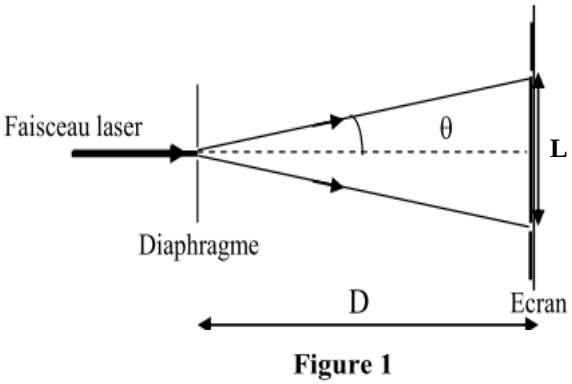


Figure 1

1.3- L'angle θ étant faible, on pourra utiliser l'approximation $\tan\theta \simeq \theta$.

Montrer que la largeur a de la fente s'exprime par le relation : $a = \frac{2.\lambda.D}{L}$. **Calculer a.**

On donne : L=38mm et D=3 m.

1.4- Comment évolue la largeur de la tache centrale lorsqu'on réduit la largeur de la fente ?

2 - Deuxième expérience :

On utilise dans cette expérience, comme milieu dispersif, un prisme en verre d'indice de réfraction n. On dirige, suivant une incidence donnée, le faisceau laser vers l'une des faces du prisme placé dans l'air. On observe que ce faisceau est dévié. Un écran placé derrière le prisme montre un point lumineux de même couleur (rouge) que le faisceau incident. (Figure 2)

2.1- Quelle est la nature de la lumière émise par le laser ? Justifier votre réponse.

2.2 - La célérité de la lumière dans le vide est C=3.10^{8}m.s^{-1}.

2.2.1- Rappeler la relation entre la longueur d'onde λ de l'onde émise par le laser, sa fréquence υ et sa célérité C. Calculer υ.

2.2.2- La valeur de υ varie-t-elle lorsque cette onde change de milieu de propagation ?

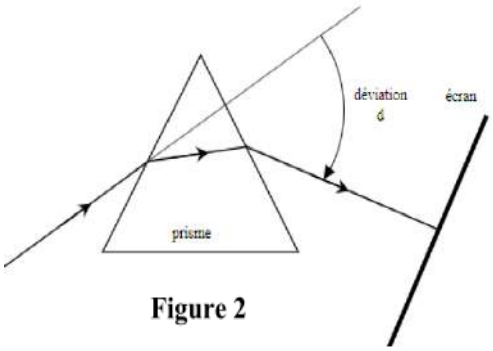


Figure 2

2.3- L'indice de réfraction du verre pour la fréquence υ de l'onde utilisée est n = 1,61. Calculer la longueur d'onde λ' de cette onde dans le verre.

PHYSIQUE 2 : (2 points)

En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie ont synthétisé du phosphore 30 ($^{30}_{15}P$) en bombardant de l'aluminium 27 avec des particules alpha. Le phosphore 30 se désintègre par émission β^- en silicium30, un isotope stable.

Données : - unité de masse atomique : u = 1,660 5.10^{-27} kg ;

- électron-volt : 1eV = 1,6.10^{-19} J ;

- célérité de la lumière dans le vide : C = 3.10^8 m.s^{-1}.

- masse de différentes particules :

Particule	proton	neutron	$^{30}_{15}P$
Masse	m_p = 1,007 28 u	m_n = 1,008 66 u	m(^{30}P) = 29,970 06 u

- énergie de liaison par nucléon du phosphore 31 : $\xi = \frac{E_L}{A} = 8,48$ **Me/nucléon.**

2.1- Donner la définition de l'énergie de liaison E_L d'un noyau.

2.2- Montrer que l'expression du défaut de masse Δm d'un noyau du phosphore 30 s'écrit sous la forme : $\Delta m = 15.(m_p + m_n) - m(^{30}_{15}P)$. **Calculer Δm en kg.**

2.3- Énergie de liaison par nucléon du phosphore 30.

2.3.1- Calculer l'énergie de liaison d'un noyau de phosphore 30 exprimée en joule puis en MeV. En déduire l'énergie de liaison par nucléon.

2.3.2- Comparer cette valeur à celle de l'énergie de liaison par nucléon du phosphore 31. Conclure.

PHYSIQUE 3 : (4 points)

Un professeur a consacré, avec ses élèves, une séance de travaux pratiques de physique pour déterminer expérimentalement la valeur de l'inductance d'une bobine et la résistance d'un conducteur ohmique par deux méthodes différentes.

I- Etude de la réponse du dipôle RL à un échelon de tension ascendant.

Un premier groupe d'élèves de la même classe réalise le montage représenté par la figure 3, constitué par :

- **Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;**
- **Le conducteur ohmique précédent de résistance R ;**
- **Une bobine d'inductance L et de résistance négligeable ;**
- **Un interrupteur K.**

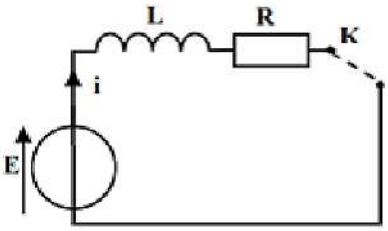


Figure 3

On ferme l'interrupteur K à l'instant choisi comme origine des dates t=0.
A l'aide d'un système d'acquisition informatisé adéquat, on obtient la courbe de la figure 4 représente l'évolution de l'intensité du courant i(t).
(T') représente la tangente de la courbe à l'instant t=0.

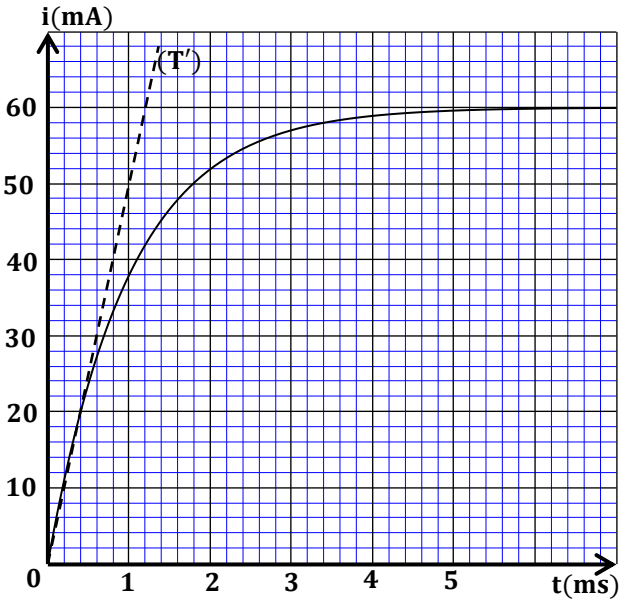


Figure 4

1- Recopier le schéma de la figure 3 et y représenter, en convention récepteur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique et la tension u_L aux bornes de la bobine.

2- Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant électrique i(t) traversant le circuit.

3- Trouver, en fonction des paramètres du circuit, les expressions des constantes A et τ pour que la solution de cette équation différentielle s'écrive sous la forme : $i(t) = A.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

4- En exploitant la courbe de la figure 4,

4.1- Déterminer la valeur de I_p l'intensité du courant en régime permanent.

4.2- Trouver la valeur de la résistance R du conducteur ohmique étudié sachant que E=6V.

4.3- Vérifier que l'inductance de la bobine est L=0,1H.

5- Vérifier que l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine à t=τ.ln 2 s'écrit : $E_m = \frac{E_{mp}}{4}$

Avec : E_{mp} l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en régime permanant.

II- Etude du dipôle RLC libre :

Un deuxième groupe d'élèves de la même classe, réalise le montage représenté sur la figure 5 qui comporte :

- **Un condensateur de capacité C=9μF ;**
- **Le conducteur ohmique précédent de résistance R ;**
- **La bobine précédente de l'inductance L et de résistance négligeable ;**
- **Un interrupteur à double position K.**

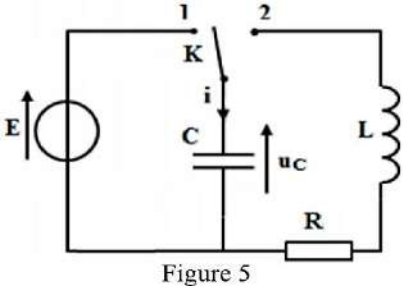


Figure 5

On place l'interrupteur K en position (1), une fois le condensateur

est totalement chargé, on bascule l'interrupteur K vers la position (2) à un instant que l'on choisira comme nouvelle origine des dates t=0.

La courbe de la figure 6, représente l'évolution temporelle de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

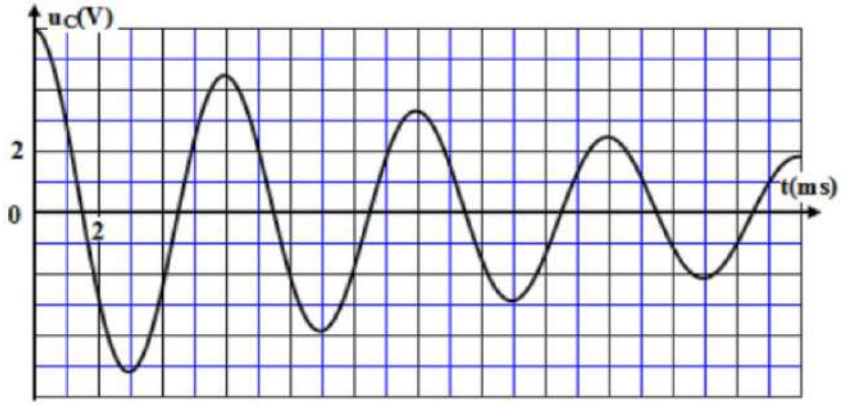


Figure 6

1- Identifier le régime oscillatoire qui correspond à la courbe de la figure 6.

2- En assimilant la pseudo période à la période propre de l'oscillateur électrique, déterminer l'inductance L de la bobine.

3- Calculer ΔE_T, la variation de l'énergie totale du circuit entre les instants t_1=0ms et t_2=9ms, puis interpréter ce résultat.

4- Pour entretenir les oscillations, on monte en série avec le condensateur, le conducteur ohmique et la bobine, précédemment étudiés, un générateur (G) qui délivre une tension proportionnelle à l'intensité du courant électrique : G(t) = k . i(t).

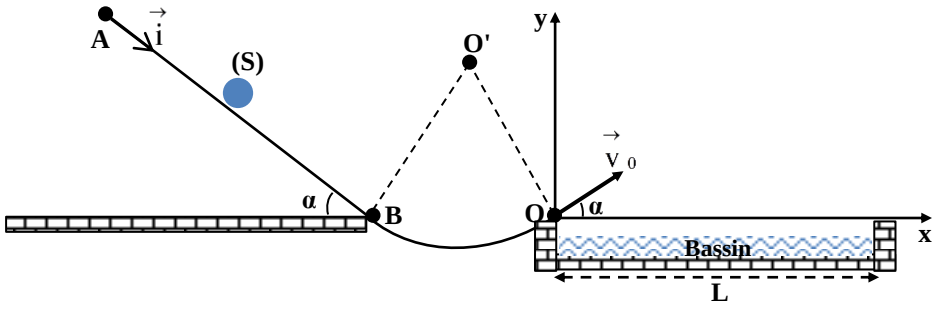
4.1- Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

4.2- On obtient des oscillations électriques sinusoïdales lorsque la constante k prend la valeur k=100 dans le système d'unités internationales. Déterminer la valeur de la résistance électrique R du conducteur ohmique.

PHYSIQUE 4 : (5 points)

On se propose d'étudier, le mouvement du centre d'inertie G d'un corps solide (S) de masse m sur un parcours constitué de :

- Un partie rectiligne AB inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal ;
- Une partie BO de forme d'arc circulaire de centre O' et de rayon r ;
- Une zone de chute où se trouve un bassin rempli d'eau de largeur L.



Données : m=0,1kg ; α=45,57° ; L=11m ; Accélération de pesanteur g =10m.s^{-2}

1- Mouvement du centre d'inertie G du corps durant le parcours rectiligne AB :

Le corps (S) est libéré à l'instant t_0=0 sans vitesse initiale, d'une position où son centre d'inertie G coïncide avec le point A origine du repère $(A, \vec{i})$ lié à la terre considéré comme galiléen. Au cours de son mouvement rectiligne, le solide (S) est soumis à des frottements causés uniquement par l'influence de l'air, modélisés par la force de vecteur $\vec{f} = -k.v.\vec{i}$; avec v vitesse de G et k une constante positive.

(On néglige les frottements de contact entre le solide (S) et le plan incliné)

1.1- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que la vitesse v(t) vérifiée l'équation différentielle :

$\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau}.v = C$ **, en déterminant les expressions des constantes C et τ en fonction de m , g , k et α.**

1.2- La figure 7 représente la courbe d'évolution de la vitesse v(t) au cours du temps.

(T) représente la tangente de la courbe à l'instant t=0.

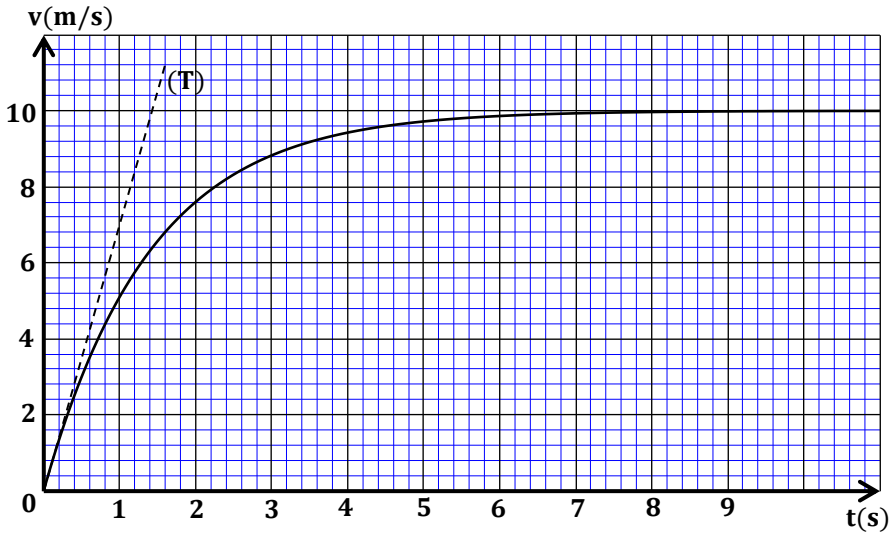


Figure 7

a- Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse limite v_L puis en déduire la valeur de la constante k.

b- L'équation différentielle du mouvement de G s'écrit

sous la forme numérique $\frac{dv}{dt} = 7,141 - 0,714.v$ **.**

A l'aide des données du tableau ci-contre et de la méthode d'Euler, déterminer les valeurs de la vitesse v_2 et de l'accélération a_1 du centre d'inertie G.

t(s)	v_i(m.s^{-1})	a_i(m.s^{-2})
t_0=0	0	7,141
t_1=0,04	0,2856	a_1
t_2=0,08	v_2	6,693

2- Etude du mouvement du centre d'inertie G durant la phase du saut sans frottements :

le solide (S) quitte la piste au point O à un instant t=0 considère comme nouvelle origine des temps, avec une vitesse initiale de vecteur $\vec{v}_0$ formant un angle α avec l'horizontal. On étudie le mouvement de G dans le champ de pesanteur uniforme ; lie au repère terrestre (Ox , Oy) considéré galiléen.

2.1- En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression de v_x(t) en fonction de v_0 et α et l'expression de v_y(t) en fonction de v_0, α , g et t.

v_x(t) et v_y(t) étant les composantes de vecteur vitesse $\vec{v}$ de G à un instant t.

2.2- En exploitant la courbe de la figure 8 qui représente les variations du module de vecteur vitesse de G en fonction du temps, déterminer la valeur de v_0 et retrouver la valeur de l'angle α.

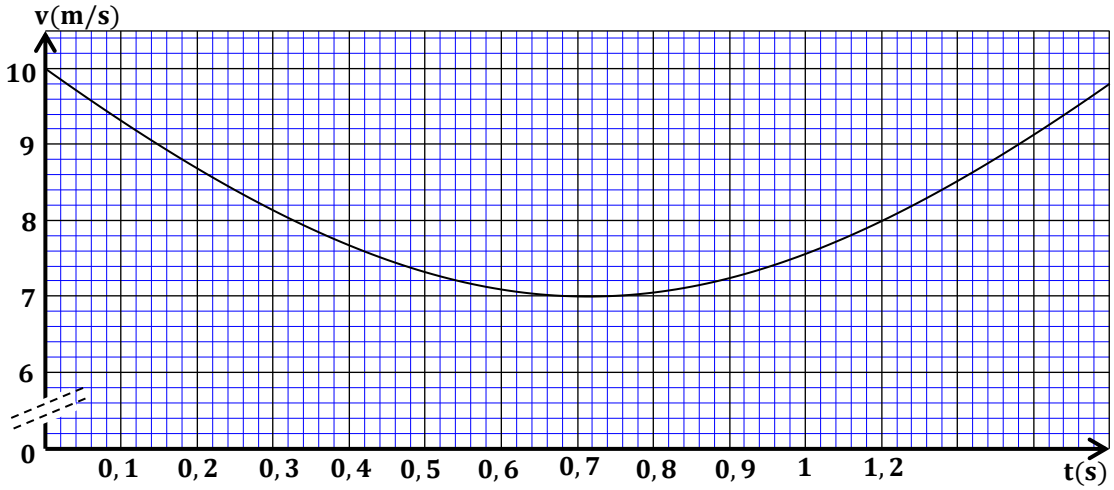


Figure 8

2.3- Le centre d'inertie G du solide (S) dépasse-t-il le bassin d'eau ? Justifier votre réponse.

CORRECTION DE CHIMIE : BACC BLANC

Cinétique chimique et Étude de l'acide lactique

PARTIE I : La cinétique de la réaction de l'acide chlorhydrique sur le fer

L'équation-bilan de la réaction étudiée est : $Fe_{(s)}+2H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}+H_{2(g)}+2H_2O_{(l)}$[cite : 29].

1) Couples ox/red mis en jeu D'après l'équation, le fer métallique Fe s'oxyde en ions Fe^{2+}, et les ions oxonium H_3O^+ se réduisent en dihydrogène H_2[cite : 29]. Les deux couples sont donc :

$H_3O^+_{(aq)}/H_{2(g)}$ et $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$ [cite : 30]

---

2) Tableau d'avancement de la réaction [cite : 31] Le fer est introduit en excès et le volume de la solution d'acide chlorhydrique est $V_S = 50$ mL de concentration $C = 0,1$ mol/L[cite : 25].

Équation		$Fe_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$				
État	**Avanc.**	$n(Fe)$	$n(H_3O^+)$	$n(Fe^{2+})$	$n(H_2)$	$n(H_2O)$
Initial	0	Excès	$C \cdot V_S$	0	0	Excès
En cours	x	Excès	$C \cdot V_S - 2x$	x	x	Excès
Final	x_{max}	Excès	$C \cdot V_S - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	Excès

---

3) Expression de la vitesse volumique [cite : 32] Par définition, la vitesse volumique de la réaction est $v = \frac{1}{V_S}\frac{dx}{dt}$[cite : 32]. D'après le tableau d'avancement, la quantité de matière des ions oxonium à un instant t est $n_t(H_3O^+) = C \cdot V_S - 2x$[cite : 27, 31]. En divisant par le volume V_S, on obtient la concentration : $[H_3O^+] = C - \frac{2x}{V_S}$[cite : 27]. En dérivant cette expression par rapport au temps, on trouve :

$$\frac{d[H_3O^+]}{dt} = -\frac{2}{V_S}\frac{dx}{dt} \Longrightarrow \frac{1}{V_S}\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2}\frac{d[H_3O^+]}{dt}$$

Ce qui permet de vérifier que :

$v = -\frac{1}{2}\frac{d[H_3O^+]}{dt}$ [cite : 33]

4-1) Détermination de la vitesse volumique à $t = 0$ [cite : 45] À $t = 0$, la vitesse correspond à $-\frac{1}{2}$ multiplié par le coefficient directeur de la tangente (T) à l'origine[cite : 33, 35]. D'après le graphe, la tangente passe approximativement par les points $(0 \text{ min}; 10 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L})$ et $(30 \text{ min}; 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L})$ [cite : 34, 36-44].

$$\frac{d[H_3O^+]}{dt} \approx \frac{(4-10)\cdot 10^{-2}}{30-0} = -2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v(0) = -\frac{1}{2} \times (-2 \cdot 10^{-3})$$

$v(0) = 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol · $\text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ [cite : 45]

4-2) Temps de demi-réaction $t_{1/2}$ [cite : 46] Le fer étant en excès, l'ion H_3O^+ est le réactif limitant[cite : 25]. À la fin de la réaction, $[H_3O^+]_f = 0$[cite : 27, 31]. Au temps de demi-réaction $t_{1/2}$, la concentration est divisée par deux par rapport à l'état initial : $[H_3O^+]_{t_{1/2}} = \frac{10 \cdot 10^{-2}}{2} = 5 \cdot 10^{-2}$ mol/L[cite : 39, 46]. En se référant à la courbe de la figure, l'abscisse correspondant à cette valeur est d'environ :

$t_{1/2} \approx 20$ min [cite : 34, 46]

---

5) Volume de dihydrogène à $t = 40$ **min** [cite : 48] D'après le tableau d'avancement, $x = n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m}$[cite : 23, 26, 31]. L'expression de la concentration devient $[H_3O^+] = C - \frac{2 \cdot V(H_2)}{V_S \cdot V_m}$[cite : 27, 47]. On sait que $V_S = 50$ mL $= 0,05$ L et $V_m = 24$ L/mol[cite : 23, 25]. Le produit vaut $V_S \cdot V_m = 1,2$. Si on exprime $V(H_2)$ en mL (soit $V(H_2) \cdot 10^{-3}$ L), on a :

$$[H_3O^+] = 0,1 - \frac{2 \cdot V(H_2) \cdot 10^{-3}}{1,2} = 0,1 - \frac{V(H_2)}{600} = 0,1\left(1 - \frac{V(H_2)}{60}\right)$$

La relation est bien vérifiée[cite : 50]. À $t = 40$ min, la lecture graphique indique approximativement $[H_3O^+] \approx 4 \cdot 10^{-2}$ mol/L[cite : 34, 48]. En substituant dans la relation : $0,04 = 0,1\left(1 - \frac{V(H_2)}{60}\right) \implies 0,4 = 1 - \frac{V(H_2)}{60} \implies$ $V(H_2) = 60 \times (1 - 0,4) = 36$.

$V(H_2) \approx 36$ mL [cite : 48]

PARTIE II : À propos de l'acide lactique

On représente l'acide lactique $C_3H_6O_3$ par AH et sa base conjuguée par A^-[cite : 58]. La solution S_A a une concentration $C_A = 2,5 \cdot 10^{-2}$ mol.L^{-1} et un pH de $2,8$[cite : 63, 64].

1.1) Équation de la réaction avec l'eau [cite : 65]

$$AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

1.2) Taux d'avancement final τ [cite : 66]

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_f}{C_A} = \frac{10^{-pH}}{C_A}$$

$$\tau = \frac{10^{-2,8}}{2,5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,063 \quad \text{(soit environ } 6,3\%)$$

Puisque $\tau < 1$, on conclut que la réaction de l'acide lactique avec l'eau est **partielle (ou limitée)**[cite : 66].

1.3) Calcul de K_A et déduction du pK_A [cite : 67]

$$K_A = \frac{[A^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[AH]_f} = \frac{[H_3O^+]^2}{C_A - [H_3O^+]} = \frac{10^{-2pH}}{C_A - 10^{-pH}}$$

$$K_A = \frac{10^{-5,6}}{2,5 \cdot 10^{-2} - 10^{-2,8}} \approx 1,07 \cdot 10^{-4}$$

Le pK_A du couple est défini par $pK_A = -\log(K_A)$:

$pK_A = -\log(1,07 \cdot 10^{-4}) \approx 3,96$ [cite : 67]

---

2) Réaction de l'acide lactique avec l'hydroxyde de sodium [cite : 68]

2.1) Équation de la réaction de dosage [cite : 85]

$$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2.2) Coordonnées du point d'équivalence D'après la méthode des tangentes appliquée sur la courbe du dosage (pH en fonction de V_B), on relève le point d'inflexion

$V_{BE} = 10$ mL et $pH_E \approx 8$ [cite : 86]

2.3) Calcul du volume V_A [cite : 87] À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stchiométriques : $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$[cite : 87].

$$V_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{C_A} = \frac{3 \cdot 10^{-2} \times 10}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 12$$

$V_A = 12$ mL
[cite : 87]

2.4) Choix de l'indicateur coloré L'indicateur coloré adéquat doit avoir une zone de virage qui encadre le pH à l'équivalence ($pH_E \approx 8$)[cite : 86, 88]. D'après le tableau fourni, la zone de virage du **Rouge de crésol** est comprise entre 7,2 et 8,8[cite : 60]. C'est donc le choix le plus pertinent[cite : 88].

2.5) Rapport $\frac{[A^-]}{[AH]}$ à $V_B = 2,1$ mL et espèce prédominante

La réaction de dosage étant considérée comme totale, on dresse le bilan de matière[cite : 85, 89] : * Quantité initiale d'acide : $n_0(AH) = C_A \cdot V_A = 2,5 \cdot 10^{-2} \times 12 \cdot 10^{-3} = 3,0 \cdot 10^{-4}$ mol[cite : 63, 87]. * Quantité de base ajoutée : $n(HO^-) = C_B \cdot V_B = 3 \cdot 10^{-2} \times 2,1 \cdot 10^{-3} = 0,63 \cdot 10^{-4}$ mol[cite : 68, 91]. Après la réaction, la quantité d'ions hydroxyde est totalement consommée[cite : 85] : * $n(A^-) = n(HO^-) = 0,63 \cdot 10^{-4}$ mol [cite : 90] * $n(AH) = n_0(AH) - n(HO^-) = (3,0 - 0,63) \cdot 10^{-4} = 2,37 \cdot 10^{-4}$ mol [cite : 90] Le rapport des concentrations est égal au rapport des quantités de matière :

$$\frac{[A^-]}{[AH]} = \frac{0,63 \cdot 10^{-4}}{2,37 \cdot 10^{-4}} \approx 0,26$$

$\frac{[A^-]}{[AH]} \approx 0,26$
[cite : 89, 90]

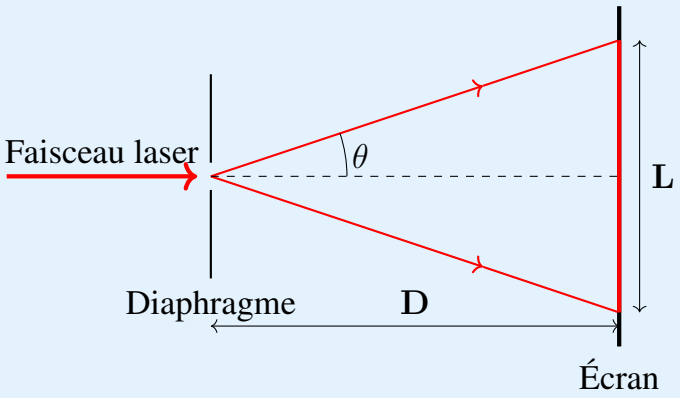
Puisque le rapport $\frac{[A^-]}{[AH]}$ est strictement inférieur à 1, c'est l'espèce acide **AH qui prédomine** dans la solution[cite : 91, 92].

CORRECTION DE PHYSIQUE : BACC BLANC

Physique 1 : Ondes lumineuses | Physique 2 : Transformations nucléaires

PHYSIQUE 1 : Étude des phénomènes physiques d'une onde lumineuse

1. Première expérience : Diffraction



1.1) Phénomène observé La lumière se propage dans de multiples directions après avoir traversé la fente fine : il s'agit du phénomène de **diffraction**.

1.2) L'angle θ a- L'angle θ représente l'**écart angulaire**. C'est le demi-angle d'ouverture de la tache centrale de diffraction. **b-** Unités dans le Système International :

- λ : longueur d'onde en **mètre (m)**
- a : largeur de la fente en **mètre (m)**
- θ : écart angulaire en **radian (rad)**

1.3) Expression et calcul de la largeur a Dans le triangle rectangle formé par la distance D et la demi-largeur de la tache centrale $\frac{L}{2}$, on a :

$$\tan(\theta) = \frac{\frac{L}{2}}{D} = \frac{L}{2D}$$

L'angle θ étant faible, l'approximation $\tan(\theta) \simeq \theta$ donne $\theta = \frac{L}{2D}$. En égalisant avec la relation donnée $\theta = \frac{\lambda}{a}$, on obtient :

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \implies a = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{L}$$

Calcul numérique : Avec $\lambda = 633 \cdot 10^{-9}$ m, $D = 3$ m et $L = 38 \cdot 10^{-3}$ m.

$$a = \frac{2 \times 633 \cdot 10^{-9} \times 3}{38 \cdot 10^{-3}} = \frac{3798 \cdot 10^{-9}}{38 \cdot 10^{-3}} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$a = 0,1 \text{ mm}$$

1.4) Évolution de la largeur de la tache centrale D'après la relation $L = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{a}$, la largeur L est inversement proportionnelle à la largeur de la fente a. Donc, lorsqu'on réduit la largeur de la fente a, la largeur de la tache centrale L **augmente** (la tache s'élargit).

2. Deuxième expérience : Prisme

2.1) Nature de la lumière À travers le prisme, le faisceau est dévié mais on observe un seul point lumineux rouge sur l'écran. La lumière n'est pas dispersée en un spectre. Il s'agit donc d'une lumière **monochromatique**.

2.2.1) Relation et calcul de la fréquence ν La relation qui lie la célérité C, la longueur d'onde λ et la fréquence ν est : $\mathbf{C = \lambda \cdot \nu}$.

$$\nu = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{633 \cdot 10^{-9}} \approx 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\nu \approx 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

2.2.2) Variation de la fréquence La fréquence ν d'une onde lumineuse est une caractéristique de la source. Elle **ne varie pas** lors du changement de milieu de propagation.

2.3) Longueur d'onde dans le verre λ' L'indice de réfraction du verre est $n = 1,61$. On sait que $n = \frac{C}{v}$. En divisant les expressions des célérités par la fréquence ν (qui reste constante) :

$$n = \frac{\lambda \cdot \nu}{\lambda' \cdot \nu} = \frac{\lambda}{\lambda'} \implies \lambda' = \frac{\lambda}{n}$$

$$\lambda' = \frac{633 \text{ nm}}{1,61} \approx 393,17 \text{ nm}$$

$$\lambda' \approx 393,17 \text{ nm}$$

PHYSIQUE 2 : Étude énergétique du phosphore 30

2.1) Définition de l'énergie de liaison E_L L'énergie de liaison E_L d'un noyau est l'énergie qu'il faut fournir à ce noyau au repos pour le dissocier en ses nucléons isolés et immobiles.

2.2) Défaut de masse Δm Le noyau de phosphore 30 se note $^{30}_{15}$P. Il possède :

- $Z = 15$ protons
- $N = A - Z = 30 - 15 = 15$ neutrons

L'expression générale du défaut de masse est $\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - m(^A_Z\text{X})$. En remplaçant par les valeurs pour le phosphore 30, on vérifie bien la relation :

$$\Delta m = 15(m_p + m_n) - m(^{30}_{15}\text{P})$$

Calcul de Δm en unité de masse atomique (u) :

$$\Delta m = 15(1,00728 + 1,00866) - 29,97006 = 15(2,01594) - 29,97006$$

$$\Delta m = 30,23910 - 29,97006 = 0,26904 \text{ u}$$

Conversion en kg : Sachant que $1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27}$ kg :

$$\Delta m(\text{kg}) = 0,26904 \times 1,6605 \cdot 10^{-27} \approx 4,4674 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\Delta m \approx 4,467 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

2.3.1) Calcul de l'énergie de liaison E_L
En Joules (J) : On utilise la relation d'Einstein $E_L = \Delta m \cdot C^2$:

$$E_L = 4,4674 \cdot 10^{-28} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 4,4674 \cdot 10^{-28} \times 9 \cdot 10^{16}$$

$$E_L \approx 4,0207 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

En MeV : Sachant que $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J, alors $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}$ J :

$$E_L(\text{MeV}) = \frac{4,0207 \cdot 10^{-11}}{1,6 \cdot 10^{-13}} \approx 251,29 \text{ MeV}$$

$$E_L \approx 251,3 \text{ MeV}$$

Énergie de liaison par nucléon ξ : Pour le phosphore 30 ($A = 30$) :

$$\xi(^{30}\text{P}) = \frac{E_L}{A} = \frac{251,29}{30} \approx 8,376 \text{ MeV/nucléon}$$

$$\xi(^{30}\text{P}) \approx 8,38 \text{ MeV/nucléon}$$

2.3.2) Comparaison et conclusion D'après les données, l'énergie de liaison par nucléon du phosphore 31 est $\xi(^{31}\text{P}) = 8,48$ MeV/nucléon. On compare les deux valeurs :

$$\xi(^{30}\text{P}) = 8,38 \text{ MeV/nucléon} \quad < \quad \xi(^{31}\text{P}) = 8,48 \text{ MeV/nucléon}$$

Plus l'énergie de liaison par nucléon est grande, plus le noyau est stable. **Conclusion :** Le noyau de phosphore 31 est **plus stable** que le noyau de phosphore 30.

[14pt]extarticle [utf8]inputenc [T1]fontenc [french]babel amsmath,amssymb,amsfonts

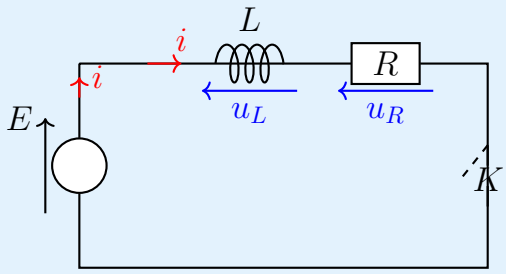
geometry xcolor tikz
enumitem [locale=FR, per-mode=symbol, number-unit-product=]siunitx fancyhdr graphicx tcolorbox skins,breakable times
a4paper, margin=2cm

CORRECTION DE PHYSIQUE : BACC BLANC

Physique 3 : Électricité (Dipôle RL et Dipôle RLC libre)

I - Étude de la réponse du dipôle RL à un échelon de tension ascendant

1) Schéma du circuit en convention récepteur



2) Équation différentielle vérifiée par $i(t)$ D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) :

$$E = u_R + u_L$$

En convention récepteur, $u_R = R \cdot i$ et pour une bobine de résistance interne négligeable ($r = 0$), $u_L = L\frac{di}{dt}$.

$$R \cdot i + L\frac{di}{dt} = E$$

En divisant par R, on obtient l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R}\frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R}$$

---

3) Expressions des constantes A **et** τ La solution proposée est $i(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) = A - Ae^{-t/\tau}$. Sa dérivée par rapport au temps est : $\frac{di}{dt} = \frac{A}{\tau}e^{-t/\tau}$. On remplace $i(t)$ et $\frac{di}{dt}$ dans l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R}\left(\frac{A}{\tau}e^{-t/\tau}\right) + A - Ae^{-t/\tau} = \frac{E}{R} \implies A + Ae^{-t/\tau}\left(\frac{L}{R \cdot \tau} - 1\right) = \frac{E}{R}$$

Pour que cette équation soit vérifiée à tout instant t, il faut annuler le terme en exponentielle et identifier les constantes :

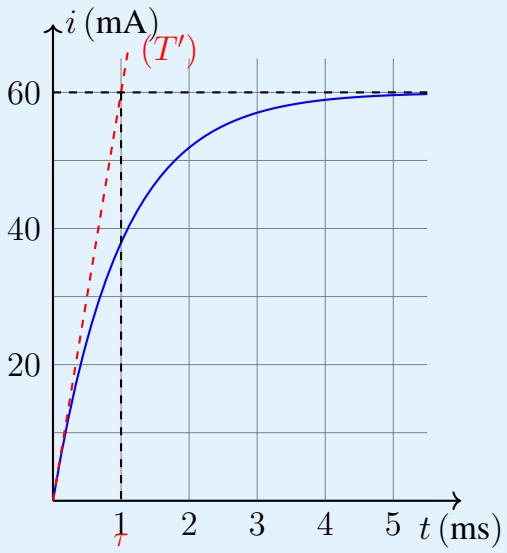
$$\frac{L}{R \cdot \tau} - 1 = 0 \implies \tau = \frac{L}{R} \quad \text{et} \quad A = \frac{E}{R}$$

4) Exploitation de la courbe (Figure 4)

4.1 - Intensité en régime permanent I_p : Le régime permanent est atteint lorsque $t \to \infty$. L'intensité du courant tend vers une valeur maximale constante. D'après l'asymptote horizontale sur le graphe : $I_p = 60$ **mA** $= 0,06$ **A**

4.2 - Valeur de la résistance R : En régime permanent, $\frac{di}{dt} = 0$, l'équation différentielle devient : $R \cdot I_p = E \implies R = \frac{E}{I_p}$.

$$R = \frac{6}{60 \cdot 10^{-3}} \implies R = 100\,\Omega$$



4.3 - Inductance de la bobine L : La constante de temps τ correspond à l'abscisse du point d'intersection entre la tangente à l'origine (T') et l'asymptote $i = I_p$. Sur le graphe, on lit : $\tau = 1$ ms $= 10^{-3}$ s.

$$\tau = \frac{L}{R} \implies L = R{\cdot}\tau = 100{\times}10^{-3}$$

$L = 0,1$ H (Vérifié)

5) Énergie magnétique à $t = \tau \ln 2$ L'expression de l'énergie magnétique est : $E_m(t) = \frac{1}{2}L \cdot i^2(t)$. Calculons l'intensité à l'instant $t = \tau \ln 2$:

$$i(\tau \ln 2) = I_p\left(1 - e^{-\frac{\tau \ln 2}{\tau}}\right) = I_p\left(1 - e^{-\ln 2}\right) = I_p\left(1 - \frac{1}{2}\right) = \frac{I_p}{2}$$

On remplace dans l'expression de l'énergie :

$$E_m(\tau \ln 2) = \frac{1}{2}L\left(\frac{I_p}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{2}L \cdot I_p^2\right)$$

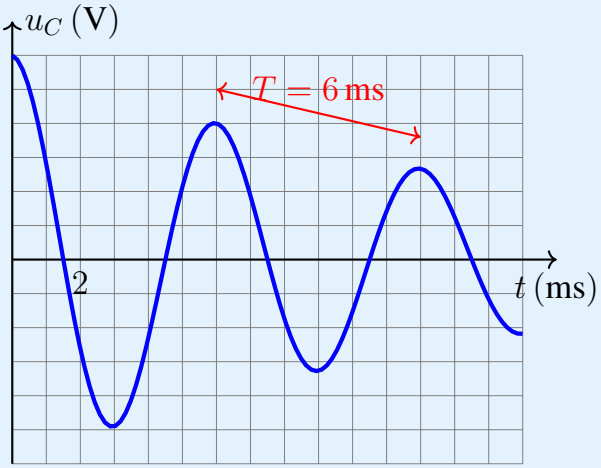
Sachant que l'énergie en régime permanent est $E_{mp} = \frac{1}{2}L \cdot I_p^2$, on vérifie bien que : $E_m = \frac{E_{mp}}{4}$

II - Étude du dipôle RLC libre

1) Régime oscillatoire D'après la figure 6, l'amplitude de la tension $u_C(t)$ diminue au cours du temps à cause de la dissipation d'énergie par effet Joule. Il s'agit du **régime pseudo-périodique**.

2) Détermination de l'inductance L En assimilant la pseudo-période T à la période propre T_0, on a :

$$T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \implies T^2 = 4\pi^2 LC \quad 2$$



D'après le graphe (Figure 6), la pseudo-période correspond à l'intervalle de temps entre deux crêtes successives : $T = 6$ **ms** $= 6 \cdot 10^{-3}$ **s**.

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} = \frac{(6 \cdot 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 9 \cdot 10^{-6}} = \frac{36 \cdot 10^{-6}}{360 \cdot 10^{-6}}$$

$$L = 0,1 \text{ H}$$

---

3) Variation de l'énergie totale ΔE_T L'énergie totale du circuit est $E_T(t) = E_e(t) + E_m(t) = \frac{1}{2}Cu_C^2(t) + \frac{1}{2}Li^2(t)$.

— **À** $t_1 = 0$ **ms :** D'après le graphe, $u_C(0) = 6$ V (amplitude maximale) et $i(0) = C\frac{du_C}{dt} = 0$.

$$E_T(t_1) = \frac{1}{2} \times 9 \cdot 10^{-6} \times (6)^2 = 1,62 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

— **À** $t_2 = 9$ **ms :** La courbe atteint un minimum (creux). Sur le graphe, à $t = 9$ ms, l'amplitude est de -2 V. La tangente est horizontale, donc $i(9) = 0$.

$$E_T(t_2) = \frac{1}{2} \times 9 \cdot 10^{-6} \times (-2)^2 = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

La variation d'énergie est : $\Delta E_T = E_T(t_2) - E_T(t_1) = 1,8 \cdot 10^{-5} - 16,2 \cdot 10^{-5}$.

$$\Delta E_T = -1,44 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Interprétation : La variation est négative.

Cela correspond à la quantité d'énergie dissipée sous forme de chaleur par effet Joule dans la résistance R du circuit entre 0 et 9 ms.

---

4) Entretien des oscillations

4.1 - Équation différentielle avec le générateur (G) : D'après la loi d'additivité des tensions (circuit série) :

$$u_R + u_L + u_C = u_G \implies R \cdot i + L\frac{di}{dt} + u_C = k \cdot i$$

$$(R-k) \cdot i + L\frac{di}{dt} + u_C = 0$$

Sachant que $i = C\frac{du_C}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$, l'équation devient :

$$L \cdot C\frac{d^2u_C}{dt^2} + (R-k) \cdot C\frac{du_C}{dt} + u_C = 0$$

En divisant par $L \cdot C$: $\boxed{\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R-k}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0}$

4.2 - Valeur de la résistance R : Pour obtenir des oscillations électriques sinusoïdales (non amorties), le terme d'amortissement dans l'équation différentielle doit être nul. Le générateur (G) compense exactement les pertes par effet Joule.

$$\frac{R-k}{L} = 0 \implies R - k = 0 \implies R = k$$

Puisque $k = 100$ (dans le S.I.), on en déduit directement la valeur de la résistance (ce qui confirme le résultat trouvé dans la partie I) : $\boxed{R = 100\,\Omega}$

CORRECTION DE PHYSIQUE : BACC BLANC

Physique 4 : Mouvement d'un corps solide (Frottements fluides et Projectile)

1- Mouvement du centre d'inertie G durant le parcours rectiligne AB

1.1 - Équation différentielle vérifiée par la vitesse $v(t)$

Le système étudié est le solide (S) de masse m. Le bilan des forces extérieures appliquées au solide en mouvement sur le plan incliné est :

— $\vec{P}$: le poids du solide.

— $\vec{R}$: la réaction normale du plan (frottements de contact négligés) 246].

— $\vec{f}$: la force de frottement fluide exercée par l'air, $\vec{f} = -k \cdot v \cdot \vec{i}$[cite : 244].

D'après la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_G$$

Par projection sur l'axe du mouvement $(A, \vec{i})$ dirigé vers le bas :

$$P_x + R_x + f_x = ma_x$$

$$mg\sin\alpha + 0 - kv = m\frac{dv}{dt}$$

En divisant par la masse m, on obtient :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\sin\alpha$$

Par identification avec l'équation de l'énoncé $\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau}v = C$[cite : 247, 248], on déduit les constantes :

$$\tau = \frac{m}{k} \quad \text{et} \quad C = g\sin\alpha$$

1.2 - Exploitation de la courbe d'évolution de la vitesse (Figure 7)

a) Vitesse limite v_L et constante k La vitesse limite correspond à la valeur asymptotique de la vitesse lorsque $t \to \infty$. D'après la courbe de la figure 7 : $v_L = 10\,\textbf{m.s}^{-1}$

En régime permanent, la vitesse est constante ($v = v_L$), donc $\frac{dv}{dt} = 0$. L'équation différentielle devient : $\frac{1}{\tau}v_L = C \implies v_L = \tau \cdot C = \frac{m}{k}g\sin\alpha$. On en déduit l'expression de la constante k :

$$k = \frac{m \cdot g\sin\alpha}{v_L}$$

Application numérique : (Avec $m = 0,1\,\text{kg}$, $g = 10\,\text{m.s}^{-2}$ et $\alpha = 45,57°$ [cite : 231, 237, 241])

$$k = \frac{0,1 \times 10 \times \sin(45,57°)}{10} = \frac{1 \times 0,7141}{10} \implies k \simeq 0,0714\,\textbf{kg.s}^{-1}$$

b) Application de la méthode d'Euler L'équation différentielle numérique s'écrit : $\frac{dv}{dt} = a(t) = 7,141 - 0,714 \cdot v$. Le pas de calcul est $\Delta t = t_1 - t_0 = 0,04 - 0 = 0,04\,\text{s}$[cite : 274].

— **Calcul de l'accélération a_1 :** À l'instant t_1, on a $v_1 = 0,2856\,\text{m.s}^{-1}$

$$a_1 = 7,141 - 0,714 \cdot v_1 = 7,141 - 0,714 \times 0,2856 = 7,141 - 0,2039$$

$$a_1 \simeq 6,937\,\text{m.s}^{-2}$$

— **Calcul de la vitesse v_2 :** La méthode d'Euler permet d'estimer $v_2 = v_1 + a_1 \cdot \Delta t$.

$$v_2 = 0,2856 + 6,937 \times 0,04 = 0,2856 + 0,2775$$

$$v_2 \simeq 0,563\,\text{m.s}^{-1}$$

2- Étude du mouvement durant la phase du saut sans frottements

2.1 - Composantes du vecteur vitesse Durant le saut, le solide (S) n'est soumis qu'à son propre poids $\vec{P}$ (chute libre). D'après la deuxième loi de Newton : $\vec{P} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$. En projetant sur le repère (Ox, Oy)[cite : 281] :

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \implies \text{Par intégration :} \quad \begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{cases}$$

Les constantes sont déterminées par le vecteur vitesse initiale $\vec{V}_0$ formant l'angle α[cite : 280] : $v_{0x} = v_0 \cos\alpha$ et $v_{0y} = v_0 \sin\alpha$. D'où les expressions :

$$\begin{aligned} v_x(t) &= v_0 \cos\alpha \quad \text{et} \\ v_y(t) &= -gt + v_0 \sin\alpha \end{aligned}$$

2.2 - Détermination de v_0 et de l'angle α Le module du vecteur vitesse à un instant t est $v(t) = \sqrt{v_x^2(t) + v_y^2(t)}$.

— **Calcul de v_0 :** À $t = 0$, la courbe de la figure 8 montre que la vitesse est maximale (avant d'atteindre le sommet). On lit directement : $v(0) = v_0 = 10\,\textbf{m.s}^{-1}$ [cite : 284, 286].

— **Détermination de α :** Le module de la vitesse passe par un minimum lorsque la composante verticale s'annule (au sommet de la trajectoire), c'est-à-dire quand $v_y = 0$. À ce moment-là, $v_{min} = \sqrt{v_x^2 + 0} = v_x = v_0 \cos\alpha$. D'après le graphique de la figure 8, on lit $v_{min} = 7\,\textbf{m.s}^{-1}$ [cite : 284, 289]. On a donc : $10\cos\alpha = 7 \implies \cos\alpha = 0,7$.

$\alpha = \arccos(0,7) \implies \alpha \simeq 45,57°$ (On retrouve bien la valeur donnée)

2.3 - Le centre d'inertie G dépasse-t-il le bassin d'eau ? Pour répondre à cette question, on calcule l'abscisse du point d'impact, c'est-à-dire la portée du saut,

lorsque le solide retombe au niveau $y = 0$. Intégrons les composantes de la vitesse pour obtenir les équations horaires (avec $x_0 = 0, y_0 = 0$) :

$$x(t) = (v_0 \cos\alpha)t \quad \Longrightarrow \quad t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$$

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin\alpha)t$$

En remplaçant t, on obtient l'équation de la trajectoire :

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$$

Au point de chute P, l'ordonnée est nulle ($y_P = 0$ et $x_P \neq 0$) :

$$0 = x_P\left(-\frac{g}{2v_0^2 \cos^2\alpha}x_P + \tan\alpha\right) \Longrightarrow x_P = \frac{2v_0^2 \cos^2\alpha \tan\alpha}{g} = \frac{2v_0^2 \sin\alpha\cos\alpha}{g}$$

En utilisant la relation trigonométrique $2\sin\alpha\cos\alpha = \sin(2\alpha)$, on trouve :

$$x_P = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$$

Application numérique :

$$x_P = \frac{10^2 \times \sin(2 \times 45,57^\circ)}{10} = 10 \times \sin(91,14^\circ) \simeq 10 \times 0,9998 = 9,998\,\text{m}$$

Le point de chute se situe à environ $x_P \simeq 10\,$**m**. Le bassin commence à l'origine O ($x = 0$) et a une largeur $L = 11\,$m[cite : 230, 240, 279]. Comme $10\,\text{m} < 11\,\text{m}$, **Non, le solide (S) ne dépasse pas le bassin.** Il tombe directement dans l'eau.

Examen blanc N°2 du Baccalauréat
Année : 2026

Discipline	**Physique Chimie**	**Durée**	**4H**
Série et filière	**Sciences Mathématiques ''A'' et ''B''**	**Coefficient**	**7**

- **La calculatrice scientifique non programmable est autorisée**
- **On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques**

Le sujet comporte cinq exercices

- **Chimie : (7 points)**

  Partie I : Détermination de la teneur en ions hydrogénocarbonate d'une eau minérale
  Partie II : Etude cinétique d'une réaction chimique

- **Physique : (13points)**

  - **Physique 1 : Contrôle de la qualité d'une huile alimentaire commercialisée (2,25pts)**
  - **Physique 2 : Transformations nucléaires naturelles (2,25pts)**
  - **Physique 3 :**
    Partie I : Capteur capacitif et détecteur de pluie (1,25pts)
    Partie II : Etude énergétique des oscillations électriques libres dans le circuit RLC série (2,5pts)
    Partie III : Capteur des ondes électromagnétique type AM(1,75pts)
  - **Physique 4 : Etude du mouvement d'un plongeur (3pts)**

Chimie : (7pts) **Les deux parties I et II sont indépendantes**

Partie I : Détermination de la teneur en ions hydrogénocarbonate d'une eau minérale

Une bouteille d'eau minérale porte les indications suivantes :

Espèces chimiques	Minéralisation en $mg.L^{-1}$ (précision à 5 %)
Sodium Na^+	5
Calcium Ca^{2+}	78
Magnésium Mg^{2+}	24
Hydrogénocarbonate HCO_3^-	357
pH = 7,3	

On désire déterminer par titrage acido-basique, la teneur en ions hydrogénocarbonate contenus dans cette eau minérale et la comparer à l'information portée sur l'étiquette.

Données : à 25°C:

- $pKa_1(CO_{2(aq)},H_2O/HCO_3^-{}_{(aq)}) = 6,4$;
- $pKa_2(HCO_3^-{}_{(aq)}/CO_3^{2-}{}_{(aq)}) = 10,3$;
- $pKe = 10^{-14}$; $pKa_3(HO_3^+{}_{(aq)}/H_2O_{(\ell)}) = 0$
- Masse molaire de HCO_3^-: 61 $g.mol^{-1}$.
- $CO_{2(aq)}$ désigne du dioxyde de carbone dissous dans la solution aqueuse.

Dans les équations ou demi-équations, on écrit $CO_{2(aq)},H_2O$ sous forme $(CO_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)})$.

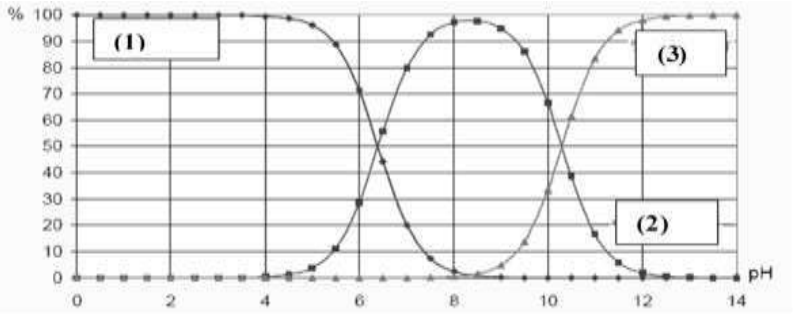
1. L'ion hydrogénocarbonate :

1.1. Ecrire les demi-équations acido-basiques qui sont associées à l'ion hydrogénocarbonate. Comment qualifie-t-on cet ion ?**(0,5pt)**

1.2. Sur un même axe gradué en pH, placer les valeurs des pKa. Préciser les domaines de prédominance des espèces acides et basiques des couples auxquels appartient l'ion hydrogénocarbonate $HCO_3^-{}_{(aq)}$. **(0,5pt)**

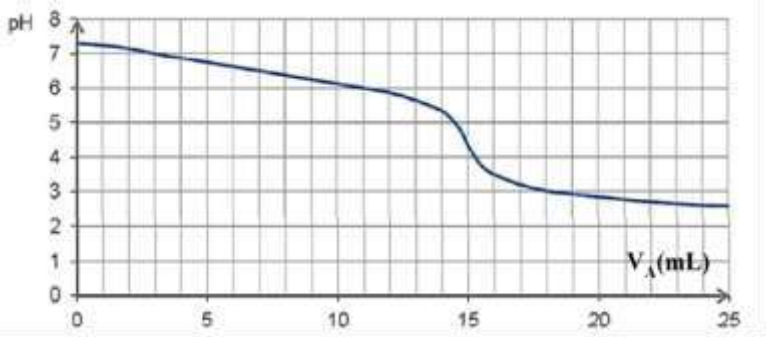
1.3. Pour cette eau étudiée , calculer les rapports $\frac{[CO_{3(aq)}^{2-}]}{[HCO_{3(aq)}^-]}$ et $\frac{[CO_{2(aq)}]}{[HCO_{3(aq)}^-]}$. Les résultats sont-ils en accord avec votre réponse à la question précédente ?**(0,75pt)**

1.4. On donne le diagramme de distribution, en fonction du pH, des différentes espèces chimiques $HCO_3^-{}_{(aq)}$, $CO_3^{2-}{}_{(aq)}$ et $CO_{2(aq)}$. Faire associer, en justifiant, chaque espèce à sa courbe.**(0,5pt)**



2. Dosage pH-métrique de l'eau minérale:

Le titrage a été effectué sur un échantillon prélevé de volume V = 50,0 mL d'eau minérale à étudier. Cet échantillon a été titré par une solution d'acide chlorhydrique $(H_3O^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)})$ de concentration molaire C_A = 0,0200 $mol.L^{-1}$.Le suivi par pH-métrie de ce titrage a permis de tracer la courbe d'évolution du pH en fonction du volume d'acide versé V_A ci-dessous.



2.1. La réaction chimique qui se produit au cours du dosage, s'écrit :

$$HCO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)} \rightarrow CO_{2(aq)} + 2\,H_2O_{(\ell)}$$

Exprimer la constante de réaction K associée à la transformation chimique puis Calculer sa valeur.**(0,5pt)**

2.2. Décrire en trois lignes, la méthode graphique qui permet de repérer le point d'équivalence E. on donne **E**(V_{AE} = 15 mL, pH_E = 4,5).**(0,5pt)**

2.3. Calculer la concentration massique en ions hydrogénocarbonate dans cette eau minérale. La comparer avec l'indication portée sur l'étiquette et conclure. **(0,5pt)**

3. Dosage colorimétrie

3.1. Le dosage des ions hydrogénocarbonate peut être· réalisé par colorimétrie en utilisant un indicateur coloré. Parmi les indicateurs colorés proposés, quel est celui qui est le plus approprié à ce dosage ? Justifier. **(0,25pt)**

Zone de virages de quelques indicateurs colorés

Indicateur coloré	**Forme acide**	**Forme basique**	**Zone de virage**
Bleu de bromophénol	Jaune	Bleu	3,1 - 4,5
Vert de bromocrésol rhodamine	Jaune	Bleu	3,8 - 5,4
Bleu de bromothymol	Jaune	Bleu	6,0 - 7,6
Phénolphtaléine	Incolore	Rose	8,2 - 10,0

3.2. Dans les eaux minérales destinées à l'alimentation, l'alcalinité (synonyme de basicité)est principalement due à la présence d'ions carbonate $CO_3^{2-}{}_{(aq}$ et hydrogénocarbonate $HCO_3^-{}_{(aq)}$.

« Le **TAC** (Titre **A**lcalimétrique **C**omplet), exprimé en degrés français (°f), est la valeur du volume d'acide (exprimée en mL) à une concentration molaire C_A = 0,0200 mol.L^{-1} en ions oxonium $H_3O^+_{(aq)}$ nécessaire pour doser 100,0 mL d'eau en présence de vert de bromocrésol rhodamine. Le niveau guide dans les eaux destinées à la consommation humaine est **de 50 °f ».**

Trouver le TAC de l'eau minérale dosée précédemment en supposant que le volume nécessaire à l'équivalence, en présence de vert de bromocrésol rhodamine, reste inchangé.

Le comparer à la valeur tolérée par le corps humain**50 °f** .**(0,5pt)**

Partie II : Etude cinétique d'une réaction chimique

L'équation chimique associée à la réaction étudiée s'écrit :

$$\mathbf{C_4H_8O_{2\,(aq)} + Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + CH_3CO^-_{2\,(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}}$$

À un instant choisi comme date t = 0, on introduit de l'éthanoate d'éthyle $\mathbf{C_4H_8O_{2\,(aq)}}$ dans un bécher contenant une solution de soude $(\mathbf{Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}})$. On obtient un volume V = 100,0 mL de solution où les concentrations de toutes les espèces chimiques valent $C_0 = 1{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1} = 10 mol.m^{-3}. La température est maintenue égale à 30°C. On plonge dans le mélange la sonde d'un conductimètre qui permet de mesurer à chaque instant la conductivité σ de la solution. Le tableau ci-dessous regroupe quelques valeurs.

t en min	0	5	9	13	20	27	∞
σ *en* $S.m^{-1}$	0,250	0,210	0,192	0,178	0,160	0,148	0,091

$t = \infty$: correspond à un instant de date très grande où la transformation chimique est supposée terminée.

Données : Conductivités molaires ioniques λ en S.m².mol^{-1}

$\lambda_{Na^+} = 5{,}0.10^{-3}$; $\lambda_{HO^-} = 2{,}0.10^{-2}$ et $\lambda_{CH_3CO_2^-} = \lambda_{A^-} = 4{,}1.10^{-3}$

1. Copier et compléter le tableau d'avancement ci-dessous. **(0,5pt)**

Réaction		$\mathbf{C_4H_8O_{2\,(aq)} + Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + CH_3CO^-_{2\,(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}}$					
Instant	Avancement						
0	0	$C_0.V$	$C_0.V$	$C_0.V$	$C_0.V$		
t	X						
∞	X_m						

2. Montrer que la conductivité de la solution à l'instant t = 0 et au bout d'une durée très grande, sont :

$\sigma_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}).C_0$ et $\sigma_\infty = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{A^-}).C_0$ **(0,5pt)**

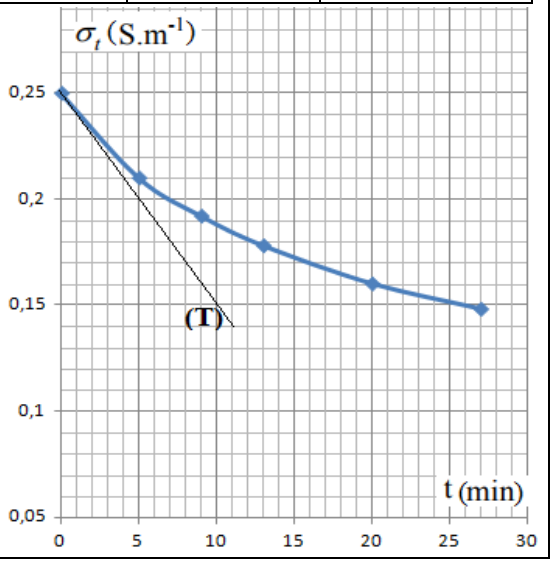
3. Montrer que l'avancement x(t) peut être exprimé par :

$$X(t) = C_0.V.\frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0 - \sigma_\infty}$$ **(0,5pt)**

4. Le graphe ci-contre représente l'évolution de la conductivité σ_t en fonction du temps. (T) est la tangente à la courbe à t=0.

4.1. Calculer en mol.m^{-3}.s^{-1}, la vitesse volumique initiale et finale de la réaction. **(0,5pt)**

4.2. Calculer la valeur de $\sigma_{1/2}$ et trouver la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. **(0,5pt)**



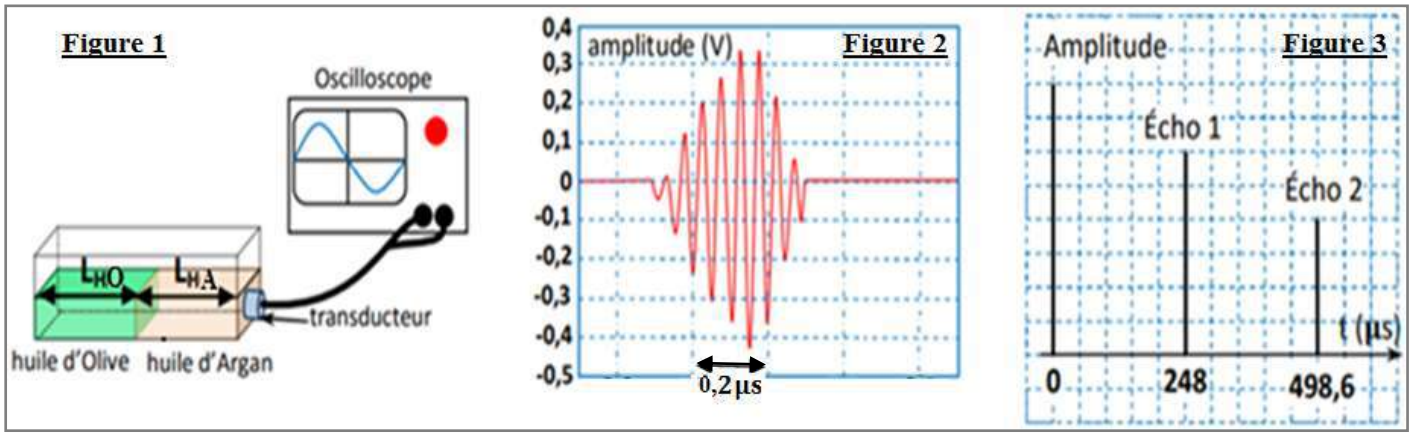
Physique 1 : (2,25pts) **Contrôle de la qualité d'une huile alimentaire commercialisée**

L'une des techniques utilisées pour combattre les fraudes dans le domaine agro-alimentaire, est la technique des ultrasons. Cet exercice a pour but de déterminer les célérités des ondes ultrasonores dans deux huiles naturelles, puis de savoir si une huile commercialisée est de bonne qualité ou mélangée avec une huile de table.

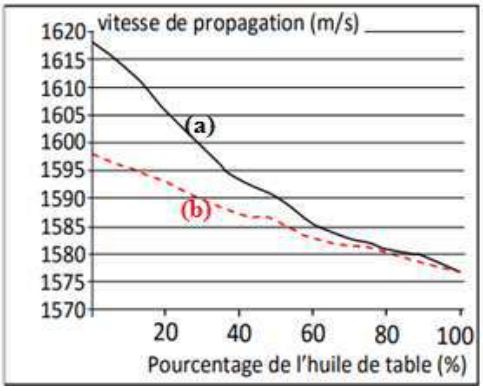
Pour déterminer les célérités des ondes ultrasonores dans l'huile d'Argan et dans l'huile d'Olive, on réalise le montage ci-dessous. Le transducteur émet un train d'onde ultrasonore et reçoit les échos chaque fois qu'il y a passage d'un milieu à un autre différent.

La figure 1 montre le schéma du montage .Les courbes ci-dessous représentent la salve émise (figure 2) et les pics obtenus, après traitement des données (figure 3).

On donne : $L_{HA} = L_{HO} = 0{,}200$ m.



1. Quelles sont les différences entre ondes sonores et les ondes ultrasonores ? Quelle est la fréquence minimale des ultrasons ? **(0,25pt)**
2. Vérifier que la fréquence de l'onde ultrasonore utilisée est : f = 20 MHz. **(0,25pt)**
3. Déterminer V_{HA} et V_{HO}, les célérités respectives de l'onde dans l'huile d'Argan et l'huile d'Olive.**(0,5pt)**
4. Les deux courbes ci-contre représentent les variations des célérités des ultrasons dans les deux huiles en fonction du pourcentage massique de l'huile de table que contient chacune d'elle.



Laquelle des deux courbes est celle de l'huile d'olive ? Justifier.**(0,25pt)**

5. Lors d'un contrôle de qualité d'une huile commercialisée en tant qu'une huile d'Olive, un technicien a pu déterminer la célérité de l'onde ultrasonore dans cette huile.
   Cette célérité vaut $V_{hc} = 1590$ m/s.
   5.1. Cette huile est-elle une huile pure ? Justifier **(0,25pt)**
   5.2. Calculer le volume de l'huile de table que contient un litre d'huile contrôlée. **(0,75pt)**

Données : - Masse volumique de l'huile commercialisée : $\rho_{hc} = 0$,885 g/mL;
- Masse volumique de l'huile de table : $\rho_{hT} = 0{,}895$ g/mL.

Physique 2 : (2,25pts) **Transformations nucléaires naturelles**

À l'état naturel, l'élément uranium comporte principalement les isotopes $^{238}_{92}U$ *et* $^{235}_{92}U$ *avec une abondance isotopique moyenne respectives 99,3% et 0,7%.*

L'isotope $^{238}_{92}U$ *est très peu radioactif. Il conduit à la formation du nucléide de plomb stable* $^{206}_{82}Pb$ *suit à une série de désintégrations successives.*

L'isotope $^{235}_{92}U$ *lui aussi radioactif représente le seul noyau fissile existant à l'état naturel .Il sert de combustible pour les réacteurs et d'explosif pour l'arme atomique.*

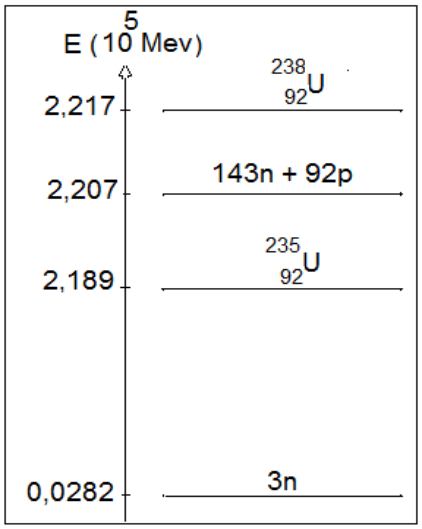
Des analyses effectuées, à un instant de date t, sur plusieurs échantillons pris de différents endroits d'une mine d'uranium à la région d'Oklo au Gabon ont données les résultats suivants :

- La mesure -**a**- : le rapport du nombre de noyaux de plomb -206 sur le nombre de noyaux d'uranium -238 est : $\frac{N_t(^{206}_{82}Pb)}{N_t(^{238}_{92}U)} = 0,35$.
- La mesure -**b**- : l'abondance isotopique de l'uranium-235 dans quelques endroits de cette mine est très inférieur à la valeur moyenne 0,7% .

1. L'exploitation de la mesure -a- :

Suite à une série de désintégrations spontanées et successives de type α et β^- , le noyau d'uranium 238 se transforme au noyau de plomb 206 selon l'équation suivante :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\,\alpha + y\,\beta^- \quad .$$



On donne : - la période radioactive de l'uranium -238 : $t_{1/2} = 4,5.10^9 ans$

1.1. Déterminer les valeurs de x et celle de y. **(0,5pt)**

1.2. En s'aidant du diagramme d'énergie ci-contre, calculer l'énergie de liaison par nucléon des deux isotopes $^{238}_{92}U$ et $^{235}_{92}U$. Comparer leurs stabilités.**(0,5pt)**

1.3. On considère qu'au moment de sa formation cette mine ne contient pas de plomb. Calculer l'âge **t** du mine d'uranium.**(0,5pt)**

2. L'interprétation du résultat de la mesure -b- :

Le résultat de la mesure –b- est interprété par une fission nucléaire naturelle identique à celle qui se produit par induction dans les réacteurs nucléaires.

Cette fission naturelle est modélisée par l'équation suivante :

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{154}_{62}Sm + {}^{79}_{30}Zn + 3\,{}^{1}_{0}n$$

On donne :

$m(^{154}_{62}Sm) = 153,88819u$; $m(^{235}_{92}U) = 234,99346u$; $m(n) = 1,0086u$; $m(^{79}_{30}Zn) = 78,9262u$

$1MeV = 1,6.10^{-13}J$; $1u = 931,5MeV.C^{-2}$; $1u = 1,66.10^{-27}Kg$

2.1. Calculer l'énergie nucléaire libérée par la fission d'un noyau d'uranium235.**(0,25pt)**

2.2. Si on considère que l'énergie nucléaire produite se transforme intégralement en énergie thermique avec une puissance moyenne $P = 100kW$. Calculer la masse d'uranium-235 consommée par cette réaction en une année.**(0,5pt)**

Physique 3 : (5,5pts) Les trois parties I, II et III sont indépendantes

Les capteurs conviennent à de vastes domaines d'application comme les Capteurs de pluie montés sur un pare-brise des voitures pour le déclenchement automatique des essuie-glaces. Ce dispositif est équivalent à un circuit comportant deux condensateurs de capacités, C_1 en présence d'eau et C_2 en condition sèche.

Un tel capteur présente une bonne sensibilité à l'eau dès une très faible épaisseur. Une goutte d'eau, déposée au centre du capteur, provoque une sensibilité supérieure à 12 %. La sensibilité (en %) du capteur de pluie est définie comme :

$$S = \frac{C_2}{C_1} \times 100$$

On réalise le circuit de la **fig. -1-** qui comprend une bobine d'inductance L = 0,1 mH et de résistance r, et un générateur idéal de courant constant d'intensité $I_0 = 200$ mA connecté en série à une résistance de protection R_P et aux deux condensateurs (C_1) et (C_2) branchés en parallèle. Le circuit est muni de de deux interrupteurs K_1et K_2. **On donne :** $C_1 = 6{,}5$ nF.

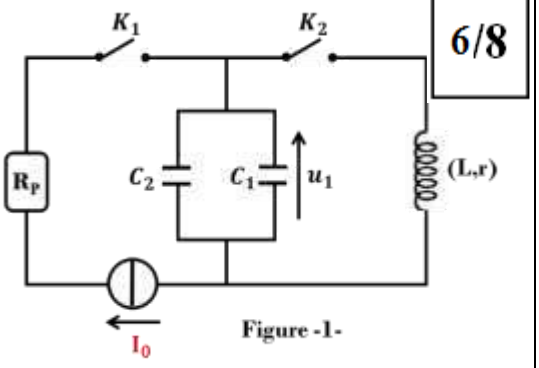


Figure -1-

<u>Partie I :</u> Capteur capacitif et détecteur de pluie

On ferme l'interrupteurK_1 (K_2 ouvert) à l'instant t=0s. la courbe de la **fig. -2-** montre les variations de la tension$u_1 = f(t)$.

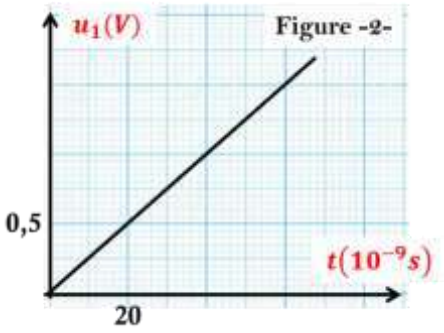


Figure -2-

1. Quel est l'intérêt pratique de brancher les deux condensateurs en parallèle ? **(0,25 pt)**
2. Montrer que la tension u_1 aux bornes de condensateur (C_1) peut s'exprimer sous la forme : $u_1 = \frac{I_0}{C_{eq}}.t$? Donner l'expression de C_{eq} en fonction de C_1 et C_2? **(0,5 pt)**
3. En déduire de la courbe $u_1 = f(t)$ de la **fig. -2-**, la valeur de la capacité C_2 ? Déduire si l'eau de pluie provoquera-t-il le déclenchement automatique des essuie-glaces? **(0,5 pt)**

<u>Partie II :</u> Etude énergétique des oscillations électriques libres dans le circuit RLC série

Lorsque la tension u_1 prend la valeur maximale U_m, on ouvre K_1 et on ferme K_2 à un instant pris comme nouvelle origine de temps (t=0s).Un système informatisé d'acquisition de données permet de relever l'évolution du courant circulant dans le circuit en fonction de temps (**Fig. -3-**).La droite (T) représente la tangente à la courbe $i = f(t)$ à t=0s. On posera $\beta = \frac{R_T}{2L}$ et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{eq}}}$ avec R_T est la résistance totale du circuit.

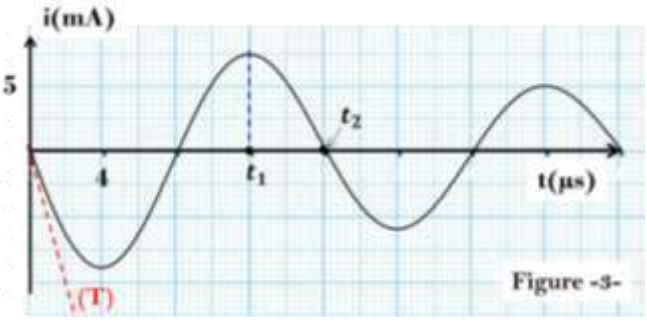


Figure -3-

2.1 Etablir, en fonction de β et ω_0, l'équation différentielle vérifie par le courant i(t) ? **(0,5 pt)**

2.2 Montrer que $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{U_m}{L}$à l'instant t=0s ? **(0,5 pt)**

2.3 En déduire l'énergie maximale qui peut emmagasiner dans le condensateur (C_1) ? **(0,5 pt)**

2.4 On donne $E_1 = e^{2\beta(t_2-t_1)}$avec E_1 et E_2 sont respectivement les énergies totales du circuit aux instants $t_1$et t_2.

2.4.1 Entre les instants t_1 t t_2, le condensateur (C_1) se charge-t-il ou se décharge-t-il ? justifier la réponse ? **(0,25 pt)**

2.4.2 Sachant que $E_2 = 2{,}0.10^{-9}J$, trouver la valeur de r ? **(0,75 pt)**

<u>Partie III :</u> Capteur des ondes électromagnétique type AM

A la réception, un capteur détecte, par voie hertzienne, un signal modulé en amplitude AM à la fréquence$F_p$sous la forme d'une tension électrique s'écrit :

$$u_S(t) = 12K[1.m.\cos(8.10^3\pi t)]\cos(2\pi F_p t)$$

Avec k>0 et m est le taux de modulation d'amplitude. On donne U_{max} et U_{min} respectivement, l'amplitude maximale et minimale du signal $u_s(t)$.A l'aide d'un oscilloscope on obtient l'enregistrement ci-dessous (**Fig. -4-**) représentant les variations de $u_s(t)$ en fonction de temps.

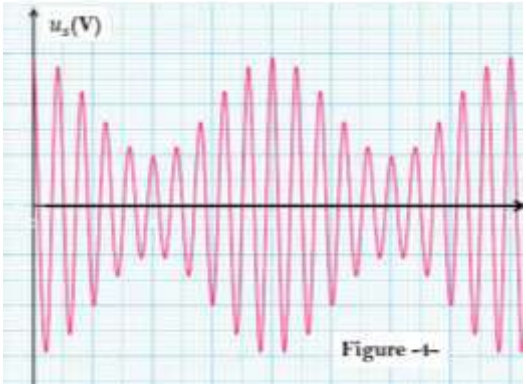


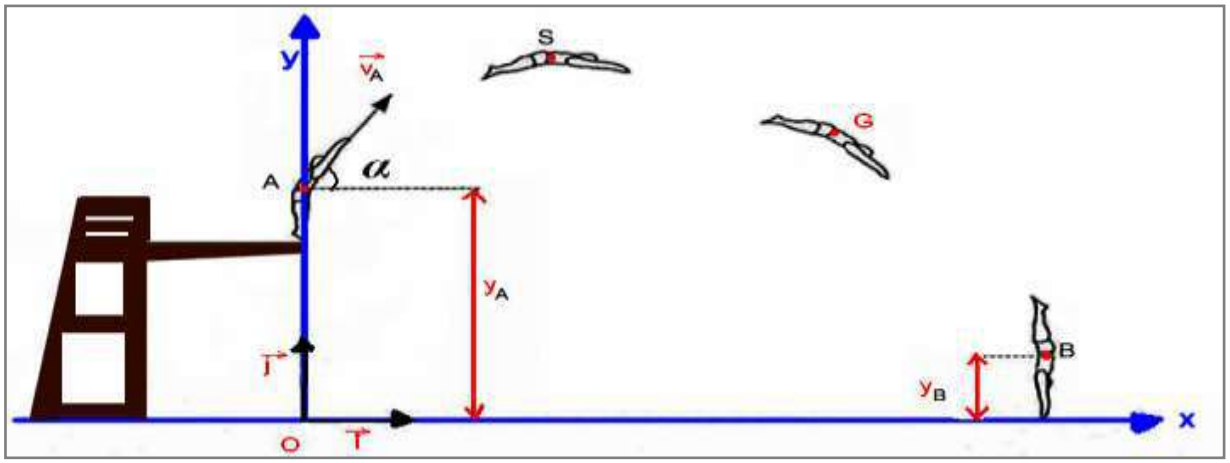
Figure -4-

3.1 Déterminer, en kHz, la valeur de la fréquence F_p détectée par ce capteur ? **(0,5 pt)**
3.2 Exprimer U_{max} puis U_{min} en fonction de k et m ? **(0,5 pt)**
3.3 En déduire la valeur de m et de k ? **(0,5 pt)**
3.4 La qualité de modulation est-elle bonne ou mauvaise ? Justifier la réponse ? **(0,25 pt)**

Physique 4 : (3pts) Etude du mouvement d'un plongeur

La plongée sous-marine est l'un des sports importants du corps humain, et c'est l'un des sports olympiques qui nécessite la maîtrise d'un grand effort physique et des connaissances théoriques. Dans un premier temps, nous proposons dans cet exercice d'étudier le mouvement du centre d'inertie G d'un plongeur de masse m lors de son saut. Dans un deuxième temps, son mouvement dans l'eau.

Nous étudions le mouvement du centre d'inertie G du plongeur dans le repère $(o; \vec{i}; \vec{j})$ représenté sur la figure Ci-dessous où l'axe OX est situé à la surface de l'eau. Nous considérons le référentiel lié à la terre Galiléen.



Les parties I et II sont indépendantes

Partie I: **saut en plongée**

Dans cette partie, nous négligeons toutes les actions de l'air.
À un moment que nous considérons comme origine des dates t=0s, le centre d'inertie G du plongeur part du point A, qui est à une hauteur h de la surface de l'eau, avec une vitesse initiale $\vec{V}_A$ qui fait un l'angle α avec le plan horizontal passant par A; Voir figure 1.

On prend : $\alpha = 80^o$; $y_A = 4{,}0m$; $g = 9{,}8m.s^{-2}$.

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation de la trajectoire du centre d'inertie G du plongeur s'écrit sous la forme:

$$y = \frac{-1}{2}.\frac{g}{v_A^2.\cos^2\alpha}.x^2 + x.\tan\alpha + y_A \qquad \textbf{(0,5pt)}$$

2. Le point S représente le sommet de la trajectoire dont l'abscisse est $x_s = 28cm$.
   Montrer que V_A = 4m. s^{-1}. **(0,5pt)**
3. Les mains du plongeur atteignent la surface de l'eau à l'instant t_B où L'ordonné de son centre d'inertie G est $y_B = 1m$. Calculer la vitesse V_B du centre G à l'instant t_B et la valeur de l'angle β que forme le vecteur vitesse $\vec{V}_B$ avec l'axe OX. **(0,5pt)**

<u>Partie II</u>: le mouvement du plongeur dans l'eau.

Nous considérons le mouvement du centre d'inertie G du plongeur dans l'eau verticale, et l'origine les dates (t=0s) l'instant où G atteint la surface de l'eau.

En se déplaçant dans l'eau, le plongeur subit à une force de frottement fluide $\vec{f}$, qui a la même direction que le vecteur vitesse $\vec{V}_G$ du centre d'inertie G du plongeur et le sens opposé à celui de $\vec{V}_G$ et d'intensité $f = k.v_G^2$ où k est une constante.

On donne:

- Le volume du plongeur : $V = 6,5.10^{-2}\,m^3$.
- La masse du plongeur : $m = 70kg$.
- La masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00\times10^3\,kg.m^{-3}$.
- $g = 9,8m.s^{-2}$ ؛ $k = 150kg.m^{-1}$

1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la composante V_G du vecteur vitesse du centre d'inertie G du plongeur s'écrit :

$$\frac{dv_G}{dt} - \frac{k}{m}.v_G^2 + g.\left(1 - \frac{\rho.V}{m}\right) = 0 \quad \textbf{(0,5pt)}$$

2. Déterminer la valeur de la vitesse limite V_ℓ du mouvement**.** **(0,25pt)**

3. En utilisant la méthode d'Euler, compléter le tableau suivant : **(0,75pt)**

$t(s)$	$v_G(m.s^{-1})$	$a_G(m.s^{-2})$
$t_n = 1,44\times10^{-1}$	$v_G(t_n) = -2,21$	$a_G(t_n) = ...$
$t_{n+1} = 1,56\times10^{-1}$	$v_G(t_{n+1}) = ...$	$a_G(t_{n+1}) = ...$

<u>Fin :</u>

CHIMIE (7 points)

Détermination de la teneur en ions d'une eau minérale & Étude cinétique

Partie I : Détermination de la teneur en ions hydrogénocarbonate

1. L'ion hydrogénocarbonate

1.1. Demi-équations acido-basiques : Pour le couple $CO_{2(aq)}, H_2O/HCO^-_{3(aq)}$:

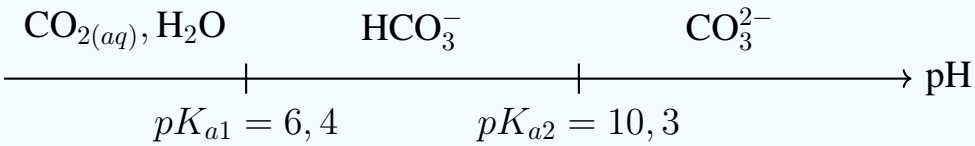
$$CO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO^-_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

Pour le couple $HCO^-_{3(aq)}/CO^{2-}_{3(aq)}$:

$$HCO^-_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CO^{2-}_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

Qualification : L'ion hydrogénocarbonate HCO^-_3 est capable de jouer le rôle d'un acide (dans le 2ème couple) et d'une base (dans le 1er couple). C'est une espèce amphotère (ou un **ampholyte**).

1.2. Axe gradué et domaines de prédominance :



1.3. Calcul des rapports pour pH = 7,3 : On utilise la relation : $pH = pK_a + \log\left(\frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]}\right)$

$$\frac{[CO^{2-}_3]}{[HCO^-_3]} = 10^{pH-pK_{a2}} = 10^{7,3-10,3} = 10^{-3} = 0,001$$

$$\frac{[CO_{2(aq)}]}{[HCO^-_3]} = 10^{pK_{a1}-pH} = 10^{6,4-7,3} = 10^{-0,9} \simeq 0,126$$

Conclusion : Ces deux rapports sont largement inférieurs à 1. Cela confirme qu'à pH = 7,3, l'ion HCO^-_3 est l'espèce largement majoritaire, ce qui est **en accord** avec l'axe de prédominance établi à la question précédente (le pH 7,3 se trouvant entre 6,4 et 10,3).

1.4. Association des espèces au diagramme :

- **Courbe (1)** : Prédomine aux pH très acides ($pH < 6,4$). C'est l'acide du premier couple : $\mathbf{CO_{2(aq)}}$.
- **Courbe (2)** : Prédomine à pH intermédiaire ($6,4 < pH < 10,3$). C'est l'espèce amphotère : $\mathbf{HCO^-_{3(aq)}}$.

— **Courbe (3)** : Prédomine aux pH très basiques ($pH > 10,3$). C'est la base du deuxième couple : $\mathbf{CO_{3(aq)}^{2-}}$.

---

2. Dosage pH-métrique de l'eau minérale

2.1. Constante de réaction K : L'équation du dosage est : $HCO_{3(aq)}^{-} + H_3O_{(aq)}^{+} \rightarrow CO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

$$K = \frac{[CO_{2(aq)}]}{[HCO_3^-][H_3O^+]}$$

En multipliant le numérateur et le dénominateur par $[H_2O]$ (qui est une constante intégrée par convention valant 1 dans l'expression de K_a), on reconnait l'inverse de la constante d'acidité K_{a1} :

$$K = \frac{1}{K_{a1}} = 10^{pK_{a1}} = 10^{6,4}$$

$K \simeq 2,51 \cdot 10^6$ La valeur de K est très supérieure à 10^4, la réaction peut donc être considérée comme **totale**.

2.2. Méthode graphique (tangentes) : Pour repérer l'équivalence E sur la courbe, on trace deux droites tangentes à la courbe qui sont parallèles entre elles, de part et d'autre du saut de pH. On trace ensuite une troisième droite parallèle aux deux premières et équidistante de celles-ci. L'intersection de cette troisième droite avec la courbe de dosage nous donne le point d'équivalence E.

2.3. Concentration massique et conclusion : À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stchiométriques :

$$n_i(HCO_3^-) = n_E(H_3O^+) \implies C_B \cdot V = C_A \cdot V_{AE}$$

La concentration molaire C_B en ions hydrogénocarbonate est :

$$C_B = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V} = \frac{0,0200 \times 15}{50,0} = 0,006\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La concentration massique C_m est donc :

$$C_m = C_B \cdot M(HCO_3^-) = 0,006 \times 61 = 0,366\,\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_m = 366\,\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ **Conclusion :** L'indication sur l'étiquette est de $357\,\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ avec une précision de 5%, soit un intervalle toléré de

$[339,15\,;\,374,85]$ mg·L^{-1}. Notre résultat expérimental (366 mg·L^{-1}) appartient bien à cet intervalle. L'indication de l'étiquette est donc correcte.

---

3. Dosage colorimétrique

3.1. Choix de l'indicateur coloré : Le pH à l'équivalence est de $pH_E = 4,5$. Un indicateur coloré est approprié si sa zone de virage encadre la valeur du pH à l'équivalence. Le **Vert de bromocrésol rhodamine** possède une zone de virage de $[3,8-5,4]$ qui contient bien $4,5$. C'est l'indicateur le plus approprié.

3.2. Calcul du TAC : D'après la définition, le TAC est le volume d'acide (en mL) de concentration $C_A = 0,0200$ mol · L^{-1} nécessaire pour doser un échantillon de **100,0 mL** d'eau minérale. Précédemment, pour $V = 50,0$ mL, le volume équivalent était de $V_{AE} = 15$ mL. Puisque le volume de l'échantillon est doublé ($100,0$ mL), le volume versé à l'équivalence le sera également (proportionnalité) :

$$V'_{AE} = 2 \times 15 = 30\,\text{mL}$$

Ainsi, la valeur du TAC est de **30**°f. **Conclusion :** Le TAC de cette eau est de 30°f, ce qui est bien inférieur au niveau guide pour la consommation humaine (50°f). L'eau est donc propre à la consommation selon ce critère.

Partie II : Étude cinétique d'une réaction chimique

1. Tableau d'avancement :

Réaction		$C_4H_8O_{2(aq)} + Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + CH_3CO^-_{2(aq)} + C_2H_5O$					
Instant	**Avancement**	Quantités de matière (mol)					
0	0	C_0V	C_0V	C_0V	C_0V	0	0
t	x	$C_0V - x$	C_0V	$C_0V - x$	C_0V	x	x
∞	x_m	$C_0V - x_m$	C_0V	$C_0V - x_m$	C_0V	x_m	x_m

Note : Les ions Na^+ sont spectateurs, leur quantité de matière reste constante égale à C_0V à tout instant.

2. Conductivité de la solution : À l'instant $t = 0$, les seules espèces ioniques présentes sont Na^+ et HO^-, avec $[Na^+] = [HO^-] = C_0$.

$$\sigma_0 = \lambda_{Na^+}[Na^+]_0 + \lambda_{HO^-}[HO^-]_0 = \lambda_{Na^+}C_0 + \lambda_{HO^-}C_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}) \cdot C_0$$

À la fin de la réaction ($t \rightarrow \infty$), si l'on suppose la réaction totale ($x_m = C_0V$), l'ion HO^- a totalement disparu. Les ions en solution sont Na^+ (spectateur, $[Na^+] = C_0$) et $CH_3CO_2^-$ (noté A^-, produit avec $[A^-] = \frac{x_m}{V} = C_0$).

$$\sigma_\infty = \lambda_{Na^+}[Na^+]_\infty + \lambda_{A^-}[A^-]_\infty = \lambda_{Na^+}C_0 + \lambda_{A^-}C_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{A^-}) \cdot C_0$$

3. Expression de l'avancement $x(t)$: À un instant t, les ions présents sont Na^+, HO^- et A^- ($CH_3CO_2^-$) avec les concentrations : $[Na^+] = C_0$, $[HO^-] = \frac{C_0V-x}{V} = C_0 - \frac{x}{V}$, $[A^-] = \frac{x}{V}$ L'expression de la conductivité est :

$$\sigma_t = \lambda_{Na^+}C_0 + \lambda_{HO^-}\left(C_0 - \frac{x}{V}\right) + \lambda_{A^-}\left(\frac{x}{V}\right)$$

$$\sigma_t = \underbrace{(\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})C_0}_{\sigma_0} - \lambda_{HO^-}\frac{x}{V} + \lambda_{A^-}\frac{x}{V}$$

$$\sigma_t - \sigma_0 = \frac{x}{V}(\lambda_{A^-} - \lambda_{HO^-}) \quad \text{(Équation 1)}$$

D'autre part, en utilisant les expressions de σ_0 et σ_∞ :

$$\sigma_\infty - \sigma_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{A^-})C_0 - (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})C_0 = (\lambda_{A^-} - \lambda_{HO^-})C_0$$

On en déduit : $\lambda_{A^-} - \lambda_{HO^-} = \frac{\sigma_\infty - \sigma_0}{C_0}$. En remplaçant dans l'Équation 1 :

$$\sigma_t - \sigma_0 = \frac{x}{V}\left(\frac{\sigma_\infty - \sigma_0}{C_0}\right) \implies \frac{x}{C_0V} = \frac{\sigma_t - \sigma_0}{\sigma_\infty - \sigma_0} = \frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0 - \sigma_\infty}$$

$$x(t) = C_0 \cdot V \cdot \frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0 - \sigma_\infty}$$

4. Exploitation du graphe

4.1. Vitesse volumique de la réaction : La vitesse volumique est définie par $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$. D'après l'expression de $x(t)$, on a en dérivant par rapport au temps :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{-C_0 \cdot V}{\sigma_0 - \sigma_\infty} \cdot \frac{d\sigma_t}{dt} \implies v = \frac{-C_0}{\sigma_0 - \sigma_\infty} \cdot \frac{d\sigma_t}{dt}$$

Vitesse initiale à $t = 0$: Le terme $\frac{d\sigma_t}{dt}$ correspond au coefficient directeur de la tangente (T) à $t = 0$. On choisit deux points sur la tangente (T) : $(0\,;\,0,25)$ et $(10\,;\,0,15)$.

$$\frac{d\sigma_t}{dt} = \frac{0,15 - 0,25}{(10-0) \times 60} = \frac{-0,10}{600} \simeq -1,67 \cdot 10^{-4}\,\text{S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

(On convertit les minutes en secondes pour l'unité demandée).

$$v(0) = \frac{-10}{0,250 - 0,091} \times \left(-1,67 \cdot 10^{-4}\right) = \frac{10}{0,159} \times 1,67 \cdot 10^{-4}$$

$$v(0) \simeq 1,05 \cdot 10^{-2}\,\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

Vitesse finale ($t \to \infty$) : La courbe tend vers une asymptote horizontale, donc $\frac{d\sigma_t}{dt} = 0$.

$$v(\infty) = 0\,\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

4.2. Valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$: Par définition, au temps de demi-réaction, l'avancement est $x(t_{1/2}) = \frac{x_m}{2} = \frac{C_0V}{2}$. En remplaçant dans la formule démontrée à la question 3 :

$$\frac{C_0V}{2} = C_0V\frac{\sigma_0 - \sigma_{1/2}}{\sigma_0 - \sigma_\infty} \implies \frac{1}{2} = \frac{\sigma_0 - \sigma_{1/2}}{\sigma_0 - \sigma_\infty}$$

$$\sigma_{1/2} = \sigma_0 - \frac{\sigma_0 - \sigma_\infty}{2} = \frac{\sigma_0 + \sigma_\infty}{2}$$

$$\sigma_{1/2} = \frac{0,250 + 0,091}{2} = 0,1705\,\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$$

En se reportant sur le graphe (ou à l'aide des valeurs du tableau : $0,178$ à 13 min et $0,160$ à 20 min), l'abscisse correspondant à la valeur $\sigma \approx 0,171\,\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ sur la courbe nous donne graphiquement : $t_{1/2} \approx 15\,\text{min}$

PHYSIQUE 1 : (2,25pts)

Contrôle de la qualité d'une huile alimentaire commercialisée

Technique des ultrasons

1. Différences entre ondes sonores et ultrasonores : Les ondes sonores sont perceptibles par l'oreille humaine (fréquences comprises entre $20\,\text{Hz}$ et $20\,\text{kHz}$), tandis que les ondes ultrasonores sont inaudibles car leurs fréquences sont trop élevées pour l'être humain. La fréquence minimale des ultrasons est donc : $f_{\text{min}} = 20\,\text{kHz}$

2. Vérification de la fréquence : D'après la figure 2, la durée de la salve montre que 4 périodes correspondent à une durée de $\Delta t = 0,2\,\mu\text{s}$.

$$4T = 0,2\,\mu\text{s} \implies T = \frac{0,2}{4} = 0,05\,\mu\text{s} = 0,05\cdot10^{-6}\,\text{s}$$

La fréquence est l'inverse de la période : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,05\cdot10^{-6}}$

$f = 20\cdot10^6\,\text{Hz} = 20\,\text{MHz}$

3. Célérités V_{HA} et V_{HO} : D'après la figure 3 :

— **Écho 1 :** Correspond à la réflexion sur la surface de séparation (Huile d'Argan/Huile d'Olive). L'onde a parcouru un aller-retour dans l'huile

d'Argan en une durée $t_1 = 248\,\mu$s. La distance parcourue est $d_1 = 2L_{HA} = 2 \times 0,200 = 0,400$ m.

$$V_{HA} = \frac{2L_{HA}}{t_1} = \frac{0,400}{248 \cdot 10^{-6}} \implies V_{HA} \simeq 1612,9 \textbf{ m/s}$$

— **Écho 2 :** Correspond à la réflexion sur le fond du récipient. La durée passée uniquement dans l'huile d'olive pour un aller-retour est $\Delta t = t_2 - t_1 = 498,6 - 248 = 250,6\,\mu$s. La distance parcourue dans l'huile d'olive est $d_2 = 2L_{HO} = 0,400$ m.

$$V_{HO} = \frac{2L_{HO}}{t_2 - t_1} = \frac{0,400}{250,6 \cdot 10^{-6}} \implies V_{HO} \simeq 1596,2 \textbf{ m/s}$$

4. Identification de la courbe de l'huile d'olive : Sur le graphique, à 0% d'huile de table (ce qui correspond à l'huile pure) : - La courbe (a) commence à environ 1615 m/s, ce qui correspond à V_{HA}. - La courbe (b) commence à environ 1598 m/s, ce qui est très proche de la valeur V_{HO} calculée. La courbe correspondant à l'huile d'olive est donc la **courbe (b)**.

5. Contrôle de qualité de l'huile commercialisée ($V_{hc} = 1590$ m/s) :
5.1. À 0% de pourcentage d'huile de table, la vitesse dans l'huile d'olive pure est d'environ 1596 m/s. Comme $V_{hc} = 1590$ m/s $\neq 1596$ m/s, on en déduit que **cette huile n'est pas pure**.
5.2. Calcul du volume d'huile de table dans un litre : D'après la courbe (b), une célérité de $V_{hc} = 1590$ m/s correspond à un **pourcentage massique de** 40% d'huile de table. Soit m_{hc} la masse de 1 L (1000 mL) d'huile commercialisée :

$$m_{hc} = \rho_{hc} \cdot V = 0,885 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL} = 885 \text{ g}$$

La masse d'huile de table m_T contenue dans cet échantillon est :

$$m_T = 40\% \times m_{hc} = 0,40 \times 885 = 354 \text{ g}$$

Le volume V_T d'huile de table correspondant est :

$$V_T = \frac{m_T}{\rho_{hT}} = \frac{354}{0,895}$$

$$V_T \simeq 395,5 \text{ mL}$$

PHYSIQUE 2 : (2,25pts)

Transformations nucléaires naturelles

1. L'exploitation de la mesure -a-

1.1. Détermination de x et y : Équation de désintégration : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + x\,^{4}_{2}\text{He} + y\,^{0}_{-1}\text{e}$ D'après les lois de Soddy :

- Conservation du nombre de masse (A) : $238 = 206 + 4x \implies 4x = 32 \implies \mathbf{x = 8}$
- Conservation du nombre de charge (Z) : $92 = 82 + 2x - y \implies 92 = 82 + 16 - y \implies \mathbf{y = 6}$

1.2. Énergie de liaison et stabilité : D'après le diagramme d'énergie (valeurs d'énergie de masse $E = mc^2$ en 10^5 MeV) :

- Pour ^{235}U : $E(^{235}\text{U}) = 2,189 \cdot 10^5$ MeV et $E(143\text{n} + 92\text{p}) = 2,207 \cdot 10^5$ MeV.

$$E_l(^{235}\text{U}) = E(143\text{n}+92\text{p}) - E(^{235}\text{U}) = (2,207-2,189)\cdot 10^5 = 1800\,\text{MeV}$$

$$\xi(^{235}\text{U}) = \frac{1800}{235} \simeq 7,66\,\text{MeV/nucléon}$$

- Pour ^{238}U : Il nous faut l'énergie des nucléons séparés ($146\text{n} + 92\text{p}$). Le diagramme donne $E(3\text{n}) = 0,0282 \cdot 10^5$ MeV.

$$E(146\text{n}+92\text{p}) = E(143\text{n}+92\text{p}) + E(3\text{n}) = (2,207+0,0282)\cdot 10^5 = 2,2352\cdot 10^5\,\text{MeV}$$

$$E_l(^{238}\text{U}) = E(146\text{n}+92\text{p}) - E(^{238}\text{U}) = (2,2352-2,217)\cdot 10^5 = 1820\,\text{MeV}$$

$$\xi(^{238}\text{U}) = \frac{1820}{238} \simeq 7,65\,\text{MeV/nucléon}$$

Comparaison : Puisque $\xi(^{235}\text{U}) > \xi(^{238}\text{U})$, le noyau ^{235}**U est plus stable** que le noyau ^{238}U.

1.3. Calcul de l'âge t de la mine : D'après la loi de décroissance : $N_t(^{238}\text{U}) = N_0(^{238}\text{U})e^{-\lambda t}$. Puisqu'il n'y avait pas de plomb au départ : $N_t(^{206}\text{Pb}) = N_0(^{238}\text{U}) - N_t(^{238}\text{U})$. On forme le rapport :

$$\frac{N_t(^{206}\text{Pb})}{N_t(^{238}\text{U})} = \frac{N_0(^{238}\text{U}) - N_t(^{238}\text{U})}{N_t(^{238}\text{U})} = e^{\lambda t} - 1 = 0,35$$

$$e^{\lambda t} = 1,35 \implies \lambda t = \ln(1,35) \implies t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln(1,35)$$

$$t = \frac{4,5 \cdot 10^9}{0,693} \cdot 0,3001$$

$$t \simeq 1,95 \cdot 10^9 \text{ ans}$$

2. L'interprétation du résultat de la mesure -b-

2.1. Énergie nucléaire libérée : Équation : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{154}_{62}\text{Sm} + {}^{79}_{30}\text{Zn} + 3{}^{1}_{0}\text{n}$
Variation de masse Δm :

$$\Delta m = [m({}^{154}\text{Sm}) + m({}^{79}\text{Zn}) + 2 \cdot m(\text{n})] - m({}^{235}\text{U})$$

$\Delta m = (153,88819 + 78,9262 + 2 \times 1,0086) - 234,99346 = 234,83159 - 234,99346 = -0,1$

L'énergie libérée $E_{lib} = |\Delta m| \cdot c^2$:

$$E_{lib} = 0,16187 \times 931,5 \,\text{MeV}$$

$$E_{lib} \simeq 150,78 \,\text{MeV}$$

2.2. Masse d'uranium-235 consommée en une année : Énergie totale produite en 1 an ($P = 10^5$ W et $\Delta t = 365 \times 24 \times 3600$ s) :

$$E_{tot} = P \cdot \Delta t = 10^5 \times 3,1536 \cdot 10^7 = 3,1536 \cdot 10^{12} \,\text{J}$$

Énergie libérée par la fission d'un noyau (en Joules) :

$$E_1 = 150,78 \times 1,6 \cdot 10^{-13} = 2,4125 \cdot 10^{-11} \,\text{J}$$

Nombre de noyaux fissés N :

$$N = \frac{E_{tot}}{E_1} = \frac{3,1536 \cdot 10^{12}}{2,4125 \cdot 10^{-11}} \simeq 1,307 \cdot 10^{23} \text{ noyaux}$$

La masse correspondante $m = N \cdot m({}^{235}\text{U})$:

$$m = 1,307 \cdot 10^{23} \times 234,99346 \,\text{u} \times 1,66 \cdot 10^{-27} \,\text{kg/u}$$

$$m \simeq 0,051 \,\text{kg} = 51 \,\text{g}$$

PHYSIQUE 3 : (5,5pts)

Capteurs : Détecteur de pluie, Circuit RLC et Modulation AM

Partie I : Capteur capacitif et détecteur de pluie

1. Intérêt du branchement en parallèle : Brancher les deux condensateurs en parallèle permet d'augmenter la capacité équivalente du circuit ($C_{eq} = C_1 + C_2$), ce qui rend le capteur plus sensible et permet d'accumuler plus de charges pour une même tension.

2. Expression de la tension u_1 : L'intensité du courant délivrée par le générateur idéal est constante : $i = I_0 = \text{cte}$. La relation charge-intensité s'écrit : $I_0 = \frac{dq}{dt}$. Puisque $q = C_{eq} \cdot u_1$ et que C_{eq} est constante : $I_0 = C_{eq}\frac{du_1}{dt}$. En intégrant par rapport au temps, sachant qu'à $t = 0$, $u_1(0) = 0$:

$$u_1(t) = \frac{I_0}{C_{eq}} \cdot t$$

L'expression de la capacité équivalente pour deux condensateurs en parallèle est : $C_{eq} = C_1 + C_2$

3. Déduction de C_2 et conclusion sur les essuie-glaces : D'après la figure 2, la courbe $u_1 = f(t)$ est une droite passant par l'origine, son coefficient directeur a correspond à $\frac{I_0}{C_{eq}}$. À partir du point $(20 \cdot 10^{-9}\,\text{s}\,;\, 0,5\,\text{V})$:

$$a = \frac{0,5}{20 \cdot 10^{-9}} = 2,5 \cdot 10^{7}\,\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$$

On en déduit C_{eq} :

$$C_{eq} = \frac{I_0}{a} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{7}} = 8 \cdot 10^{-9}\,\text{F} = 8\,\text{nF}$$

Puisque $C_{eq} = C_1 + C_2$, on obtient C_2 :

$$C_2 = C_{eq} - C_1 = 8\,\text{nF} - 6,5\,\text{nF}$$

$C_2 = 1,5\,\text{nF}$

Calcul de la sensibilité S :

$$S = \frac{C_2}{C_1} \times 100 = \frac{1,5}{6,5} \times 100 \simeq 23,07\%$$

Conclusion : Puisque $S = 23,07\% > 12\%$, le niveau d'eau est suffisant, la pluie provoquera donc le **déclenchement automatique** des essuie-glaces.

Partie II : Étude énergétique des oscillations libres

2.1. Équation différentielle vérifiée par i(t) : D'après la loi d'additivité des tensions (maille fermée avec K_2) :

$$u_L + u_C = 0 \implies L\frac{di}{dt} + R_T i + u_C = 0$$

En dérivant cette équation par rapport au temps :

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + R_T\frac{di}{dt} + \frac{du_C}{dt} = 0$$

Or, $i = C_{eq}\frac{du_C}{dt} \implies \frac{du_C}{dt} = \frac{1}{C_{eq}}i$. En remplaçant et en divisant par L :

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R_T}{L}\frac{di}{dt} + \frac{1}{LC_{eq}}i = 0$$

En posant $\beta = \frac{R_T}{2L}$ et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{eq}}}$, on obtient :

$$\frac{d^2i}{dt^2} + 2\beta\frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0$$

2.2. Valeur de la dérivée à $t = 0$: À l'instant $t = 0$, le condensateur est totalement chargé, donc $u_C(0) = U_m$, et l'intensité est nulle $i(0) = 0$. En reprenant l'équation des tensions à $t = 0$:

$$L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} + R_T i(0) + u_C(0) = 0 \implies L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} + 0 + U_m = 0$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{U_m}{L}$$

2.3. Énergie maximale emmagasinée dans C_1 : La tangente (T) à l'origine (Figure 3) passe par $(0\,;\,0)$ et traverse la ligne des $-5\,\text{mA}$ à la moitié de la première division temporelle (qui vaut $1\,\mu\text{s}$), soit au point $(0,5\,\mu\text{s}\,;\,-5\,\text{mA})$.

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{-5\cdot10^{-3} - 0}{0,5\cdot10^{-6} - 0} = -10^4\,\text{A/s}$$

On déduit U_m : $U_m = -L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -0,1\cdot10^{-3}\times(-10^4) = 1,0\,\text{V}$. L'énergie électrique maximale stockée spécifiquement dans le condensateur C_1 est :

$$E_{C1,\max} = \frac{1}{2}C_1U_m^2 = \frac{1}{2}\cdot(6,5\cdot10^{-9})\cdot(1,0)^2$$

$$E_{C1,\max} = 3,25 \cdot 10^{-9}\,\text{J}$$

2.4. Étude énergétique entre t_1 et t_2 : 2.4.1. D'après le graphique, l'instant t_1 correspond à un extremum de l'intensité $i(t)$ (donc $q \approx 0$), et t_2 correspond au passage par zéro de l'intensité (donc q est maximal). Entre t_1 et t_2, la valeur absolue de la charge $q(t)$ augmente depuis zéro jusqu'à sa valeur maximale. **Conclusion :** Le condensateur **se charge**.

2.4.2. Calcul de r : D'après l'énoncé, la relation énergétique est de la forme $\frac{E_1}{E_2} = e^{2\beta(t_2-t_1)}$. On a $\Delta t = t_2 - t_1 = 1\,\mu$s (passage d'un sommet à un nud de courant). Prenons $E_1 \approx E_0 = \frac{1}{2}C_{eq}U_m^2 = \frac{1}{2}\cdot 8\cdot 10^{-9}\cdot(1)^2 = 4,0\cdot 10^{-9}$ J. Avec $E_2 = 2,0\cdot 10^{-9}$ J fourni :

$$\ln\left(\frac{E_1}{E_2}\right) = 2\beta\Delta t = \frac{R_T}{L}\Delta t \implies R_T = \frac{L}{\Delta t}\ln\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$$

Puisque la résistance de la bobine est r (le circuit oscillant ne contient que la bobine et le condensateur équivalent, $R_T = r$) :

$$r = \frac{0,1\cdot 10^{-3}}{1\cdot 10^{-6}}\ln\left(\frac{4,0\cdot 10^{-9}}{2,0\cdot 10^{-9}}\right) = 100\cdot\ln(2)$$

$$r \simeq 69,3\,\Omega$$

Partie III : Capteur des ondes électromagnétiques type AM

3.1. Fréquence F_p : Par identification avec le signal modulant : $2\pi f_s = 8\cdot 10^3\pi \implies f_s = 4\cdot 10^3$ Hz $= 4$ kHz. Sur l'enregistrement, on compte le nombre N de motifs de la porteuse (haute fréquence) contenus dans une période T_s du signal modulant (entre deux crêtes maximales de l'enveloppe). On dénombre graphiquement : $N = 20$ périodes de la porteuse.

$$F_p = N\cdot f_s = 20\times 4\,\text{kHz}$$

$$F_p = 80\,\text{kHz}$$

3.2. Expressions de U_{max} et U_{min} : L'amplitude du signal modulé est $A(t) = 12K[1 + m\cdot\cos(2\pi f_s t)]$.

— L'amplitude est maximale quand le cosinus vaut 1 : $\mathbf{U_{max} = 12K(1+m)}$

— L'amplitude est minimale quand le cosinus vaut -1 : $\mathbf{U_{min} = 12K(1 - m)}$

3.3. Déduction de m et K : D'après l'oscillogramme, l'amplitude maximale occupe 5 divisions et l'amplitude minimale occupe 1 division. Ainsi (en V/div) : $U_{max} = 5\,\text{V}$ et $U_{min} = 1\,\text{V}$.

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} = \frac{5-1}{5+1} = \frac{4}{6} \implies m \simeq 0,67$$

En remplaçant m dans l'expression de U_{max} :

$$12K\left(1 + \frac{2}{3}\right) = 5 \implies 12K\left(\frac{5}{3}\right) = 5 \implies 20K = 5 \implies K = 0,25\,\mathbf{V}$$

3.4. Qualité de modulation : Pour que la modulation d'amplitude soit de bonne qualité, deux conditions doivent être réunies :

— Le taux de modulation doit être inférieur à 1 : $m = 0,67 < 1$ (Vérifié).

— La fréquence de la porteuse doit être largement supérieure à celle du signal : $F_p \gg f_s$ ($80\,\text{kHz} \gg 4\,\text{kHz}$) (Vérifié).

Conclusion : Les deux conditions étant satisfaites, la qualité de modulation est **bonne**.

PHYSIQUE 4 : (3pts)

Étude du mouvement d'un plongeur

Partie I : Saut en plongée

1. Équation de la trajectoire du centre d'inertie G : Le système étudié est le plongeur de masse m, dans le référentiel terrestre supposé galiléen. L'action de l'air étant négligée, le plongeur n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$. D'après la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$$

Par projection sur les axes du repère (O, x, y) :

— Sur l'axe Ox : $a_x = 0$

— Sur l'axe Oy : $a_y = -g$

En intégrant une première fois par rapport au temps pour obtenir les composantes de la vitesse, avec $\vec{V_A}(V_A \cos\alpha, V_A \sin\alpha)$:

— $v_x(t) = V_A \cos\alpha$

— $v_y(t) = -gt + V_A \sin\alpha$

En intégrant une seconde fois pour obtenir les équations horaires de position, avec $\vec{OG_0}(0, y_A)$:

— $x(t) = (V_A \cos\alpha) \cdot t$

— $y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (V_A \sin\alpha) \cdot t + y_A$

On exprime le temps t à partir de $x(t)$: $t = \frac{x}{V_A \cos\alpha}$. On le remplace dans $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{V_A \cos\alpha}\right)^2 + (V_A \sin\alpha)\left(\frac{x}{V_A \cos\alpha}\right) + y_A$$

$$y(x) = \frac{-g}{2V_A^2 \cos^2\alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan\alpha + y_A$$

2. Déduction de la vitesse initiale V_A : Au sommet S de la trajectoire, la composante verticale de la vitesse s'annule : $v_y(t_S) = 0$.

$$-gt_S + V_A \sin\alpha = 0 \implies t_S = \frac{V_A \sin\alpha}{g}$$

En remplaçant t_S dans l'équation horaire $x(t)$:

$$x_S = (V_A \cos\alpha)\left(\frac{V_A \sin\alpha}{g}\right) = \frac{V_A^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g}$$

On isole V_A :

$$V_A^2 = \frac{x_S \cdot g}{\sin\alpha \cos\alpha} \implies V_A = \sqrt{\frac{0,28 \times 9,8}{\sin(80°)\cos(80°)}} = \sqrt{\frac{2,744}{0,171}} \simeq \sqrt{16,04}$$

$$V_A = 4,0\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3. Calcul de la vitesse V_B et de l'angle β à l'instant t_B : Calcul de V_B : On applique le théorème de l'énergie cinétique entre A et B (ou la conservation de l'énergie mécanique) :

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W_{A\to B}(\vec{P}) = mg(y_A - y_B)$$

$$V_B^2 = V_A^2 + 2g(y_A - y_B) = 4^2 + 2 \times 9,8 \times (4,0 - 1,0) = 16 + 58,8 = 74,8$$

$$V_B \simeq 8,65\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Calcul de l'angle β : L'angle β est formé par le vecteur vitesse $\vec{V}_B$ et l'axe horizontal Ox. La composante horizontale de la vitesse est constante : $V_{Bx} = V_A \cos\alpha$.

$$\cos\beta = \frac{V_{Bx}}{V_B} = \frac{V_A\cos\alpha}{V_B} = \frac{4,0\times\cos(80°)}{8,65} = \frac{0,695}{8,65} \simeq 0,0803$$

$$|\beta| \simeq 85,4°$$

Note : Le vecteur $\vec{V}_B$ étant dirigé vers le bas, l'angle orienté par rapport à l'axe (Ox) est en réalité de $-85,4°$.

Partie II : Le mouvement du plongeur dans l'eau

1. Équation différentielle vérifiée par la composante v_G : Le plongeur est soumis à trois forces :

- Son poids : $\vec{P} = -mg\vec{j}$
- La poussée d'Archimède : $\vec{F}_a = \rho V g\vec{j}$
- La force de frottement fluide : $\vec{f}$ de sens opposé au vecteur vitesse. Puisque la vitesse $\vec{V}_G$ est dirigée vers le bas ($v_G < 0$), la force de frottement est dirigée vers le haut. $\vec{f} = kv_G^2\vec{j}$.

D'après la deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F}_a + \vec{f} = m\vec{a}_G$ Par projection sur l'axe vertical (Oy) orienté vers le haut :

$$-mg + \rho V g + kv_G^2 = m\frac{dv_G}{dt}$$

En divisant par la masse m :

$$\frac{dv_G}{dt} = -g + g\frac{\rho V}{m} + \frac{k}{m}v_G^2 \implies \frac{dv_G}{dt} = -g\left(1 - \frac{\rho V}{m}\right) + \frac{k}{m}v_G^2$$

En réarrangeant les termes, on obtient bien l'équation demandée :

$$\frac{dv_G}{dt} - \frac{k}{m}v_G^2 + g\left(1 - \frac{\rho V}{m}\right) = 0$$

2. Détermination de la vitesse limite V_ℓ : Lorsque le régime limite est atteint, la vitesse devient constante, donc $\frac{dv_G}{dt} = 0$, et $|v_G| = V_\ell$. L'équation différen-

tielle devient :

$$-\frac{k}{m}V_\ell^2 + g\left(1-\frac{\rho V}{m}\right) = 0 \implies V_\ell^2 = \frac{mg}{k}\left(1-\frac{\rho V}{m}\right)$$

Application numérique :

$$V_\ell^2 = \frac{70\times 9,8}{150}\left(1-\frac{1,00\cdot 10^3\times 6,5\cdot 10^{-2}}{70}\right) = \frac{686}{150}\left(1-\frac{65}{70}\right) = \frac{686}{150}\times\frac{5}{70} = \frac{49}{150} \simeq 0,$$

$V_\ell = \sqrt{0,327} \simeq 0,57\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ *Note : La composante algébrique correspondante est* $v_\ell = -0,57$ *m/s.*

3. Complétion du tableau par la méthode d'Euler : Le pas de calcul est $\Delta t = t_{n+1} - t_n = 1,56\cdot 10^{-1} - 1,44\cdot 10^{-1} = 0,012\,\text{s}$. D'après l'équation différentielle, on a : $a_G(t) = \frac{k}{m}v_G(t)^2 - g\left(1-\frac{\rho V}{m}\right)$. On calcule les constantes : $\frac{k}{m} = \frac{150}{70} = \frac{15}{7}\,\text{m}^{-1}$ et $g\left(1-\frac{\rho V}{m}\right) = 9,8\times\frac{5}{70} = 0,7\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. Donc : $a_G(t_n) = \frac{15}{7}\cdot v_G(t_n)^2 - 0,7$.

Calcul à l'instant t_n :

$$a_G(t_n) = \frac{15}{7}\cdot(-2,21)^2 - 0,7 \simeq 10,47 - 0,7 = \mathbf{9,77}\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Calcul à l'instant t_{n+1} :

$$v_G(t_{n+1}) = v_G(t_n) + a_G(t_n)\cdot\Delta t = -2,21 + 9,77\times 0,012 \simeq -2,21 + 0,117 = \mathbf{-2,09}\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$a_G(t_{n+1}) = \frac{15}{7}\cdot(-2,09)^2 - 0,7 \simeq 9,37 - 0,7 = \mathbf{8,67}\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Tableau complété :

$t(s)$	$v_G(\text{m.s}^{-1})$	$a_G(\text{m.s}^{-2})$
$t_n = 1,44\times 10^{-1}$	$v_G(t_n) = -2,21$	$a_G(t_n) = \mathbf{9,77}$
$t_{n+1} = 1,56\times 10^{-1}$	$v_G(t_{n+1}) = \mathbf{-2,09}$	$a_G(t_{n+1}) = \mathbf{8,67}$

الامتحان التجريبي للبكالوريا

الدورة العادية 2020

الموضوع.

NS

4	مدة الإنجاز	الفيزياء والكيمياء	المادة
7	المعامل	-- شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب)	الشعبة أو المسلك

- **La calculatrice scientifique non programmable est autorisée**
- **On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques**

Le sujet comporte quatres exercices

- **Chimie : Etude d'une solution d'éthanoate de sodium**
  Dans la chaufferette chimique (7 points)

- **Physique (13points)**

  - **Exercice 1 : datation par Potassium-argon (2,5 points)**

  - **Exercice 2 : détermination de coefficient auto-inductance et la capacité**

    D'un condensateur (5 points)

  - **Exercice 3 : Etude de mouvement d'un boulet dans un champ de pesanteur**
    Mouvement d'un électron dans un champ électrostatique
    Uniforme (5,5 points)

Barème	sujet

Chimie (7points) : Etude d'une solution d'éthanoate de sodium dans la chaufferette chimique

La chaufferette chimique est constituée d'une enveloppe souple de plastique qui contient une solution aqueuse d'éthanoate de sodium CH_3COONa.la chaufferette libère une énergie thermique de température environ 50°C. *Extrait de l'article « Idées de physique »*

Le but de cet exercice est d'étudier la cinétique de la réaction de formation d'éthanoate de sodium ainsi le dosage l'acide conjugué de la base $CH_3COO^-_{aq}$

Données : - la masse molaire de l'éthanoate d'éthyle $M = 88.0 g.mol^{-1}$

- Le produit ionique d'eau : $k_e = 10^{-14}$
- La masse volumique de l'éthanoate d'éthyle $\rho = 0{,}90 g.mL^{-1}$
- La conductivité molaire ionique en : $mS.m^2.mol^{-1}$

$$\lambda_1 = \lambda_{Na^+} = 5{,}0 \ ; \ \lambda_2 = \lambda_{HO^-} = 20{,}0 \ ; \ \lambda_3 = \lambda_{CH_3COO^-} = 4{,}1$$

1. L'étude cinétique de la synthèse de l'éthanoate de sodium

La synthèse de l'éthanoate de sodium CH_3COONa est modélisée par la réaction suivante :

$$C_4H_8O_2 + (Na^+ + HO^-) \longrightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$$

On met dans un bécher un volume $V_0 = 200mL$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $(Na^+ + HO^-)$ de concentration $C_0 = 1{,}0.10^{-3}\ mol.l^{-1}$, à un instant $t = 0$ on ajoute un volume $V_1 = 1mL$ d'éthanoate d'éthyle, on obtient un mélange réactionnel qu'on la note (S). dans le même instant on immerge un conductimètre afin de mesurer la conductivité de mélange à chaque instant.

0.5pt **1.1.** Construire le tableau descriptif de l'évolution du système. En considérant que la réaction est totale.

0.75pt **1.2.** Montrer qua la conductivité σ à un instant t peur s'écrire sous la forme : $\sigma(t) = A + B.x$ en précisant l'expression de A et B

On note le volume totale du mélange par $V = V_0$. on néglige l'autoprotolyse de l'eau.

1.3. Le suivi de la transformation à l'aide de la mesure de conductivité à permet de tracer la courbe **Figure-1- (page 3/7)**

0.5pt **1.3.1.** Déterminer l'expression de $\sigma_{1/2}$ la conductivité de mélange à l'instant $t_{1/2}$ temps de demi-réaction.

0.25pt **1.3.2**. Déduire la valeur de $t_{1/2}$

1.4. Pour calculer à nouveau le temps de demi-réaction, on trace par méthode arithmétique la courbe qui représente $\ln\left(\frac{C_0}{[HO^-]}\right) = f(t)$ On obtient la courbe **Figure-3-**

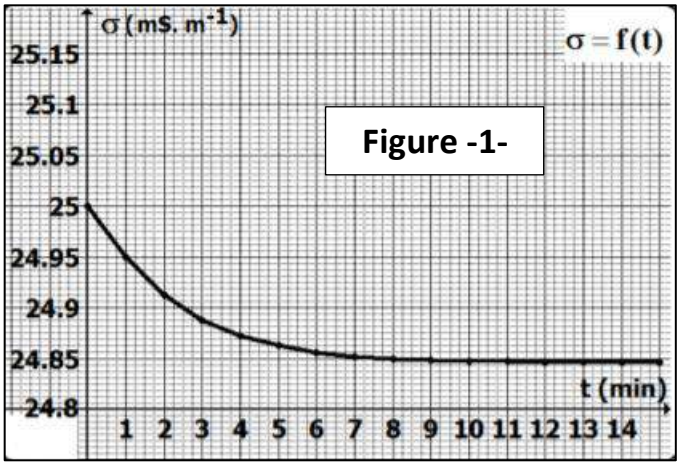


Figure -1-

0.5pt **1.4.1.** Exprimer la concentration des ions hydroxyde $[HO^-]_{1/2}$ à l'instant $t_{1/2}$ en fonction de C_0.

0.5pt **1.4.2.** En utilisant l'équation de la courbe et la question précédente, Montrer que le temps de demi-réaction est : $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$ avec k est le coefficient directeur de la droite.

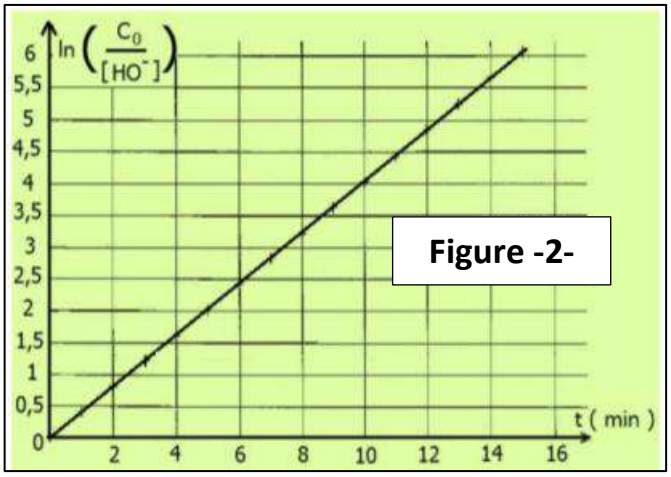


Figure -2-

0.5pt **1.4.3.** Calculer à nouveau la valeur $t_{1/2}$ et la comparer avec la valeur de la question 1.4.3.

2. Dosage de l'acide éthanoïque CH_3COOH

On dispose :

- D'une solution aqueuse (S_0) d'acide éthanoïque de concentrationC_A ;
- D'une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 0.1mol.l^{-1}$

Au cours d'une séance de travaux pratique un professeur a demandé de ces élèves d'effectuer deux éxpériences de dosage.

- **PREMIERE EXPERIENCE :**

Ils ont dosé un volume $V_A = 10mL$ de la solution(S_0) par la solution (S_B). Le suivi de l'évolution du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé de la solution (S_B) permet de tracer la courbe $\mathcal{C}_1$ de **la figure -3- (page 4/7)**

- **DEUXIEME EXPERIENCE :**

A partie de la solution (S_0), ils ont prélevé un volume $V_0 = 10mL$ auquel ont ajouté un volume V_e d'eau distillé, ils ont obtenu une solution aqueuse (S_1) d'acide éthanoïque de concentration C_A'. Ils ont dosé la solution (S_1) par la même solution (S_B). Le suivi de

l'évolution du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé permet de tracer la courbe $\mathcal{C}_2$. Les élèves atteignent l'équivalence dans les deux éxpériences quand 'ils ajoutent un volume $V_{BE} = 10mL$ de la solution (S_B).

0.25pt 2.1. Justifier le fait que ce volume reste inchangé dans les deux expériences.

0.25pt 2.2. En exploitant la **figure-3-** Déterminer la valeur de pK_A. Sachant que $\frac{[CH_3COO-]}{[CH_3COOH]} = 1$ quand on verse un volume $V_B = \frac{V_{BE}}{2}$.

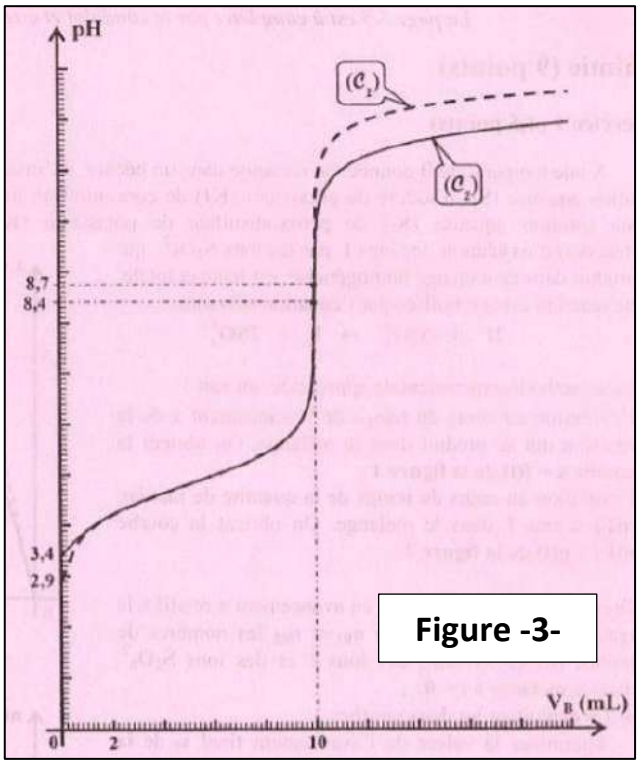


Figure -3-

0.25pt 2.3. Déterminer la valeur de la concentration molaire C_A

2.4. On désigne par τ_1 le taux d'avancement de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau

0.5pt 2.4.1. Vérifié que cette réaction est très limitée.

0.75pt 2.4.2. Montrer alors que le pK_A de couple CH_3COOH/CH_3COO^- s'écrit :

$$pK_A = 2pH + \log C_A \, .$$

0.5pt 2.4.3. Déterminer $C_A{}'$ la concentration, sachant que l'acide éthanoïque reste faiblement ionisé (réagit faiblement avec l'eau).

0.25pt 2.4.4. Déduire la valeur de V_e

0.75pt 2.5. Sans faire de calcule et sans avoir recours à la méthode des tangentes parallèles, justifier que la valeur $pH_E = 8{,}4$ correspond au pH d'équivalence de l'expérience 2.

Physique (13 point)

Exercice 1 (3.50points) : datation par le potassium-argon

Le potassium existe dans la nature sous forme trois isotope . $^{39}_{19}K$ $^{41}_{19}K$ $^{40}_{19}K$. le potassium $^{40}_{19}K$ se désintègre en deux noyaux selon les portions suivantes : 89% se transforme en noyau calcium 40 $^{40}_{20}Ca$ et 11% en noyau Argon 40 $^{40}_{18}Ar$.

Le but de cet exercice est d'étudier la désintégration du noyau potassium 40 dans le corps humain ainsi la datation des roches volcanique par la méthode potassium-argon

Données :

$$m(e) = 5,11910.10^{-4}u \ ; \ N_A = 6,02.10^{23}mol^{-1} \ ; \ 1u = 931,5Mev.C^{-2};$$
$$t_{\frac{1}{2}}(K) = 1.5.10^{9}ans \ ; \ M(K) = 40g.mol^{-1}; 1Mev = 1.66.10^{-13}J; C = 3.10^{8}m.s^{-1}$$

1. Le potassium dans le corps humain :

Le corps humain est le siège d'environ 7767 désintégration en une seconde, en raison de la présence des noyaux de carbone et de potassium. Ce dernier est le responsable de plus que la moitié des rayonnements en moyen de 4000 désintégrations en une seconde pour une personne pèse 70kg.

0.25pt 1.1- Ecrire l'équation de désintégration du noyau 40 $^{40}_{19}K$ en noyau calcium 40 $^{40}_{20}Ca$ en précisant le type de la radioactivité.

1.2- La courbe de **la Figure-4-** représente le diagramme énergétique de la désintégration précédente. En exploitant le diagramme déterminer :

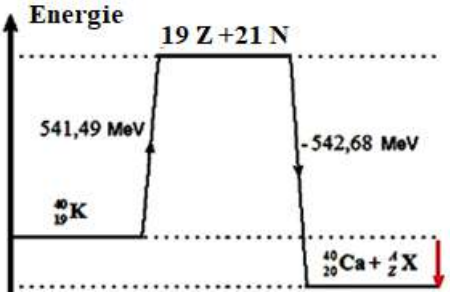


Figure-4-

0.75pt 1.2-1. L'énergie de liaison de noyau $^{40}_{19}K$ et noyau $^{40}_{20}Ca$. Déterminer le noyau le plus stable.

0.25pt 1.2-2. L'énergie libérer E_{lib} de cette désintégration.

0.5pt 1.3- Calculer la vitesse de l'électron libérer lors de la désintégration sachant que l'énergie libérer au cours de la désintégration se transforme totalement en énergie cinétique.

1.4- La masse de potassium 40 existe à un instant t dans le corps d'une personne de masse $m_0 = 70kg$ égale $2,6.10^{-3}$% de sa masse.

0.5pt 1.4-1. Calculer en joule l'énergie E libérer à partie de la masse m en chaque seconde

2. La datation par le potassium 40

La roche volcanique contient 5% de potassium naturelle. Parmi les isotopes qui existe dans la roche le potassium 40. Pour dater une roche volcanique on se base sur le pourcentage de potassium 40 et l'argon $^{40}_{18}Ar$. On considère que la roche ne contient pas d'argon au début sa formation.

Un géologiste a analysé une roche volcanique de masse $\boldsymbol{m = 100g}$ à un instant t, il a trouvé les proportions suivantes :

$$r = \frac{N(^{40}Ar}{N(^{40}K)} = 0,4 \qquad p = \frac{N(^{40}K}{N(K)} = 1,2.10^{-4}$$

0.75pt

2.1.. Montrer que l'activité de la roche à un instant t peut s'exprimer par la relation :

$\boldsymbol{a(t) = \lambda . \frac{0{,}05.p.m.N_A}{M(^{40}K)}}$. Calculer la valeur $\boldsymbol{a}$

0.5pt

2.2. Trouver l'expression de l'âge de la roche volcanique en fonction de r et $t_{1/2}$. Calculer t

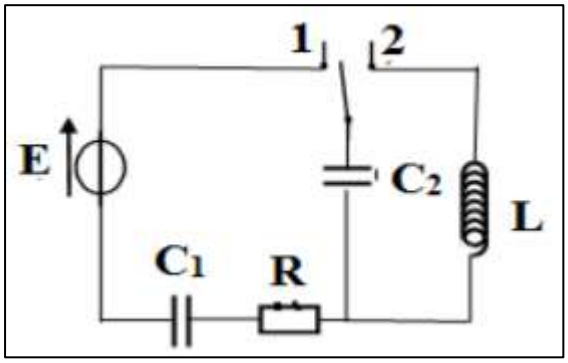
Exercice 2 (5,00 points) : détermination de coefficient auto-inductance et la capacité d'un condensateur

Les condensateurs et les bobines sont des dipôles linéaires qui rentrent dans dans la formation certaines appareils électriques.
Le but de cet exercice est de déterminer les caractéristiques d'un condensateur ainsi que la bobine.

Pour déterminer les caractéristiques d'un condensateur et une bobine, un professeur a apporté lors d'une séance de travaux pratiques les éléments électriques suivants :

- Un générateur idéal de tension sa force électromotrice E ;
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 3\Omega$;
- Deux condensateurs leurs capacité respectivement C_1 et $C_2 = 2\mu F$;
- Une bobine de coefficient auto-inductance L et sa résistance négligeable ;
- Un interrupteur K et les fils électriques ;

Figure-5-



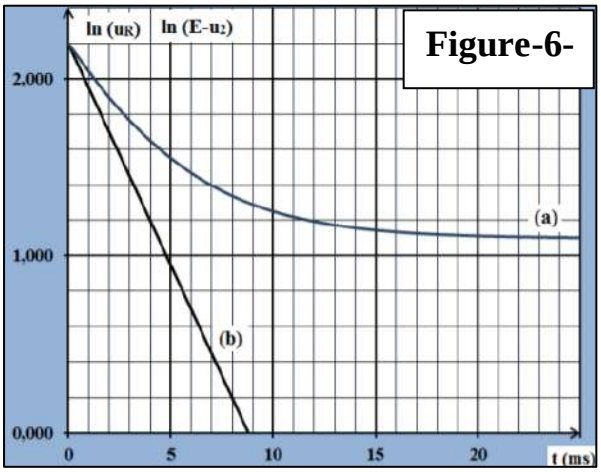
1. Détermination de la capacité d'un condensateur.

Le professeur a effectué le circuit représenté dans **la figure-5-** puis il a demandé aux ces élèves de mettre l'interrupteur dans la position 1.

0.25pt

1.1. . Indiquer sur le circuit comment l'oscilloscope doit être brancher pour visualiser les tensions $U_2(t)$ aux bornes de condensateur C_2 et $U_R(t)$ aux bornes de conducteur ohmique.

Figure-6-



1.2. A l'aide d'un programme adéquat les élèves ont arrivé à tracé les deux courbes de la **Figure-6-** (a) et (b) qui représentent la variation $\ln(U_R)$ et $\ln(E - U_2)$ en fonction de temps.

0.25pt

1.2.1. Corréler chaque fonction à la courbe correspondante.

.

0.75pt

1.2.2. Montrer que l'équation différentielle vérifié par $U_2(t)$ s'écrit sous la forme :

$$\frac{dU_2}{dt} + \frac{1}{RC_{éq}}U_2 = \frac{E}{RC_2}$$

tel que $C_{éq}$ la capacité équivalente de deux condensateurs

0.5pt

1.2.3. La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme : $U_2(t) = A.(1 - e^{-\alpha t})$

0.75pt

Trouver l'expression de A et α en fonction des paramètres de circuit

1.3. Trouver l'expression de la tension U_R en fonction de E ; α et t.

1.4. Déterminer graphiquement :

0.25pt

1.4.1. La valeur E de la force motrice.

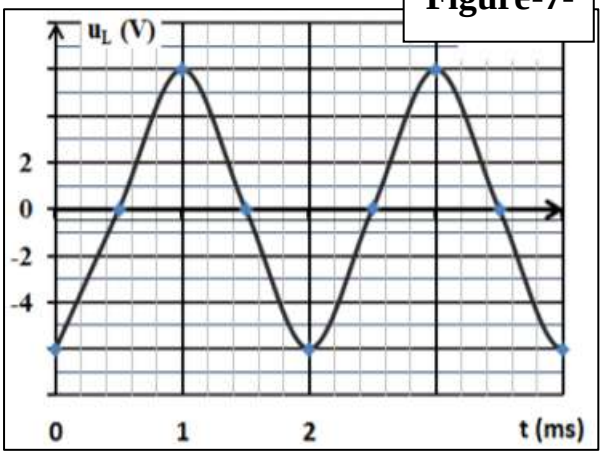
0.5pt

1.4.2. La valeur τ la constante de temps. Montrer que $C_1 = 4\mu F$

2. Détermination de coefficient auto-inductance de la bobine :

Quand le régime permanent est établi le professeur a demandé à l'un de ces élèves de basculer l'interrupteur à la position 2, cet instant est considéré origine des dates ($t = 0$). Le professeur a rebranché l'oscilloscope mais cette fois aux bornes de la bobine, ils ont obtenus la courbe de la **Figure-7-**

Figure-7-



0.5pt

2.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension U_L aux bornes de la bobine.

0.25pt

2.2. Quel régime des oscillations correspond cette courbe.

0.25pt

2.3. Trouver la valeur L de coefficient auto-inductance.

0.75pt

2.4. Calculer l'énergie totale de circuit.

Exercice 3 (4,50points) : Etude de mouvement d'un boulet dans un champ de pesanteur – étude de mouvement d'un électron dans un champ électrostatique

Le lancer du marteau est une discipline de l'athlétisme qui consiste à lancer le plus loin possible un boulet auquel est fixé un câble en acier muni d'une poignée. À cette fin, l'athlète fait d'abord prendre de la vitesse à son marteau en tournant sur lui-même sans sortir d'un cercle de lancement. Le marteau est ensuite lâché avant d'atterrir sur le sol.

http://labolycee.org

Le but de cet exercice est d'étudier un lancer de marteau réalisé par une athlète

La partie (1) et (2) sont indépendantes

Données :

- L'intensité de pesanteur $g = 10m.s^{-2}$
- Le rayon de la trajectoire $R = 2.5m$

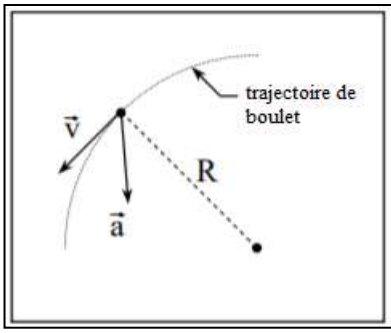
1. Étude du mouvement du boulet avant le lâcher du marteau par l'athlète

Pour simplifier l'étude, on suppose que l'athlète tourne sur elle-même autour d'un axe immobile vertical et que son bras est toujours tendu. Le traitement informatique d'un vidéo de mouvement de boulet à permet de conclure que le mouvement du boulet s'effectue en deux étapes :

- Première étape : circulaire accéléré ;
- Deuxième étape : circulaire uniforme ;

1-1-On se propose dans **la Figure-8- et -9-** la représentation qualitative de vecteur vitesse $\vec{v}$ et vecteur accélération $\vec{a}$ de centre d'inertie G du boulet.

Figure-8-



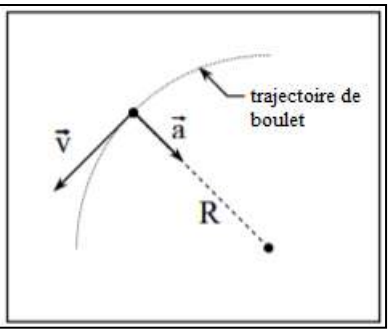
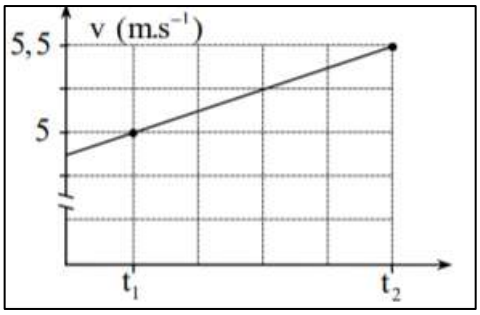


Figure-9-

Figure-10-



0.75pt

1-1-1- En justifiant votre réponse, Corréler chaque étape à la figure correspondante

1-2- **La Figure-10-** représente la variation de la vitesse de centre d'inertie du boulet au cours de la première étape.

0.5pt

1.2.1. Calculer l'accélération de centre d'inertie du boulet à l'instant $t = t_1$ sachant que $\Delta t = t_2 - t_1 = 1s$

0.75pt

1-3- En appliquant la 2éme loi de Newton, justifier le fait que, dans la deuxième étape, le poids du boulet soit négligeable devant la force exercée par le câble sur le boulet. Sachant que la vitesse du boulet dans cette étape est $v = 26m.s^{-1}$.

2. Étude de mouvement d'un électron dans un champ électrostatique.

Données :

La masse de l'électron : $\boldsymbol{m_e = 9,1.10^{-31}Kg}$ **;** la charge élémentaire $\boldsymbol{e = 1,6.10^{-19}C}$

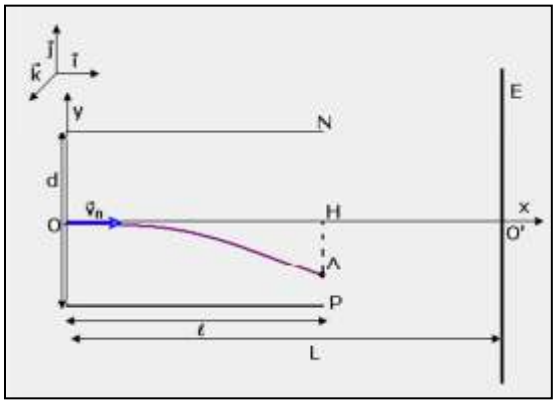
Un électron pénètre entre deux plaques horizontales d'un oscilloscope avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ sa norme $\boldsymbol{v_0}$. La tension entre ses bornes $\boldsymbol{U = V_p - V_N = 40\ V}$; la distance entre les deux plaques $\boldsymbol{d = 6\ cm}$ et la longueur de chacune $l = \boldsymbol{6\ cm}$ **. Figure-12-**

0.75pt 2.1. En appliquant la 2éme loi de Newton, Trouver l'équation de la trajectoire entre les deux plaques.

0.75pt 2.2. Quand l'électron quitte le champ électrostatique son énergie cinétique égale trois fois l'énergie cinétique initiale. Montrer que : $\boldsymbol{mv_0^2 = \frac{eEl}{\sqrt{2}}}$

0.25pt 2.3. Calculer la valeur de la vitesse $\boldsymbol{v_0}$

0.75pt 2.4. Calculer la valeur de la déviation électrique D_e. On donne L=50 cm la distance qui sépare le point O à l'écran.



CHIMIE (7 points)

Étude d'une solution d'éthanoate de sodium dans la chaufferette chimique

1. L'étude cinétique de la synthèse de l'éthanoate de sodium

1.1. Tableau descriptif de l'évolution du système : Calculons d'abord les quantités de matière initiales :

$$n_0(\text{HO}^-) = C_0 \cdot V_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \times 0,200 = 2,0 \cdot 10^{-4}\,\text{mol}$$

$$n_0(\text{ester}) = \frac{m}{M} = \frac{\rho \cdot V_1}{M} = \frac{0,90 \times 1,0}{88,0} \simeq 1,02 \cdot 10^{-2}\,\text{mol}$$

On remarque que $n_0(\text{HO}^-) \ll n_0(\text{ester})$, donc l'ion hydroxyde HO^- est le réactif limitant et l'avancement maximal est $x_{max} = 2,0 \cdot 10^{-4}\,\text{mol}$.

Équation		$C_4H_8O_2 + HO^- \rightarrow CH_3COO^- + C_2H_5OH$			
État	**Avancement**	Quantités de matière (mol)			
Initial	0	$1,02 \cdot 10^{-2}$	$n_0(HO^-)$	0	0
En cours	x	$1,02 \cdot 10^{-2} - x$	$n_0(HO^-) - x$	x	x
Final	x_{max}	$1,02 \cdot 10^{-2} - x_{max}$	0	x_{max}	x_{max}

Note : L'ion Na^+ est un ion spectateur, sa quantité de matière reste constante égale à $n_0(HO^-)$.

1.2. Expression de la conductivité $\sigma(t)$: Les ions présents dans le mélange sont Na^+, HO^- et CH_3COO^-. Leurs concentrations à un instant t sont :

$$[\text{Na}^+] = \frac{n_0(\text{HO}^-)}{V_0} = C_0 \quad ; \quad [\text{HO}^-] = \frac{n_0(\text{HO}^-) - x}{V_0} = C_0 - \frac{x}{V_0} \quad ; \quad [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{x}{V_0}$$

L'expression de la conductivité de la solution s'écrit :

$$\sigma(t) = \lambda_1[\text{Na}^+] + \lambda_2[\text{HO}^-] + \lambda_3[\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

$$\sigma(t) = \lambda_1 C_0 + \lambda_2\left(C_0 - \frac{x}{V_0}\right) + \lambda_3\frac{x}{V_0} = (\lambda_1 + \lambda_2)C_0 + \frac{\lambda_3 - \lambda_2}{V_0}x$$

On obtient bien la forme $\sigma(t) = A + B \cdot x$ avec :

$$A = (\lambda_1 + \lambda_2)C_0 \quad \text{et} \quad B = \frac{\lambda_3 - \lambda_2}{V_0}$$

1.3.1. Expression de $\sigma_{1/2}$: Par définition, au temps de demi-réaction $t_{1/2}$, l'avancement est $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$. À $t = 0$, $\sigma_0 = A$. À l'état final ($t \to \infty$), $\sigma_\infty = A + B \cdot x_{max}$.

$$\sigma_{1/2} = A + B\frac{x_{max}}{2} = \frac{2A + B \cdot x_{max}}{2} = \frac{\sigma_0 + (A + B \cdot x_{max})}{2}$$

$$\sigma_{1/2} = \frac{\sigma_0 + \sigma_\infty}{2}$$

1.3.2. Déduction de la valeur de $t_{1/2}$: D'après le graphe (Figure 1), $\sigma_0 = 25,00\,\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$ et la valeur de l'asymptote est $\sigma_\infty = 24,85\,\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$.

$$\sigma_{1/2} = \frac{25,00 + 24,85}{2} = 24,925\,\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$$

En se reportant sur l'axe des ordonnées (où 1 grande division vaut $0,05$), la valeur $24,925$ se situe exactement au milieu entre $24,90$ et $24,95$. L'abscisse correspondante sur la courbe est :

$$t_{1/2} \approx 2\,\text{min}$$

1.4. Méthode arithmétique :

1.4.1. Expression de $[\text{HO}^-]_{1/2}$: À $t_{1/2}$, l'avancement est $x = \frac{x_{max}}{2} = \frac{C_0 \cdot V_0}{2}$.

$$[\text{HO}^-]_{1/2} = \frac{C_0V_0 - x_{1/2}}{V_0} = \frac{C_0V_0 - \frac{C_0V_0}{2}}{V_0} = \frac{C_0V_0}{2V_0}$$

$$[\text{HO}^-]_{1/2} = \frac{C_0}{2}$$

1.4.2. Montrer que $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$: La courbe (Figure 2) est une droite linéaire d'équation $\ln\left(\frac{C_0}{[\text{HO}^-]}\right) = k \cdot t$, avec k son coefficient directeur. À l'instant $t = t_{1/2}$, on sait que $[\text{HO}^-] = \frac{C_0}{2}$. On remplace dans l'équation :

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_0/2}\right) = k \cdot t_{1/2} \implies \ln(2) = k \cdot t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$$

1.4.3. Nouveau calcul de $t_{1/2}$ et comparaison : On détermine d'abord k, la pente de la droite. La droite passe par l'origine $(0,0)$ et par le point $(14\,\text{min}\,;\,5,0)$.

$$k = \frac{5,0 - 0}{14 - 0} \simeq 0,357\,\text{min}^{-1}$$

On calcule $t_{1/2}$:

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{0,357} = \frac{0,693}{0,357} \simeq 1,94\,\text{min}$$

Comparaison : La valeur trouvée ($1,94$ min) est très proche de celle estimée graphiquement à la question 1.3.2 (2 min). Les deux méthodes sont concordantes.

2. Dosage de l'acide éthanoïque CH_3COOH

2.1. Justification du volume V_{BE} inchangé : Lors d'un dosage, la relation à l'équivalence est $n(\text{acide initial}) = n(\text{base versée})$. Dans l'expérience 1, la quantité d'acide est $n_A = C_A \cdot V_A$. Dans l'expérience 2, le volume de prise d'essai $V_0 = 10\,\text{mL}$ est le même ($V_0 = V_A$). L'ajout d'eau distillée modifie la concentration mais **ne modifie pas la quantité de matière initiale d'acide** présente dans le bécher. Puisque n_A est identique dans les deux béchers et que la concentration du titrant C_B est la même, le volume versé à l'équivalence V_{BE} reste inchangé.

2.2. Détermination de la valeur du pK_A : D'après la relation fournie, lorsque l'on verse $V_B = \frac{V_{BE}}{2} = 5\,\text{mL}$ (à la demi-équivalence), le rapport $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 1$. Or, on sait que $pH = pK_A + \log\left(\frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]}\right)$. Si le logarithme vaut $\log(1) = 0$, alors $pH = pK_A$. Sur la courbe (C_1) (Figure 3), pour $V_B = 5\,\text{mL}$, on lit $pH \approx 4,8$.

$$pK_A = 4,8$$

2.3. Valeur de la concentration molaire C_A : À l'équivalence (Expérience 1), on a : $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$.

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{0,1 \times 10}{10}$$

$$C_A = 0,1\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2.4. Étude du taux d'avancement τ_1 :

2.4.1. Vérification que la réaction est très limitée : L'équation avec l'eau est : $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$. Avant tout ajout de base ($V_B = 0$), le pH de la solution (S_0) lu sur la courbe (C_1) est $pH = 2,9$. La concentration finale en ions oxonium est $[H_3O^+] = 10^{-pH}$. Le taux d'avancement final est :

$$\tau_1 = \frac{[H_3O^+]_f}{C_A} = \frac{10^{-2,9}}{0,1} = \frac{1,26 \cdot 10^{-3}}{0,1} \simeq 1,26 \cdot 10^{-2}$$

$$\tau_1 \simeq 1,26\%$$

Puisque $\tau_1 \ll 1$ (ou $< 5\%$), la réaction de cet acide avec l'eau est effectivement **très limitée**.

2.4.2. Montrer l'expression du pK_A : La constante d'acidité s'écrit : $K_A = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$. Puisque la réaction est très limitée, la quantité d'acide dissociée est négligeable : $[CH_3COOH] \approx C_A$. L'autoprotolyse de l'eau étant négligeable, d'après l'équation, on a : $[CH_3COO^-] \approx [H_3O^+] = 10^{-pH}$. On obtient donc : $K_A \approx \frac{[H_3O^+]^2}{C_A} = \frac{10^{-2pH}}{C_A}$. En appliquant la fonction $(-\log)$ des deux côtés :

$$-\log(K_A) = -\log(10^{-2pH}) - \log(C_A^{-1}) \implies pK_A = 2pH + \log(C_A)$$

2.4.3. Détermination de C'_A : On applique la même relation à la solution diluée (S_1) de l'expérience 2. Le pH initial de (S_1) à $V_B = 0$ lu sur la courbe (C_2) est $pH' = 3,4$.

$$pK_A = 2pH' + \log(C'_A) \implies \log(C'_A) = pK_A - 2pH'$$

$$\log(C'_A) = 4,8 - 2(3,4) = 4,8 - 6,8 = -2,0$$

$$C'_A = 10^{-2,0} = 0,01\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2.4.4. Déduction de la valeur de V_e : Le facteur de dilution est $f = \frac{C_A}{C'_A} = \frac{0,1}{0,01} = 10$. Le volume total de la solution (S_1) est donc $V_{total} = f \times V_0 = 10 \times 10\,\text{mL} = 100\,\text{mL}$. Le volume d'eau ajouté est $V_e = V_{total} - V_0 = 100 - 10$.

$$V_e = 90\,\text{mL}$$

2.5. Justification de la valeur $pH_E = 8,4$ pour l'expérience 2 : À l'équivalence d'un dosage d'acide faible par une base forte, l'espèce majoritaire en solution est la base conjuguée (ici CH_3COO^-). La solution est donc basique ($pH_E > 7$). Le pH d'une solution de base faible augmente avec sa concentration. Puisque la solution (S_1) de l'expérience 2 a subi une dilution (ajout de V_e), la concentration de la base formée CH_3COO^- à l'équivalence sera plus faible que celle de l'expérience 1. Le pH à l'équivalence pour l'expérience 2 sera donc **moins basique** (plus proche de 7) que pour l'expérience 1. Parmi les deux valeurs repérées sur le graphe ($8,4$ et $8,7$), la valeur la plus faible, soit $\mathbf{pH_E = 8,4}$, correspond logiquement à l'expérience 2 (courbe C_2).

PHYSIQUE : Exercice 1 (3.50 points)

Datation par le potassium-argon

1. Le potassium dans le corps humain

1.1. Équation de désintégration : Le noyau de potassium 40 se transforme en noyau de calcium 40 avec émission d'une particule. D'après les lois de conservation de Soddy (conservation du nombre de masse A et du nombre de charge Z) :

$$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + ^{A}_{Z}\text{X}$$

$40 = 40 + A \implies A = 0$ $19 = 20 + Z \implies Z = -1$ La particule émise est un électron $^{0}_{-1}$e.

$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + ^{0}_{-1}\text{e}$ (Radioactivité β^-)

1.2. Exploitation du diagramme énergétique :

1.2-1. Énergie de liaison et stabilité : D'après le diagramme, l'énergie nécessaire pour séparer les nucléons du noyau ^{40}K (flèche ascendante) correspond à son énergie de liaison :

$$E_l(^{40}\text{K}) = 541,49\,\text{MeV}$$

L'énergie libérée lors de la formation du noyau ^{40}Ca à partir des nucléons séparés (flèche descendante, en valeur absolue) correspond à son énergie de liaison :

$$E_l(^{40}\text{Ca}) = 542,68\,\text{MeV}$$

Pour comparer leur stabilité, on calcule l'énergie de liaison par nucléon $\xi = \frac{E_l}{A}$:

$$\xi(^{40}\text{K}) = \frac{541,49}{40} \simeq 13,537\,\text{MeV/nucléon}$$

$$\xi(^{40}\text{Ca}) = \frac{542,68}{40} \simeq 13,567\,\text{MeV/nucléon}$$

Conclusion : Puisque $\xi(^{40}\text{Ca}) > \xi(^{40}\text{K})$, le noyau de **Calcium 40 est le plus stable**.

1.2-2. Énergie libérée E_{lib} : L'énergie libérée est la valeur absolue de la variation d'énergie au cours de la réaction :

$$\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}} = 541,49 - 542,68 = -1,19\,\text{MeV}$$

$E_{lib} = |\Delta E| = 1,19\,\text{MeV}$

1.3. Vitesse de l'électron libéré : L'énergie libérée se transforme totalement en énergie cinétique pour l'électron : $E_c = E_{lib} = 1,19\,\text{MeV}$. En utilisant la mécanique classique : $E_c = \frac{1}{2}m_e v^2 \implies v = \sqrt{\frac{2E_c}{m_e}}$ Calculons la masse de

l'électron en kg (avec $1\,\text{u} \simeq 1,66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$) et l'énergie en Joules : $m_e = 5,11910 \cdot 10^{-4} \times 1,66 \cdot 10^{-27} \simeq 8,497 \cdot 10^{-31}\,\text{kg}$ $E_c = 1,19 \times 1,6 \cdot 10^{-13} = 1,904 \cdot 10^{-13}\,\text{J}$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 1,904 \cdot 10^{-13}}{8,497 \cdot 10^{-31}}} \Longrightarrow \quad v \simeq 6,69 \cdot 10^{8}\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}$$

(Remarque : Cette vitesse calculée classiquement est supérieure à la célérité de la lumière c. Un calcul rigoureux nécessiterait d'utiliser la relation relativiste $E_c = (\gamma - 1)m_e c^2$).

1.4. Calcul de l'énergie libérée par seconde : L'énergie libérée chaque seconde correspond à la puissance $P = a(t) \times E_{lib}$, avec $a(t)$ l'activité de l'échantillon de masse m. Calculons d'abord la masse m de ^{40}K :

$$m = m_0 \times 2,6 \cdot 10^{-5} = 70 \times 2,6 \cdot 10^{-5} = 1,82 \cdot 10^{-3}\,\text{kg} = 1,82\,\text{g}$$

Le nombre de noyaux est $N = \frac{m}{M(\text{K})} N_A = \frac{1,82}{40} \times 6,02 \cdot 10^{23} \simeq 2,74 \cdot 10^{22}$ noyaux. L'activité est $a(t) = \lambda N = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} N$ (avec $t_{1/2}$ converti en secondes) :

$$a(t) = \frac{0,693}{1,5 \cdot 10^{9} \times 365 \times 24 \times 3600} \times 2,74 \cdot 10^{22} \simeq 4010\,\text{Bq} \quad \text{(désintégrations / s)}$$

L'énergie totale libérée en une seconde est :

$$E_{\text{tot/s}} = a(t) \times E_{lib} = 4010 \times (1,19 \times 1,6 \cdot 10^{-13}\,\text{J})$$

$$E_{\text{tot/s}} \simeq 7,63 \cdot 10^{-10}\,\text{J}$$

2. La datation par le potassium 40

2.1. Expression et calcul de l'activité $a(t)$ de la roche : La masse de potassium naturel dans la roche est $m_{\text{K}} = 5\% \times m = 0,05 \cdot m$. Le nombre total d'atomes de potassium est $N(\text{K}) = \frac{m_{\text{K}}}{M(\text{K})} N_A = \frac{0,05 \cdot m \cdot N_A}{M(\text{K})}$. Le nombre d'atomes de potassium 40 est défini par $N(^{40}\text{K}) = p \cdot N(\text{K})$. L'activité de la roche à l'instant t est $a(t) = \lambda \cdot N(^{40}\text{K})$. En remplaçant, on obtient :

$$a(t) = \lambda \frac{0,05 \cdot p \cdot m \cdot N_A}{M(\text{K})}$$

Calcul de $a(t)$: La constante radioactive est $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{1,5 \cdot 10^{9} \times 365,25 \times 24 \times 3600} \simeq$

$1,464 \cdot 10^{-17}\,\text{s}^{-1}$.

$$a(t) = 1,464 \cdot 10^{-17} \times \frac{0,05 \times 1,2 \cdot 10^{-4} \times 100 \times 6,02 \cdot 10^{23}}{40}$$

$a(t) \simeq 132,2\,\text{Bq}$

2.2. Âge de la roche volcanique : D'après la loi de décroissance radioactive : $N_0(^{40}\text{K}) = N_t(^{40}\text{K}) \cdot e^{\lambda t}$. Le nombre de noyaux initiaux de Potassium 40 est égal à ceux restants plus ceux désintégrés :

$$N_0(^{40}\text{K}) = N_t(^{40}\text{K}) + N_{\text{désintégrés}}$$

Sachant que 11% des désintégrations donnent de l'Argon 40, on a $N_t(^{40}\text{Ar}) = 0,11 \cdot N_{\text{désintégrés}}$, soit $N_{\text{désintégrés}} = \frac{N_t(^{40}\text{Ar})}{0,11}$. On peut donc écrire :

$$N_t(^{40}\text{K}) \cdot e^{\lambda t} = N_t(^{40}\text{K}) + \frac{N_t(^{40}\text{Ar})}{0,11}$$

En divisant par $N_t(^{40}\text{K})$ et en posant $r = \frac{N_t(^{40}\text{Ar})}{N_t(^{40}\text{K})}$:

$$e^{\lambda t} = 1 + \frac{r}{0,11} \implies \lambda t = \ln\left(1 + \frac{r}{0,11}\right)$$

En remplaçant λ par $\frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$, on trouve l'expression de l'âge :

$t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \ln\left(1 + \frac{r}{0,11}\right)$

Calcul de t : Avec $r = 0,4$ et $t_{1/2} = 1,5 \cdot 10^9$ ans :

$$t = \frac{1,5 \cdot 10^9}{0,693} \ln\left(1 + \frac{0,4}{0,11}\right) = 2,164 \cdot 10^9 \times \ln(1 + 3,636)$$

$$t = 2,164 \cdot 10^9 \times \ln(4,636) = 2,164 \cdot 10^9 \times 1,534$$

$t \simeq 3,32 \cdot 10^9$ ans

PHYSIQUE : Exercice 2 (5,00 points)

Détermination de coefficient auto-inductance et la capacité d'un condensateur

1. Détermination de la capacité d'un condensateur

1.1. Branchement de l'oscilloscope : L'interrupteur est basculé en position 1, le circuit est une maille série contenant E, C_2, R et C_1. Pour visualiser simultanément $U_2(t)$ (tension aux bornes de C_2) et $U_R(t)$ (tension aux bornes de R), on doit placer la **masse** de l'oscilloscope entre le condensateur C_2 et le conducteur ohmique R.

— La voie Y_1 est branchée au-dessus de C_2 (côté interrupteur) pour visualiser directement $u_{Y1} = U_2(t)$.

— La voie Y_2 est branchée entre R et C_1. On visualisera $u_{Y2} = -U_R(t)$. Il faudra activer le bouton **ń INV ż** (inverseur) sur la voie 2 pour visualiser $U_R(t)$.

1.2. Exploitation des courbes $\ln(U_R)$ et $\ln(E - U_2)$:

1.2.1. Corrélation des fonctions aux courbes : Lors de la charge, l'intensité du courant $i(t)$ diminue exponentiellement au cours du temps, donc la tension $U_R(t) = R \cdot i(t)$ décroît vers zéro. Sa fonction logarithme $\ln(U_R(t))$ est une fonction affine décroissante. **Conclusion :** La fonction $\ln(U_R)$ correspond à la **courbe (b)**. Par élimination et sachant que la tension $U_2(t)$ croît jusqu'à une valeur maximale constante, l'expression $\ln(E-U_2)$ décroît vers une asymptote horizontale. Elle correspond donc à la **courbe (a)**.

1.2.2. Équation différentielle vérifiée par $U_2(t)$: D'après la loi d'additivité des tensions : $E = u_{C1} + u_R + U_2$. Les deux condensateurs C_1 et C_2 étant en série, ils portent la même charge q :

$$u_{C1} = \frac{q}{C_1} \quad \text{et} \quad U_2 = \frac{q}{C_2} \implies u_{C1} = \frac{C_2}{C_1}U_2$$

La tension aux bornes de la résistance est :

$$u_R = R \cdot i = R\frac{dq}{dt} = R\frac{d(C_2U_2)}{dt} = RC_2\frac{dU_2}{dt}$$

En remplaçant dans l'équation d'additivité :

$$E = \frac{C_2}{C_1}U_2 + RC_2\frac{dU_2}{dt} + U_2 \implies E = U_2\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right) + RC_2\frac{dU_2}{dt}$$

Sachant que pour deux condensateurs en série $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}$, on a $1 + \frac{C_2}{C_1} = \frac{C_1+C_2}{C_1} = \frac{C_2}{C_{eq}}$.

$$E = \frac{C_2}{C_{eq}}U_2 + RC_2\frac{dU_2}{dt}$$

En divisant toute l'équation par RC_2, on obtient :

$$\frac{dU_2}{dt} + \frac{1}{RC_{eq}}U_2 = \frac{E}{RC_2}$$

1.2.3. Expression de A et α : La solution est $U_2(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$. Sa dérivée est $\frac{dU_2}{dt} = A\alpha e^{-\alpha t}$. En remplaçant dans l'équation différentielle :

$$A\alpha e^{-\alpha t} + \frac{A}{RC_{eq}} - \frac{A}{RC_{eq}}e^{-\alpha t} = \frac{E}{RC_2}$$

$$A\left(\alpha - \frac{1}{RC_{eq}}\right)e^{-\alpha t} + \frac{A}{RC_{eq}} = \frac{E}{RC_2}$$

Pour que cette équation soit vérifiée à tout instant t, il faut :

$$\alpha = \frac{1}{RC_{eq}} \quad \text{et} \quad A = E\frac{C_{eq}}{C_2}$$

1.3. Expression de U_R en fonction de E, α et t : D'après la question 1.2.2, on sait que $U_R = RC_2\frac{dU_2}{dt}$.

$$U_R = RC_2(A\alpha e^{-\alpha t}) = RC_2\left(E\frac{C_{eq}}{C_2}\right)\left(\frac{1}{RC_{eq}}\right)e^{-\alpha t}$$

$$U_R(t) = Ee^{-\alpha t}$$

1.4. Déterminations graphiques :

1.4.1. Valeur E de la force motrice : D'après l'expression de U_R, à l'instant $t = 0$, $U_R(0) = E$. Donc $\ln(U_R(0)) = \ln(E)$. Graphiquement, la courbe (b) représentant $\ln(U_R)$ coupe l'axe des ordonnées à la valeur $2,000$.

$$\ln(E) = 2 \implies E = e^2$$

$$E \simeq 7,39\,\text{V}$$

1.4.2. Valeur de τ et calcul de C_1 : On a $\ln(U_R) = \ln(E) - \alpha t = \ln(E) - \frac{t}{\tau}$. Le coefficient directeur de la droite (b) est $-1/\tau$. La droite (b) passe par les points $(0\,\text{ms}\,;\,2)$ et $(8\,\text{ms}\,;\,0)$.

$$\text{Pente} = \frac{0-2}{(8-0)\cdot 10^{-3}} = -250\,\text{s}^{-1}$$

D'où $\alpha = 250\,\text{s}^{-1} \implies \tau = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{250}$.

$$\tau = 4\,\text{ms}$$

(Remarque : La valeur $R = 3\,\Omega$ donnée dans l'énoncé est une coquille manifeste pour la cohérence des unités. La résolution impose $R = 3\,k\Omega$). On sait que $\tau = R \cdot C_{eq}$.

$$C_{eq} = \frac{\tau}{R} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{3}} = \frac{4}{3} \cdot 10^{-6}\,\text{F} = \frac{4}{3}\,\mu\text{F}$$

Or $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \implies \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_{eq}} - \frac{1}{C_2}$.

$$\frac{1}{C_1} = \frac{3}{4} - \frac{1}{2} = \frac{1}{4}\,\mu\text{F}^{-1} \implies \boxed{C_1 = 4\,\mu\text{F}}$$

2. Détermination de coefficient auto-inductance de la bobine

2.1. Équation différentielle vérifiée par U_L : Lorsque l'interrupteur bascule en position 2, on isole un circuit LC idéal formé par le condensateur C_2 et la bobine L. D'après la loi d'additivité des tensions dans cette nouvelle maille : $U_L + U_{C2} = 0$. Or, $i = C_2 \frac{dU_{C2}}{dt}$. Puisque $U_{C2} = -U_L$, alors $i = -C_2 \frac{dU_L}{dt}$. La tension aux bornes de la bobine idéale est $U_L = L\frac{di}{dt}$. En remplaçant l'expression de i :

$$U_L = L\frac{d}{dt}\left(-C_2\frac{dU_L}{dt}\right) = -LC_2\frac{d^2U_L}{dt^2}$$

$$\boxed{\frac{d^2U_L}{dt^2} + \frac{1}{LC_2}U_L = 0}$$

2.2. Régime des oscillations : La courbe de la Figure 7 montre des oscillations sinusoïdales dont l'amplitude reste constante au cours du temps. Il s'agit d'un **régime périodique** (oscillations harmoniques non amorties).

2.3. Valeur du coefficient L : La période propre T_0 est la durée d'un cycle complet. Sur la Figure 7, entre deux crêtes maximales, on lit : $T_0 = 3\,\text{ms} - 1\,\text{ms} = 2\,\text{ms}$. On sait que $T_0 = 2\pi\sqrt{LC_2}$.

$$T_0^2 = 4\pi^2 LC_2 \implies L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C_2}$$

En prenant l'approximation usuelle $\pi^2 \simeq 10$:

$$L = \frac{(2 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{80 \cdot 10^{-6}} = \frac{4}{80} = 0,05\,\text{H}$$

$$\boxed{L = 50\,\text{mH}}$$

2.4. Énergie totale du circuit : Puisque le circuit est idéal (résistance négligeable), l'énergie électromagnétique totale se conserve. Elle est égale à l'énergie électrique maximale emmagasinée dans le condensateur C_2 ou à l'énergie magnétique maximale dans la bobine :

$$E_{tot} = E_{e,\max} = \frac{1}{2} C_2 U_{L,\max}^2$$

D'après la Figure 7, l'amplitude maximale de la tension est $U_{L,\max} = 4\,\text{V}$.

$$E_{tot} = \frac{1}{2}(2 \cdot 10^{-6}) \cdot (4)^2 = 16 \cdot 10^{-6}\,\text{J}$$

$$E_{tot} = 1,6 \cdot 10^{-5}\,\text{J}$$

PHYSIQUE : Exercice 3 (4,50 points)

Étude de mouvement d'un boulet et d'un électron

1. Étude du mouvement du boulet avant le lâcher

1.1.1. Corrélation des étapes aux figures :

— **Étape 1 (Mouvement circulaire accéléré) → Figure-8- :** Dans un mouvement accéléré, la vitesse varie en norme, donc l'accélération possède une composante tangentielle non nulle ($\vec{a}_t \neq \vec{0}$). Sur la Figure-8, le vecteur $\vec{a}$ est incliné vers l'avant et possède bien une composante tangentielle dans le même sens que $\vec{v}$.

— **Étape 2 (Mouvement circulaire uniforme) → Figure-9- :** Dans un mouvement uniforme, la norme de la vitesse est constante, l'accélération tangentielle est donc nulle ($\vec{a}_t = \vec{0}$). L'accélération est purement normale (centripète). Sur la Figure-9, le vecteur $\vec{a}$ est dirigé exactement vers le centre de la trajectoire.

1.2.1. Calcul de l'accélération à l'instant t_1 : L'accélération totale $\vec{a}$ est la somme de ses composantes tangentielle $\vec{a}_t$ et normale $\vec{a}_n$: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$.

— **Accélération tangentielle (a_t) :** D'après la Figure-10, la vitesse est une fonction affine du temps. Son coefficient directeur est $a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

$$a_t = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{5,5 - 5}{1} = 0,5\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

— **Accélération normale (a_n) :** À l'instant t_1, la vitesse est $v(t_1) = 5\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le rayon est $R = 2,5\,\text{m}$.

$$a_n = \frac{v(t_1)^2}{R} = \frac{5^2}{2,5} = \frac{25}{2,5} = 10\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

La norme de l'accélération est donc :

$$a = \sqrt{0,5^2 + 10^2} = \sqrt{0,25 + 100} = \sqrt{100,25}$$

$$a \approx 10,01\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

1.3. Justification du poids négligeable dans la deuxième étape : Appliquons la 2ème loi de Newton au boulet : $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$ (où $\vec{T}$ est la force exercée par le câble). Dans cette étape, le mouvement est circulaire uniforme à la vitesse $v = 26\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. L'accélération est purement centripète $a_n = \frac{v^2}{R}$. L'intensité de la tension $\vec{T}$ qui fournit cette force centripète est approximativement $T \approx m\frac{v^2}{R}$. Le poids est $P = mg$. Comparons ces deux forces en calculant leur rapport :

$$\frac{T}{P} = \frac{m\frac{v^2}{R}}{mg} = \frac{v^2}{R\cdot g}$$

$$\frac{T}{P} = \frac{26^2}{2,5\times 10} = \frac{676}{25} = 27,04$$

Puisque $T \approx 27P$, la force $\vec{T}$ est très largement supérieure au poids. Le poids est donc négligeable devant l'action du câble.

2. Étude de mouvement d'un électron dans un champ électrostatique

2.1. Équation de la trajectoire : Le système est l'électron (masse m_e, charge $q = -e$). Le poids de l'électron est négligeable devant la force électrostatique $\vec{F} = -e\vec{E}$. 2ème loi de Newton : $-e\vec{E} = m_e\vec{a} \implies \vec{a} = -\frac{e}{m_e}\vec{E}$. Le champ électrique $\vec{E}$ est uniforme, perpendiculaire aux plaques. L'électron étant dévié vers le bas (vers les y négatifs), la force $\vec{F}$ pointe vers le bas, donc $\vec{E}$ pointe vers le haut (de P vers N). Ainsi, $\vec{E} = E\vec{j} = \frac{U}{d}\vec{j}$. L'accélération a pour composantes :

$$a_x = 0 \quad \text{et} \quad a_y = -\frac{eE}{m_e} = -\frac{eU}{m_e d}$$

En intégrant, on obtient les équations de la vitesse avec $\vec{v}_0(v_0, 0)$:

$$v_x(t) = v_0 \quad \text{et} \quad v_y(t) = -\frac{eU}{m_e d}t$$

En intégrant encore, on obtient les équations horaires de position avec $\vec{OM}_0(0, 0)$:

$$x(t) = v_0 t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2}\frac{eU}{m_e d}t^2$$

Pour obtenir l'équation de la trajectoire, on remplace $t = \frac{x}{v_0}$ dans l'équation de $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{eU}{2m_e d v_0^2}x^2$$

2.2. Montrer la relation $mv_0^2 = \frac{eEl}{\sqrt{2}}$: Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre l'entrée O et la sortie S du champ :

$$\Delta E_c = W_{O\to S}(\vec{F}) \implies E_{cS} - E_{c0} = \vec{F} \cdot \vec{OS} = F_y \cdot y_S = (-eE) \cdot y_S$$

L'énoncé indique que $E_{cS} = 3E_{c0}$. Donc $\Delta E_c = 3E_{c0} - E_{c0} = 2E_{c0} = 2\left(\frac{1}{2}m_e v_0^2\right) = m_e v_0^2$. D'autre part, l'ordonnée à la sortie (pour $x = l$) est $y_S = -\frac{eE}{2m_e v_0^2}l^2$. Le travail est donc : $W = -eE\left(-\frac{eEl^2}{2m_e v_0^2}\right) = \frac{e^2E^2l^2}{2m_e v_0^2}$. On égalise les deux expressions de ΔE_c :

$$m_e v_0^2 = \frac{e^2E^2l^2}{2m_e v_0^2} \implies (m_e v_0^2)^2 = \frac{e^2E^2l^2}{2}$$

En prenant la racine carrée (valeurs positives) :

$$m_e v_0^2 = \frac{eEl}{\sqrt{2}}$$

2.3. Calcul de la vitesse v_0 : D'après la relation précédente, et sachant que $E = \frac{U}{d}$:

$$v_0 = \sqrt{\frac{eEl}{m_e\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{eUl}{m_e d\sqrt{2}}}$$

Application numérique : $U = 40\,\text{V}$, $d = 0,06\,\text{m}$, $l = 0,06\,\text{m}$.

$$v_0 = \sqrt{\frac{1,6\cdot 10^{-19}\times 40\times 0,06}{9,1\cdot 10^{-31}\times 0,06\times\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{64\cdot 10^{-19}}{12,87\cdot 10^{-31}}} = \sqrt{4,973\cdot 10^{12}}$$

$$v_0 \approx 2,23\cdot 10^6\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

2.4. Calcul de la déviation électrique D_e : La déviation électrique sur l'écran situé à la distance L de l'entrée a pour expression (d'après le théorème de Thalès, le faisceau semblant provenir du centre des plaques $x = l/2$) :

$$D_e = |Y| = |\tan\alpha| \left(L - \frac{l}{2}\right)$$

Où $\tan\alpha = \frac{v_{yS}}{v_{xS}} = \frac{-\frac{eUl}{m_e d v_0}}{v_0} = -\frac{eUl}{m_e d v_0^2} = -\frac{eEl}{m_e v_0^2}$. Or, d'après la question 2.2, $\frac{eEl}{m_e v_0^2} = \sqrt{2}$. Donc $|\tan\alpha| = \sqrt{2}$.

$$D_e = \sqrt{2}\left(L - \frac{l}{2}\right)$$

Application numérique avec $L = 50\,\text{cm} = 0,5\,\text{m}$ et $l = 6\,\text{cm} = 0,06\,\text{m}$:

$$D_e = \sqrt{2}\left(0,5 - \frac{0,06}{2}\right) = \sqrt{2} \times 0,47 \approx 1,414 \times 0,47$$

$D_e \approx 0,665\,\text{m}$

مؤسسة فضاء العلوم الخصوصية	**Examen normalisé N2** ***Session juin 2026*** ***2 ème Bac PC***	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة

Matière	***Physique-chimie***			
Coefficient	***7***		***Durée***	***3H***

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.
On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte 4 exercices

Exercice I : ..... (7 points)

- Partie 1 : Suivi temporel d'une transformation chimique
- Partie 2 : Les réactions acido-basiques

Exercice II : ..... (4 points)

- Partie 1 : Propagation d'une onde lumineuse.
- Partie 2 : La datation par la méthode U-Pb

Exercice III :.....(4 points)

- Partie 1 : Dipôle RC
- Partie 2 : Etude de circuit LC.

Exercice IV :.....(5 points)

- Partie 1 : Mouvement de rotation
- Partie 2 : Etude d'un système oscillant

Exercice 1 :Chimie (7 points)

Partie 1 : 'Suivi temporel d'une transformation chimique' **(3,25pt)**

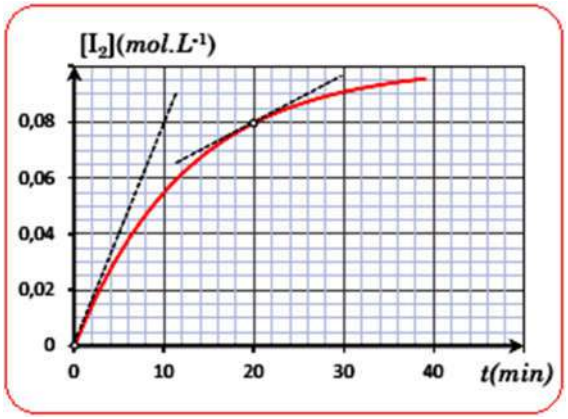
On se propose d'étudier la vitesse de la réaction entre les *ions iodure* I^- et les ions *peroxodisulfate* $S_2O_8^{2-}$.

A l'instant $t = 0$, On prépare une solution aqueuse (S) en mélangeant un volume $V_1 = 500\,mL$ d'une solution d'iodure de potassium $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ de concentration $C_1 = 0.4\,mol.L^{-1}$, avec un volume $V_2 = 500\,mL$ d'une solution de peroxodisulfate de potassium $(2K^+_{(aq)} + {S_2O_8^{2-}}_{(aq)})$ de concentration $C_2 = 0.3\,mol.L^{-1}$. L'équation chimique de la réaction qui se produit est :

$$2I^-_{(aq)} + S_2O^{2-}_{8(aq)} \longrightarrow I_{2(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)}$$

1. Identifier les deux couples (*ox* / *réd*) intervenant dans la réaction citée. **(0,5pt)**
2. Dresser le tableau d'avancement de la réaction, et déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal x_{max}. **(0,75pt)**
3. En utilisant le tableau d'avancement, montrer que : **(0,5pt)**

   $x(t) = [I_2].V_T$; avec V_T volume totale de solution.
4. A partir des résultats expérimentaux, on a construit la courbe d'évolution ci-contre de la concentration $[I_2]$ en fonction du temps $t(min)$.



4-1. Déterminer la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. **(0,5pt)**

4.2- Calculer la valeur de la vitesse volumique de réaction à $t = 0\,min$ et à $t = 20\,min$. **(0,5pt)**

4-3- Comment évolue la vitesse volumique au cours du temps ? donner une explication à cette évolution. **(0,5pt)**

Partie 2: **(3,75pt)**

Etude de quelques solutions aqueuses faisant intervenir le couple $HClO_{(aq)} / ClO^-_{(aq)}$

Données : - Toutes les mesures sont effectuées à 25^0C ;

- Le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$;
- La constante d'acidité du couple $HClO_{(aq)} / ClO^-_{(aq)}$ est : $K_A = 5.10^{-8}$.

La mesure du pH d'une solution aqueuse(S) d'acide hypochloreux $HClO$ de concentration molaire C et de volume V donne $pH = 5,5$.

-1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide hypochloreux avec l'eau. **(0,25pt)**

-2-Trouver l'expression de la concentration molaire C en fonction du pH et de K_A .Calculer sa valeur. **(0,75pt)**

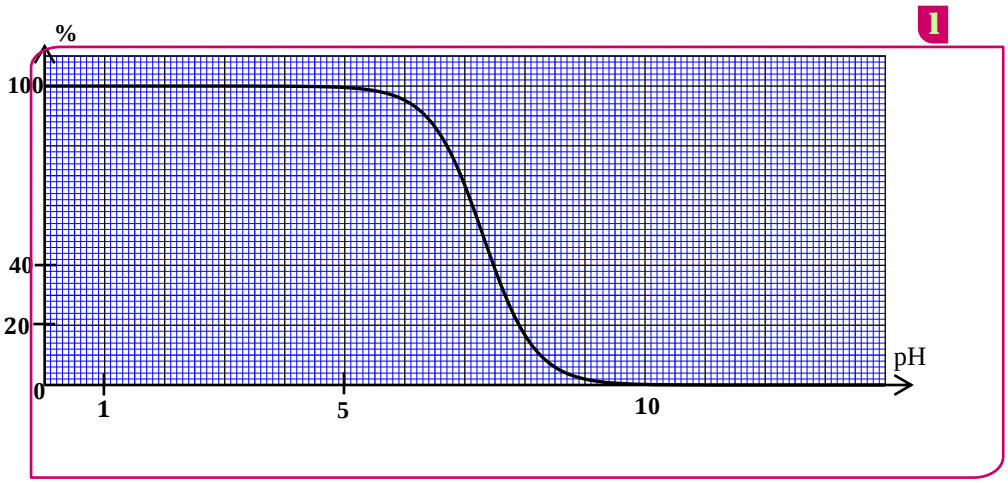
-3-On définit la proportion de l'espèce basique ClO^- dans une solution par :

$\alpha(ClO^-) = \dfrac{[ClO^-]_{éq}}{[ClO^-]_{éq} + [HClO]_{éq}}$. Montrer que $\alpha(ClO^-) = \dfrac{K_A}{K_A + 10^{-pH}}$. **(0,75pt)**

-4- La courbe de la figure2 représente l'évolution en fonction du pH de la proportion de l'une des formes basique ou acide (exprimée en pourcentage) du couple $HClO_{(aq)} / ClO^-_{(aq)}$.

-4-1- A quelle forme du couple $HClO_{(aq)} / ClO^-_{(aq)}$ est associée cette courbe ? **(0,25pt)**

-4-2-En utilisant le graphe de la figure 1 **,** identifier , en justifiant, l'espèce prédominante du couple $HClO_{(aq)} / ClO^-_{(aq)}$ dans la solution (S). **(0,5pt)**



-5- On mélange un volume V_a d'une solution d'acide hypochloreux de concentration molaire C_a avec un volume V_b d'une solution d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_b = C_a$

Le pH de la solution obtenue est $pH = 7,3$

-5-1- Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction qui se produit . **(0,5pt)**

-5-2 -En se basant sur le graphe de la figure 2, calculer la valeur du rapport $\frac{[HClO]_{éq}}{[ClO^-]_{éq}}$

Que peut -on en déduire ? **(0,75pt)**

---

physique(13 points)

Exercice 2 : (4 points)

Partie I : ondes lumineuses (2pt)

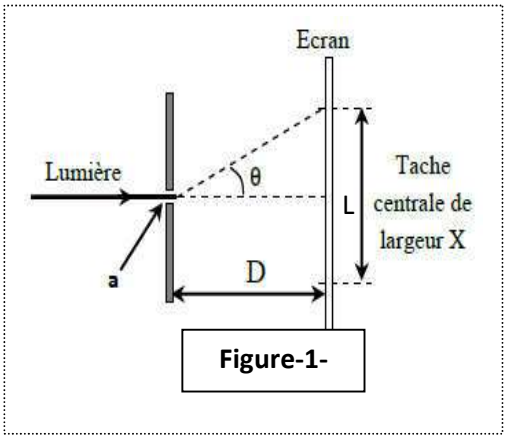


Figure-1-

Le schéma de la figure-1- représente un montage expérimental pour l'étude de la diffraction de la lumière.

Une fente de largeur a est éclairée avec une lumière laser rouge de longueur d'onde λ_1=632,8nm , puis par une lumière jaune d'une lampe à mercure, de longueur d'onde λ_2 inconnue .

Sur un écran situé à la distance D de la fente, on visualise successivement les figures de diffraction obtenues.

En lumière rouge, la tache centrale a une largeur L_1=6,0cm et en lumière jaune une largeur L_2=5,4cm. On donne la célérité de la lumière dans le vide $C=3.10^8$ m.s^{-1}.

1-Donner l'expression permettant de déterminer l'angle θ en utilisant les grandeurs présentes sur la figure. **(0,5pt)**

2- Montrer que le rapport $\frac{\lambda}{L}$ est constant pour un dispositif expérimental donné, et déduire la longueur d'onde λ_2. **(0,5pt)**

3- Calculer la longueur d'onde de la lumière rouge du laser utilisé lorsqu'elle se propage dans un milieu d'indice n =1,5 ainsi que sa vitesse de propagation dans ce milieu. **(0,25pt)**

4- Si on éloigne l'écran de la fente, la largeur de la tache centrale : **(0,25pt)**

(A) :n'est pas modifiée	(B) :diminue	(C) :augmente	(D) :autre réponse

5- On répète la même expérience en utilisant un fil fin vertical de diamètre d éclairé par la lumière rouge de longueur λ_1, la largeur de la tâche centrale devient $L_3 = 4\ L_1$. Déterminer l'expression du diamètre d, et calculer sa valeur. **(0,5pt)**

Partie II (2pts) : La datation par la méthode Uranium-Plomb

La datation par la méthode Uranium-Plomb est une technique ancienne, qui permet la détermination de l'âge approximatif de la Terre. Le noyau d'uranium $^{238}_{92}U$, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb $^{A}_{Z}Pb$ stable, après une série de désintégrations successives, parmi lesquelles la désintégration en noyau de thorium $^{234}_{90}Th$ et la désintégration en noyau de protactinium $^{234}_{91}Pa$.

1. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie parmi **: (0,25pt)**

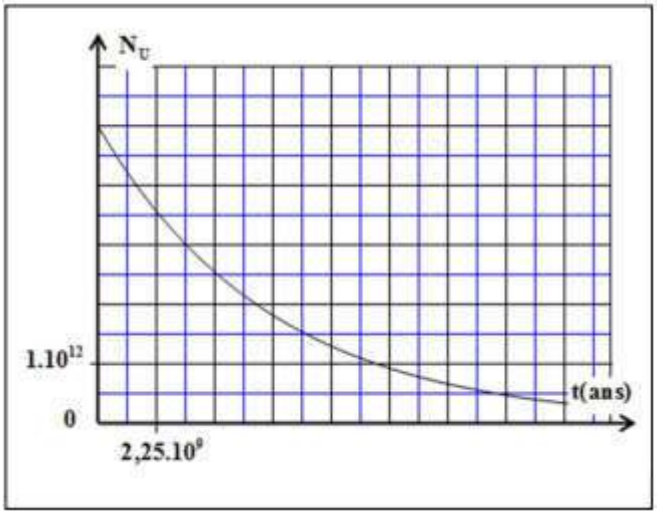
a	Le noyau $^{238}_{92}U$ se désintègre spontanément suivant l'équation **:** $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{90}Th$
b	Le noyau $^{234}_{90}Th$ se désintègre spontanément suivant l'équation **:** $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{0}_{+1}e + {}^{234}_{91}Pa$
c	La désintégration selon l'équation **:** $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{90}Th$ est de type β^-
d	La désintégration selon l'équation **:** $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{234}_{91}Pa$ est de type β^+

2. L'équation $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Pb + 6\,{}^{0}_{-1}e + 8\,{}^{4}_{2}He$ résume la série de désintégrations successives du noyau $^{238}_{92}U$ jusqu'au noyau $^{A}_{Z}Pb$.

2.1. En appliquant les lois de conservation, trouver les valeurs de A et Z. **(0,5pt)**

2.2. On considère que l'âge de chaque roche minérale ancienne est celui de la Terre qu'on note t_T .

La figure ci-contre représente la courbe de décroissance radioactive des noyaux d'uranium 238 dans un échantillon de roche minérale ancienne contenant $N_U(0)$ noyaux d'uranium à l'instant $t = 0$.



Pour les questions suivantes, recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie parmi **:**

2.2.1. La valeur de $N_U(0)$ est **:** **(0,25pt)**

a	$2,5.10^{12}$	**b**	4.10^{12}	**c**	$4,5.10^{12}$	**d**	5.10^{12}

2.2.2. La demi-vie $t_{1/2}$ de l'uranium **238** est **: (0,5pt)**

a	$1,5.10^{9}ans$	**b**	$2,25.10^{9}ans$	**c**	$4,5.10^{9}ans$	**d**	$9.10^{9}ans$

2.2.3. La mesure du nombre de noyaux de plomb, dans la roche minérale ancienne, à la date t_T, a donné la valeur $N_{Pb}(t_T) = 2,5.10^{12}$. L'âge approximatif t_T de la Terre est **: (0,5pt)**

a	$4,5.10^{9}ans$	**b**	$2,25.10^{9}ans$	**c**	$4,5.10^{10}ans$	**d**	$2,25.10^{10}ans$

Exercice 3 : (4 points)

On réalise le montage représenté sur la figure1 comportant :

-un générateur de tension G de f.e.m. $U_0 = 10\,V$;

-un conducteur ohmique de résistance $R = 1k\Omega$;

-un condensateur de capacité $C = 10\,\mu F$ initialement déchargé ;

- deux interrupteurs K_1 et K_2 ;

-une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

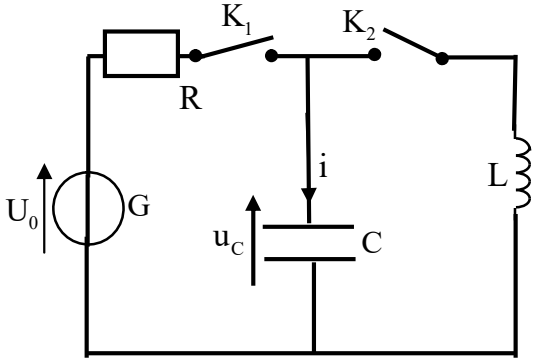


Figure 1

1- K_2 étant ouvert et K_1 fermé :

A un instant choisi comme origine des dates $(t = 0)$, on ferme l'interrupteur K_1. K_2 reste ouvert.

1-1-Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ s'écrit : $\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C(t) = \frac{U_0}{\tau}$ **.(0, 5 pt)**

1-2- Calculer la valeur de la constante de temps τ pour le dipôle RC. **(0,25 pt)**

1-3-Calculer l'énergie maximale E_0 emmagasinée dans le condensateur une fois chargé totalement. **(0,5 pt)**

2- K_1 **étant ouvert et** K_2 **fermé :**

Le condensateur étant totalement chargé, on ouvre K_1 et on ferme K_2 à un instant choisi comme nouvelle origine des dates $(t=0)$.

A un instant t la charge du condensateur est $q(t)$.

2-1- Exprimer à un instant t, l'énergie totale $\mathcal{E}$ du circuit LC en fonction de $q(t)$, L, C et i l'intensité du courant. **(0,5 pt)**

2-2- Sachant que l'énergie totale $\mathcal{E}$ est constante, trouver l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$. **(0,5 pt)**

2-3- Une étude expérimentale a permis d'obtenir la courbe de la figure 2 représentant la variation de l'énergie E_m emmagasinée par la bobine en fonction de l'intensité i du courant.

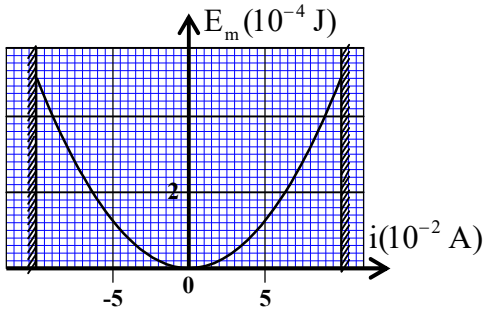


Figure 2

2-3-1- En exploitant la courbe de la figure 2, déterminer la valeur de L. **(0,75 pt)**

2-3-2-Vérifier que la valeur de la période propre du circuit LC est $T_0 \simeq 6,3\,ms$. **(0,5 pt)**

2-3-3- Détermier la valeur de la tension Uc(t) aux bornes du condensateur lorsque i(t)= 0,05A **(0,5pt)**

Exercice 4 : Mécanique (5 points)

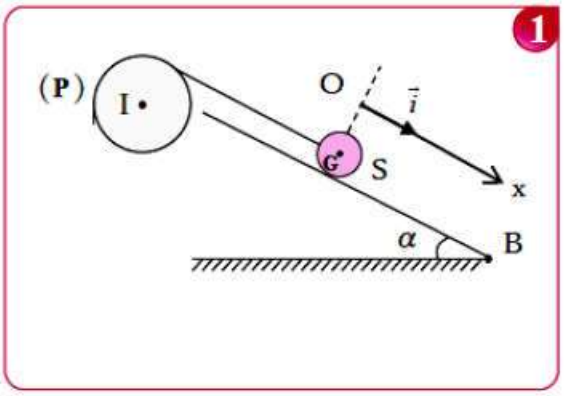
Partie I : Mouvement de rotation (2,5 points)

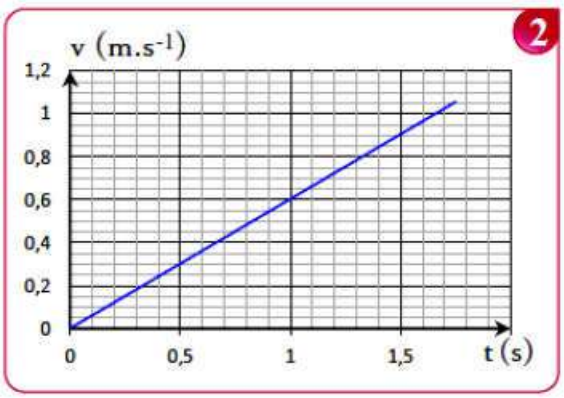
la figure (1) est constitué :

-D'une poulie(P) de masse M , de rayon r et de moment d'inertie $\mathbf{J}_\Delta$ pouvant tourner autour d'un axe fixe(Δ) passant par son centre I.

-Un solide (S) de masse m . Le corps S est fixé par extrémité inférieure à un fil inextensible de masse négligeable et enroulé sur la poulie.

les frottements sont négligeables ; On donne α=30° ; m=0.4kg ; g=10m.s^{-2} ; r=5cm.





A l'instant t=0 , on lâche le système sans vitesse initiale avec x(t=0)= 0 .La figure (2) représente le diagramme de la vitesse du solide (S)

1-Quelle est la nature du mouvement du solide (S) . (0,25pt).

2-déterminer la valeur de l'accélération **a** du solide (S). (0,25pt)

3-Déterminer la distance parcourut par le solide (S) lorsque la vitesse angulaire du poulie est $\dot{\theta}$=12rad.s^{-1}. (0,5pt)

4-Calculer $\ddot{\theta}$ l'accélération angulaire de la poulie (P). (0,25pt)

5-En appliquant la 2eme loi de Newton sur le solide (S), exprimer la tension du fil en fonction de m, g ,α et a . (0,5pt)

6- En appliquant la relation fondamentale de la dynamique sur la poulie (P), Monter que le moment d'inertie $\mathbf{J}_\Delta$ de la poulie (P) s'écrit : $J_\Delta = m.r^2.(\frac{gSin(\alpha)}{a} - 1)$ Calculer sa valeur. (0,75pt)

Partie II. Étude d'un système oscillant (2,5pt)

On considère le système mécanique solide-ressort représenté dans la figure-4-.Le solide (S) possède la masse m et le ressort a une constante de raideur K et est de masse négligeable.

A l'équilibre, le centre de gravité de (S) coïncide avec l'origine O de l'axe horizontale $(O;i)$.

On néglige tous les forces de frottement lors de cette étude.

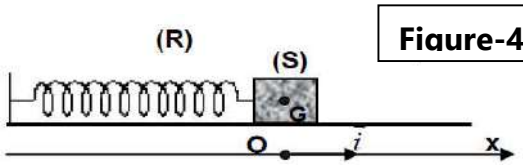


Figure-4-

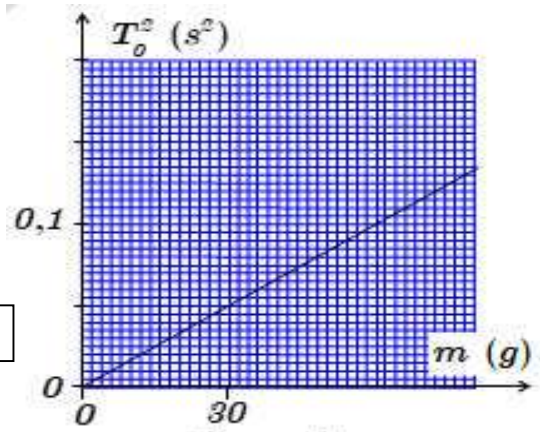


Figure-5-

1- On écarte (S) de sa position d'équilibre vers la gauche, d'une distance d=2cm puis on l'abandonne sans vitesse initiale a un instant t=0.

1-1. Etablir l'équation différentielle que vérifie l'élongation $x(t)$ du centre (G) de (S). En déduire la nature de son mouvement. (0,5pt)

1-2. Trouver la valeur de φ, sachant que $x(t) = X_m.cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle. (0,5pt)

1-3 -Déterminer le sens et l'intensité de la force de rappel exercée par le ressort a l'instant $t = \frac{T_0}{2}$. (0,5pt)

2- On fait varier la masse m suspendue à l'extrémité mobile du ressort et ce en changeant le corps suspendu. A chaque fois, on fait osciller le système et on détermine la période propre T_0 correspondante. Le graphe de la figure-5- représente la variation de T_0^2 en fonction de la masse m Calculer la valeur de la constante de raideur K . (0,5pt)

3- Dans une nouvelle manipulation et à $t = 0$, (S) est écarté de la distance x_0 de sa position d'équilibre vers la gauche et envoyé horizontalement vers la droite avec une vitesse initiale v_0 .

Montrer que la nouvelle amplitude des oscillations du mouvement s'écrit sous la forme : (0,5pt)

$$x'_m = \sqrt{x_0^2 + (\frac{v_0.T_0}{2\pi})^2}$$

Exercice 1 : Chimie (7 points)

Suivi temporel d'une transformation chimique & Étude de solutions aqueuses

Partie 1 : 'Suivi temporel d'une transformation chimique' (3,25pt)

1. Identification des deux couples (ox / réd) : L'équation de la réaction est : $2\mathrm{I}^-_{(aq)} + \mathrm{S_2O}^{2-}_{8(aq)} \rightarrow \mathrm{I}_{2(aq)} + 2\mathrm{SO}^{2-}_{4(aq)}$

— L'ion iodure I^- se transforme en diiode I_2 (oxydation). Le couple est donc : $\mathbf{I}_{2(aq)}/\mathbf{I}^-_{(aq)}$.

— L'ion peroxodisulfate $\mathrm{S_2O}^{2-}_8$ se transforme en ion sulfate SO^{2-}_4 (réduction). Le couple est : $\mathbf{S_2O}^{2-}_{8(aq)}/\mathbf{SO}^{2-}_{4(aq)}$.

2. Tableau d'avancement, réactif limitant et avancement maximal : Calcul des quantités de matière initiales :

$$n_i(\mathrm{I}^-) = C_1 \cdot V_1 = 0,4 \times 0,500 = 0,2\,\text{mol}$$

$$n_i(\mathrm{S_2O}^{2-}_8) = C_2 \cdot V_2 = 0,3 \times 0,500 = 0,15\,\text{mol}$$

Équation		$2\mathrm{I}^-_{(aq)} + \mathrm{S_2O}^{2-}_{8(aq)} \rightarrow \mathrm{I}_{2(aq)} + 2\mathrm{SO}^{2-}_{4(aq)}$			
État	**Avancement**	Quantités de matière (mol)			
Initial	0	$0,2$	$0,15$	0	0
En cours	x	$0,2-2x$	$0,15-x$	x	$2x$
Final	x_{max}	$0,2-2x_{max}$	$0,15-x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$

Recherche du réactif limitant :

— Si I^- est limitant : $0,2-2x_{max1}=0 \implies x_{max1}=0,1\,\text{mol}$.

— Si $\mathrm{S_2O}^{2-}_8$ est limitant : $0,15-x_{max2}=0 \implies x_{max2}=0,15\,\text{mol}$.

Puisque $x_{max1} < x_{max2}$, le **réactif limitant est l'ion iodure $\mathbf{I}^-$** et l'avancement maximal est : $x_{max} = 0,1\,\text{mol}$

3. Montrer que $x(t) = [\mathrm{I}_2] \cdot V_T$: D'après le tableau d'avancement, la quantité de matière de diiode formée à un instant t est $n(\mathrm{I}_2) = x(t)$. Par définition de la concentration molaire, on a : $[\mathrm{I}_2] = \frac{n(\mathrm{I}_2)}{V_T}$, avec le volume total $V_T = V_1 + V_2 = 1,0\,\text{L}$. On en déduit donc la relation : $x(t) = [\mathrm{I}_2] \cdot V_T$

4. Exploitation de la courbe d'évolution

4-1. Détermination du temps de demi-réaction $t_{1/2}$: Par définition, à $t = t_{1/2}$, l'avancement est $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = 0,05\,\text{mol}$. La concentration correspondante est $[\text{I}_2]_{1/2} = \frac{x(t_{1/2})}{V_T} = \frac{0,05}{1} = 0,05\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Graphiquement, l'abscisse correspondant à l'ordonnée $[\text{I}_2] = 0,05\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ est : $\boxed{t_{1/2} = 10\,\text{min}}$

4-2. Calcul de la vitesse volumique de réaction : La vitesse volumique est donnée par $v = \frac{1}{V_T}\frac{dx}{dt}$. Or, puisque $x = [\text{I}_2]\cdot V_T$, on a $\frac{dx}{dt} = V_T\frac{d[\text{I}_2]}{dt}$. Donc $v(t) = \frac{d[\text{I}_2]}{dt}$, ce qui correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe à l'instant t.

— **À t = 0 :** La tangente passe par l'origine $(0\,;\,0)$ et par le point $(10\,\text{min}\,;\,0,08\,\text{mol/L})$.

$$v(0) = \frac{0,08-0}{10-0} \Longrightarrow \boxed{v(0) = 8,0\cdot10^{-3}\,\textbf{mol}\cdot\textbf{L}^{-1}\cdot\textbf{min}^{-1}}$$

— **À t = 20 min :** La tangente passe par le point de tangence $(20\,\text{min}\,;\,0,08\,\text{mol/L})$ et coupe l'axe des ordonnées environ en $(0\,;\,0,04\,\text{mol/L})$.

$$v(20) = \frac{0,08-0,04}{20-0} = \frac{0,04}{20} \Longrightarrow \boxed{v(20) = 2,0\cdot10^{-3}\,\textbf{mol}\cdot\textbf{L}^{-1}\cdot\textbf{min}^{-1}}$$

4-3. Évolution de la vitesse et explication : On constate que la vitesse volumique de la réaction **diminue** au cours du temps ($v(20) < v(0)$). **Explication :** Au fur et à mesure que la réaction progresse, les réactifs (I^- et $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) sont consommés. Leur concentration diminue. Or, la concentration des réactifs est un **facteur cinétique** : plus elle est faible, plus la probabilité de chocs efficaces diminue, ce qui ralentit la réaction.

Partie 2 : Étude de quelques solutions aqueuses (3,75pt)

1. Équation chimique de la réaction avec l'eau : L'acide hypochloreux réagit avec l'eau selon l'équation : $\boxed{\text{HClO}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{ClO}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}}$

2. Expression et calcul de la concentration molaire C : L'expression de la constante d'acidité est : $K_A = \frac{[\text{ClO}^-]_q[\text{H}_3\text{O}^+]_q}{[\text{HClO}]_q}$. Le pH étant de $5,5$, l'autoprotolyse de l'eau est négligeable, d'où $[\text{ClO}^-]_q \approx [\text{H}_3\text{O}^+]_q = 10^{-pH}$. D'après la conser-

vation de la matière : $C = [\text{HClO}]_q + [\text{ClO}^-]_q \implies [\text{HClO}]_q = C - 10^{-pH}$. En remplaçant dans l'expression de K_A :

$$K_A = \frac{(10^{-pH})^2}{C - 10^{-pH}} \implies C - 10^{-pH} = \frac{10^{-2pH}}{K_A}$$

$$C = 10^{-pH} + \frac{10^{-2pH}}{K_A}$$

Calcul de la valeur de C :

$$C = 10^{-5,5} + \frac{10^{-11}}{5 \cdot 10^{-8}} = 10^{-5,5} + \frac{1}{5} \cdot 10^{-3} = 3,16 \cdot 10^{-6} + 2,0 \cdot 10^{-4}$$

$$C \simeq 2,03 \cdot 10^{-4}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3. Montrer l'expression de la proportion $\alpha(\text{ClO}^-)$: Par définition : $\alpha(\text{ClO}^-) = \frac{[\text{ClO}^-]_q}{[\text{ClO}^-]_q + [\text{HClO}]_q}$. En divisant le numérateur et le dénominateur par $[\text{ClO}^-]_q$:

$$\alpha(\text{ClO}^-) = \frac{1}{1 + \frac{[\text{HClO}]_q}{[\text{ClO}^-]_q}}$$

Or, d'après l'expression de K_A, on a $\frac{[\text{HClO}]_q}{[\text{ClO}^-]_q} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_q}{K_A} = \frac{10^{-pH}}{K_A}$. En remplaçant dans la fraction :

$$\alpha(\text{ClO}^-) = \frac{1}{1 + \frac{10^{-pH}}{K_A}} = \frac{1}{\frac{K_A + 10^{-pH}}{K_A}}$$

$$\alpha(\text{ClO}^-) = \frac{K_A}{K_A + 10^{-pH}}$$

4. Exploitation de la courbe (Figure 2) :

4-1. Forme associée à cette courbe : La courbe montre un pourcentage qui est maximal ($\sim 100\%$) pour des pH très acides (faibles) et qui tend vers 0 pour des pH très basiques. À pH acide, c'est la forme **acide** qui prédomine. Cette courbe représente donc le pourcentage de la forme **acide HClO**.

4-2. Espèce prédominante dans la solution (S) : La solution (S) a un $pH = 5,5$. En se référant au graphe de la figure 2, à l'abscisse $pH = 5,5$, l'ordonnée de la courbe représentant le pourcentage de HClO est proche de 100%. **Justification par le calcul :** Le $pK_A = -\log(5 \cdot 10^{-8}) \approx 7,3$. Puisque $pH < pK_A$, l'espèce **acide HClO est prédominante**.

5. Mélange des solutions d'acide et d'hydroxyde de sodium :

5-1. Valeur de la constante d'équilibre K : L'équation de la réaction acido-basique qui se produit est :

$$\mathrm{HClO}_{(aq)} + \mathrm{HO}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \mathrm{ClO}^-_{(aq)} + \mathrm{H_2O}_{(l)}$$

La constante d'équilibre est : $K = \frac{[\mathrm{ClO}^-]_q}{[\mathrm{HClO}]_q[\mathrm{HO}^-]_q}$. En multipliant le numérateur et le dénominateur par $[\mathrm{H_3O}^+]_q$, on fait apparaître K_A et K_e :

$$K = \frac{[\mathrm{ClO}^-]_q[\mathrm{H_3O}^+]_q}{[\mathrm{HClO}]_q} \times \frac{1}{[\mathrm{H_3O}^+]_q[\mathrm{HO}^-]_q} = \frac{K_A}{K_e}$$

$$K = \frac{5 \cdot 10^{-8}}{10^{-14}} \implies K = 5 \cdot 10^6$$

(Puisque $K > 10^4$, cette réaction peut être considérée comme totale).

5-2. Valeur du rapport et déduction : Le mélange obtenu a un $pH = 7,3$. D'après le graphe de la figure 2, au point d'abscisse $pH = 7,3$, le pourcentage de la forme acide HClO est exactement de 50%. Puisque le pourcentage total est de 100%, le pourcentage de la base conjuguée ClO^- est également de $100\% - 50\% = 50\%$. Le rapport des concentrations est égal au rapport de leurs pourcentages :

$$\frac{[\mathrm{HClO}]_q}{[\mathrm{ClO}^-]_q} = \frac{50\%}{50\%} \implies \frac{[\mathbf{HClO}]_q}{[\mathbf{ClO}^-]_q} = 1$$

Déduction : Le rapport étant égal à 1, on en déduit que $[\mathrm{HClO}]_q = [\mathrm{ClO}^-]_q$. D'après la relation $pH = pK_A + \log\left(\frac{[\mathrm{ClO}^-]}{[\mathrm{HClO}]}\right)$, lorsque les concentrations sont égales, le logarithme est nul, ce qui implique que $pH = pK_A$. Le graphe confirme donc que le pK_A du couple est de $7,3$. De plus, ce mélange, obtenu à la demi-équivalence (car $C_a = C_b$ et $[\mathrm{HClO}] = [\mathrm{ClO}^-]$ indique l'ajout de $V_b = V_a/2$), possède les caractéristiques d'une **solution tampon** (le pH varie peu lors de l'ajout modéré d'un acide, d'une base ou lors d'une dilution).

PHYSIQUE (13 points)

Exercice 2 : Ondes et Datation / Exercice 3 : Dipôles RC et LC

Exercice 2 - Partie I : Ondes lumineuses (2pt)

1. Expression permettant de déterminer l'angle θ : D'après la figure 1, on se place dans le triangle rectangle formé par l'écran et l'axe central. On a :

$$\tan(\theta) = \frac{L/2}{D}$$

L'angle θ étant très petit, on peut faire l'approximation $\tan(\theta) \approx \theta$ (en radians).

D'où l'expression : $\theta = \frac{L}{2D}$

2. Constance du rapport $\frac{\lambda}{L}$ et déduction de λ_2 : On sait par le cours que l'écart angulaire est $\theta = \frac{\lambda}{a}$. En égalisant les deux expressions de θ :

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \implies \frac{\lambda}{L} = \frac{a}{2D}$$

Pour un dispositif expérimental donné, la largeur de la fente a et la distance D à l'écran sont **constantes**. Donc, le rapport $\frac{\lambda}{L}$ est constant : $\frac{\lambda_1}{L_1} = \frac{\lambda_2}{L_2} = \text{cte}$. On en déduit la valeur de λ_2 :

$$\lambda_2 = \lambda_1 \frac{L_2}{L_1} = 632,8 \times \frac{5,4}{6,0}$$

$$\lambda_2 \simeq 569,52\,\text{nm}$$

3. Longueur d'onde et vitesse dans le milieu d'indice $n = 1,5$: La longueur d'onde dans un milieu d'indice n est $\lambda' = \frac{\lambda_0}{n}$ (où λ_0 est la longueur d'onde dans le vide).

$$\lambda' = \frac{632,8}{1,5} \implies \lambda' \simeq 421,87\,\textbf{nm}$$

La vitesse de propagation dans ce milieu est $v = \frac{C}{n}$:

$$v = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5} \implies v = 2 \cdot 10^8\,\textbf{m} \cdot \textbf{s}^{-1}$$

4. Éloignement de l'écran : D'après la relation $L = \frac{2\lambda D}{a}$, la largeur L est proportionnelle à la distance D. Si on éloigne l'écran (D augmente), la largeur L augmente. **Réponse : (C) : augmente**

5. Utilisation d'un fil fin de diamètre d : L'expression de la largeur de la tache pour un fil est $L_3 = \frac{2\lambda_1 D}{d}$. On sait que $L_1 = \frac{2\lambda_1 D}{a}$, donc $2\lambda_1 D = a \cdot L_1$. En remplaçant : $L_3 = \frac{a \cdot L_1}{d}$. Or, on donne $L_3 = 4L_1$. Donc : $4L_1 = \frac{a \cdot L_1}{d} \implies d = \frac{a}{4}$.

$$d = \frac{a}{4} \quad (\text{ou } d = \frac{2\lambda_1 D}{4L_1})$$

Exercice 2 - Partie II : La datation par la méthode Uranium-Plomb (2pts)

1. Choix de la proposition vraie : Vérifions la proposition **a** avec les lois de conservation de Soddy :

$$^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{4}_{2}\text{He} + ^{234}_{90}\text{Th}$$

Conservation de A : $238 = 4 + 234$ (Vérifié). Conservation de Z : $92 = 2 + 90$ (Vérifié). Les autres propositions sont fausses (mauvaises notations ou mauvais types de radioactivité). **Réponse : 1 - a**

2.1. Détermination de A et Z : L'équation bilan est : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{A}_{Z}\text{Pb} + 6^{0}_{-1}\text{e} + 8^{4}_{2}\text{He}$

- Conservation de A : $238 = A + 6(0) + 8(4) \implies 238 = A + 32 \implies \mathbf{A = 206}$
- Conservation de Z : $92 = Z + 6(-1) + 8(2) \implies 92 = Z - 6 + 16 \implies \mathbf{Z = 82}$

2.2. Exploitation de la courbe de décroissance radioactive :

2.2.1. La valeur de $N_U(0)$ est : D'après le graphe, à $t = 0$, la courbe intercepte l'axe des ordonnées à 5 grandes divisions. Sachant qu'une division vaut $1 \cdot 10^{12}$, on a $N_U(0) = 5 \cdot 10^{12}$. **Réponse : 2.2.1 - d**

2.2.2. La demi-vie $t_{1/2}$ de l'uranium 238 est : À $t = t_{1/2}$, le nombre de noyaux restants est $N_U(t_{1/2}) = \frac{N_U(0)}{2} = \frac{5 \cdot 10^{12}}{2} = 2,5 \cdot 10^{12}$. En reportant cette valeur sur l'axe des ordonnées ($2,5$ divisions), l'abscisse correspondante est exactement la deuxième grande division sur l'axe des temps, soit $2 \times 2,25 \cdot 10^{9} = 4,5 \cdot 10^{9}$ ans. **Réponse : 2.2.2 - c**

2.2.3. L'âge approximatif t_T de la Terre est : On a $N_{Pb}(t_T) = 2,5 \cdot 10^{12}$ noyaux. D'après la conservation du nombre de noyaux (un noyau de U donne un noyau de Pb) :

$$N_U(0) = N_U(t_T) + N_{Pb}(t_T) \implies N_U(t_T) = N_U(0) - N_{Pb}(t_T) = 5 \cdot 10^{12} - 2,5 \cdot 10^{12} = 2,5 \cdot 10$$

Le nombre de noyaux d'Uranium restants correspond exactement à la moitié du nombre initial ($N_U(0)/2$). Le temps écoulé est donc exactement une demi-vie.

$$t_T = t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^{9} \text{ ans}$$

Réponse : 2.2.3 - a

Exercice 3 : Circuit RC et LC (4 points)

1. K_2 ouvert et K_1 fermé (Dipôle RC) :

1.1. Équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$: D'après la loi d'additivité des

tensions : $u_R(t) + u_C(t) = U_0$. Selon la loi d'Ohm $u_R = R \cdot i$, et l'intensité $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$. Donc $u_R = RC\frac{du_C}{dt}$. L'équation devient :

$$RC\frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = U_0$$

En posant $\tau = RC$ et en divisant l'équation par τ :

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C(t) = \frac{U_0}{\tau}$$

1.2. Calcul de la constante de temps τ :

$$\tau = R \cdot C = 10^3 \times 10 \cdot 10^{-6} = 10^{-2}\,\text{s}$$

$$\tau = 10\,\text{ms}$$

1.3. Énergie maximale E_0 emmagasinée : Une fois le condensateur totalement chargé, la tension à ses bornes est $U_0 = 10\,\text{V}$.

$$E_0 = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}(10 \cdot 10^{-6}) \times 10^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-3}$$

$$E_0 = 5 \cdot 10^{-4}\,\text{J}$$

---

2. K_1 ouvert et K_2 fermé (Dipôle LC) :

2.1. Expression de l'énergie totale $\mathcal{E}$: L'énergie totale est la somme de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur et de l'énergie magnétique de la bobine :

$$\mathcal{E} = E_e + E_m = \frac{1}{2}\frac{q(t)^2}{C} + \frac{1}{2}Li(t)^2$$

2.2. Équation différentielle vérifiée par $q(t)$: L'énergie totale est constante (idéalisation sans résistance), donc sa dérivée par rapport au temps est nulle : $\frac{d\mathcal{E}}{dt} = 0$.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2C}q^2 + \frac{1}{2}Li^2\right) = 0 \implies \frac{1}{C}q\frac{dq}{dt} + Li\frac{di}{dt} = 0$$

Sachant que $i = \frac{dq}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$:

$$i\left(\frac{1}{C}q + L\frac{d^2q}{dt^2}\right) = 0$$

Comme l'intensité $i(t)$ n'est pas constamment nulle, on obtient :

$$\frac{d^2q(t)}{dt^2} + \frac{1}{LC}q(t) = 0$$

2.3. Exploitation de la figure 2 :

2.3.1. Valeur de l'inductance L : La courbe représente $E_m = \frac{1}{2}Li^2$. Le maximum de l'énergie magnétique $E_{m,\max}$ est égal à l'énergie totale initiale du circuit $E_0 = 5 \cdot 10^{-4}$ J. Sur le graphe, la valeur maximale de E_m sur l'axe des ordonnées correspond à la fin de la courbe, ce qui correspond à $i = I_{\max}$. L'axe des abscisses s'arrête à $10 \cdot 10^{-2}$ A (10 petites divisions). Donc $I_{\max} = 0,1$ A.

$$E_{m,\max} = \frac{1}{2}LI_{\max}^2 \implies 5 \cdot 10^{-4} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot (0,1)^2 = 0,005 \cdot L$$

$$L = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,005} = 0,1\,\text{H}$$

$L = 100\,\text{mH}$

2.3.2. Vérification de la période propre T_0 :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{0,1 \times 10 \cdot 10^{-6}} = 2\pi\sqrt{10^{-6}} = 2\pi \cdot 10^{-3}\,\text{s}$$

Avec $2\pi \approx 6,28$, on a : $T_0 \approx 6,28\,\text{ms} \approx 6,3\,\text{ms}$ La valeur est bien vérifiée.

2.3.3. Tension $u_C(t)$ lorsque $i(t) = 0,05$ A : À l'instant où $i = 0,05$ A, l'énergie magnétique est :

$$E_m = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2} \times 0,1 \times (0,05)^2 = 1,25 \cdot 10^{-4}\,\text{J}$$

L'énergie totale étant conservée : $E_e + E_m = E_0 \implies E_e = E_0 - E_m$.

$$E_e = 5 \cdot 10^{-4} - 1,25 \cdot 10^{-4} = 3,75 \cdot 10^{-4}\,\text{J}$$

Or l'énergie électrique s'écrit $E_e = \frac{1}{2}Cu_C^2$.

$$u_C^2 = \frac{2E_e}{C} = \frac{2 \times 3,75 \cdot 10^{-4}}{10 \cdot 10^{-6}} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{10^{-5}} = 75$$

$u_C(t) = \pm\sqrt{75} \approx \pm 8,66\,\text{V}$

Exercice 4 : Mécanique (5 points)

Mouvement de rotation & Étude d'un système oscillant

Partie I : Mouvement de rotation (2,5 points)

1. Nature du mouvement du solide (S) : D'après le graphe de la figure 2, la courbe de la vitesse $v(t)$ est une fonction linéaire (droite passant par l'origine). La vitesse s'écrit donc $v(t) = a \cdot t$, ce qui implique que l'accélération a est constante et non nulle. Le mouvement du solide (S) est donc **rectiligne uniformément accéléré**.

2. Valeur de l'accélération a du solide (S) : L'accélération a correspond au coefficient directeur de la droite représentative de $v(t)$. On choisit deux points sur la courbe, par exemple $(0\,\text{s}\,;\,0\,\text{m/s})$ et $(1\,\text{s}\,;\,0,6\,\text{m/s})$:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,6 - 0}{1 - 0}$$

$$a = 0,6\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

3. Distance parcourue par (S) lorsque $\dot{\theta} = 12\,\textbf{rad} \cdot \textbf{s}^{-1}$: La vitesse linéaire v du solide est liée à la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ de la poulie par la relation $v = r \cdot \dot{\theta}$.

$$v = 0,05 \times 12 = 0,6\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

D'après l'équation de la trajectoire d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré sans vitesse initiale ($v^2 - 0 = 2ad$), la distance d est :

$$d = \frac{v^2}{2a} = \frac{(0,6)^2}{2 \times 0,6} = \frac{0,36}{1,2}$$

$$d = 0,3\,\text{m}$$

(On peut aussi utiliser le graphe : la vitesse $v = 0,6\,\text{m/s}$ est atteinte à $t = 1\,\text{s}$, donc $d = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(0,6)(1)^2 = 0,3\,\text{m}$).

4. Calcul de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$ de la poulie : L'accélération angulaire est liée à l'accélération linéaire par la relation $a = r \cdot \ddot{\theta}$.

$$\ddot{\theta} = \frac{a}{r} = \frac{0,6}{0,05}$$

$$\ddot{\theta} = 12\,\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

5. Expression de la tension du fil en fonction de m, g, α et a : Appliquons la deuxième loi de Newton au solide (S) dans le repère $(O, \vec{i})$ parallèle au plan incliné et orienté vers le bas :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}$$

Par projection sur l'axe Ox :

$$P_x + R_x + T_x = ma_x \implies mg\sin\alpha + 0 - T = ma$$

On en déduit l'expression de la tension T : $\boxed{T = m(g\sin\alpha - a)}$

6. Moment d'inertie J_Δ de la poulie (P) : Appliquons la relation fondamentale de la dynamique de rotation à la poulie. Les forces s'exerçant sur la poulie sont son poids, l'action de l'axe de rotation, et la tension du fil $\vec{T}'$. Seule la tension du fil possède un moment non nul.

$$\sum M_\Delta(\vec{F}) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta} \implies M_\Delta(\vec{T}') = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$

$$T' \cdot r = J_\Delta \left(\frac{a}{r}\right)$$

Le fil étant inextensible et de masse négligeable, $T' = T$.

$$T \cdot r = J_\Delta \frac{a}{r} \implies J_\Delta = \frac{T \cdot r^2}{a}$$

En remplaçant T par l'expression obtenue à la question 5 :

$$J_\Delta = \frac{m(g\sin\alpha - a)\cdot r^2}{a} = mr^2\left(\frac{g\sin\alpha - a}{a}\right)$$

Ce qui démontre la relation demandée : $\boxed{J_\Delta = mr^2\left(\frac{g\sin\alpha}{a} - 1\right)}$ **Calcul de sa valeur :**

$$J_\Delta = 0,4\times(0,05)^2\times\left(\frac{10\cdot\sin(30°)}{0,6} - 1\right) = 0,001\times\left(\frac{5}{0,6} - 1\right) = 0,001\times\left(\frac{25}{3} - 1\right)$$

$$J_\Delta = 0,001 \times \frac{22}{3} \implies J_\Delta \simeq 7,33\cdot 10^{-3}\ \mathbf{kg\cdot m^2}$$

Partie II : Étude d'un système oscillant (2,5 points)

1-1. Équation différentielle vérifiée par l'élongation $x(t)$: Appliquons la deuxième loi de Newton au solide (S) dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Les forces appliquées sont le poids $\vec{P}$, la réaction du support $\vec{R}$ et la force

de rappel du ressort $\vec{T} = -Kx\vec{i}$.

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}$$

En projetant sur l'axe horizontal $(O, \vec{i})$ (avec absence de frottements, $\vec{P}$ et $\vec{R}$ sont verticaux) :

$$0 + 0 - Kx = m\ddot{x} \implies m\ddot{x} + Kx = 0$$

En divisant par m, on obtient l'équation différentielle : $\ddot{x}(t) + \frac{K}{m}x(t) = 0$

Nature de son mouvement : Il s'agit d'un mouvement **rectiligne sinusoïdal** (oscillateur harmonique libre non amorti).

1-2. Valeur de la phase à l'origine φ : La solution s'écrit $x(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. À l'instant $t = 0$, le solide est écarté vers la **gauche** d'une distance $d = 2\,\text{cm}$ et lâché sans vitesse initiale. Donc $x(0) = -d = -X_m$ (puisque l'amplitude maximale $X_m = d$).

$$x(0) = X_m \cos(\varphi) = -X_m \implies \cos(\varphi) = -1$$

$$\varphi = \pi\,\text{rad}$$

1-3. Sens et intensité de la force de rappel à $t = T_0/2$: Calculons la position x à l'instant $t = T_0/2$:

$$x(T_0/2) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot \frac{T_0}{2} + \pi\right) = X_m \cos(\pi+\pi) = X_m \cos(2\pi) = X_m = 2\,\text{cm} = 0,02$$

Le solide se trouve à son élongation maximale positive (à droite de l'origine). La force de rappel est $\vec{T} = -Kx\vec{i} = -KX_m\vec{i}$.

- **Sens :** Vers la **gauche** (orienté vers la position d'équilibre O).
- **Intensité :** $\|\vec{T}\| = K \cdot |x| = K \cdot X_m$. *(En utilisant la valeur de $K = 12\,\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ déterminée à la question 2, on a : $T = 12 \times 0,02 = \mathbf{0,24}\,\text{N}$).*

2. Valeur de la constante de raideur K : L'expression de la période propre est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$. En élevant au carré, on obtient : $T_0^2 = \frac{4\pi^2}{K}m$. La courbe de la figure 5 (représentant T_0^2 en fonction de m) est une droite passant par l'origine d'équation $T_0^2 = A \cdot m$, avec le coefficient directeur $A = \frac{4\pi^2}{K}$. On choisit un point sur le graphe : pour $m = 30\,\text{g} = 30 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$, on lit $T_0^2 = 0,1\,\text{s}^2$.

$$A = \frac{0,1}{0,030} = \frac{10}{3}\,\text{s}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

On en déduit K (en prenant $\pi^2 \simeq 10$) :

$$\frac{4\pi^2}{K} = \frac{10}{3} \implies K = \frac{12\pi^2}{10} = \frac{12 \times 10}{10}$$

$$K = 12\,\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

3. Montrer l'expression de la nouvelle amplitude X'_m : L'équation horaire du mouvement s'écrit $x(t) = X'_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi'\right)$. Sa dérivée, la vitesse, est $v(t) = -X'_m\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi'\right)$. À l'instant $t = 0$, les conditions initiales sont :

- Position : $x(0) = -x_0 \implies X'_m \cos(\varphi') = -x_0$
- Vitesse : $v(0) = v_0 \implies -X'_m\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)\sin(\varphi') = v_0 \implies X'_m \sin(\varphi') = -v_0\left(\frac{T_0}{2\pi}\right)$

Pour éliminer la phase φ', on élève ces deux expressions au carré et on les additionne, sachant que $\cos^2(\varphi') + \sin^2(\varphi') = 1$:

$$(X'_m \cos\varphi')^2 + (X'_m \sin\varphi')^2 = (-x_0)^2 + \left(-v_0\frac{T_0}{2\pi}\right)^2$$

$$X'^2_m(\cos^2\varphi' + \sin^2\varphi') = x_0^2 + \left(\frac{v_0 \cdot T_0}{2\pi}\right)^2$$

$$X'^2_m = x_0^2 + \left(\frac{v_0 \cdot T_0}{2\pi}\right)^2$$

En prenant la racine carrée, on obtient l'expression demandée : $X'_m = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0 \cdot T_0}{2\pi}\right)^2}$ *(On aurait pu également le démontrer en utilisant la conservation de l'énergie mécanique $E_m = \frac{1}{2}Kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}KX'^2_m$, en divisant par $\frac{K}{2}$ et en remplaçant $\frac{m}{K}$ par $\left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2$.)*

*ا

امتحان وطني تجريبي رقم 22

الدورة العادية 2026

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

Prof : Mouhibi	الموضوع	NS 27ST

3h	مدة الإنجاز	الفيزياء والكيمياء	المادة
5	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات بمسلكيها باللغة الفرنسية	الشعبة أو المسلك

- **La calculatrice scientifique non programmable est autorisée**
- **On donnera les expressions littérales avant toute application numérique**

Le sujet d'examen comporte quatre exercices: un exercice en chimie et quatre exercices en physique

Chimie (7 points)	**Étude de transformations chimiques**	**7 points**
Physique (13 points)	**Exercice 1 : Propagation des ondes**	**3,25 points**
	Exercice 2 : La neuroligue avec l'oxygéne 15	**2,5 points**
	Exercice 3 : Dipôle RC - Circuit LC série	**4,25 points**
	Exercice 4 : Etude du mouvement d'un systeme mecanique	**3 points**

الصفحة	مركز الدعم وتدريس اللغات Centre De Soutien Et D'enseignement de Langue	امتحان وطني تجريبي للبكالوريا المسالك الدولية دورة 2026 من انجاز ذ.يوسف أيت المدان	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة
1 / 10			

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الانجاز	3h
الشعبة	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية – خيار فرنسية	المعامل	7

INSTRUCTIONS GENERALES

- ✓ L'utilisation de la calculatrice non programmable est autorisée
- ✓ Le candidat peut traiter les exercices de l'épreuve suivant l'ordre qui lui convient
- ✓ L'utilisation de la couleur rouge lors de la rédaction des solutions est à éviter

COMPOSANTES DU SUJET

L'épreuve est composée de quatre exercices indépendants entre eux et répartis suivant les domaines comme suit :

EXERCICE I (7 points) :

- Étude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque
- Pile Plomb – Etain
- Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le dibrome

EXERCICE II (3 points) :

- Transformations nucléaires
- Diffraction par une ouverture circulaire

EXERCICE III (4,75 points) :

- Charge d'un condensateur et décharge d'un condensateur
- Décharge d'un condensateur dans le dipôle RLC
- L'entretien des oscillations du circuit RLC

EXERCICE IV (5,25 points) :

- Mouvement d'un skieur
- Mouvement d'un projectile dans le champ de la pesanteur uniforme
- Etude du mouvement d'un pendule élastique

EXERCICE I (7 points)

Les parties sont indépendantes

Partie 1 : Étude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque

L'acide méthanoïque $HCOOH$ est une substance naturelle secrétée par les fourmis et les abeilles. On peut aussi le synthétiser dans les laboratoires pour être utilisé dans les industries de textile, cuir, teintures, insecticides…..

L'acide méthanoïque est à l'état liquide dans les conditions ordinaires. L'étiquette d'un flacon d'une solution commerciale (S_0) d'acide méthanoïque porte les informations suivantes :

- Masse molaire : $M(HCOOH) = 46\ g.mol^{-1}$
- Densité : $d = 1,15$
- Pourcentage massique : $p = 80\ \%$

Données :

- $p = 80\ \%$ signifie que $100\ g$ de solution commerciale contient $80\ g$ d'acide pur
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1\ kg.L^{-1}$

1) Solution aqueuse d'acide méthanoïque

On prépare une solution aqueuse (S) d'acide méthanoïque de concentration molaire C et de volume $V_S = 1L$ en ajoutant le volume $V_0 = 2\ mL$ de la solution commerciale (S_0) de concentration molaire C_0 à de l'eau distillé.

1.1) Ecrire l'équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau

1.2) Le taux d'avancement final étant très petit devant 1, montrer que le pH de la solution (S) s'écrit : $pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log C)$

2) Dosage de l'acide méthanoïque

On dose le volume $V_A = 50\ mL$ de la solution (S) par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ de concentration molaire $C_B = 0,1\ mol.L^{-1}$, en suivant les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé de la solution (S_B).

A partir des mesures obtenues, on a tracé la courbe (C_1) de la (*Figure* 1).

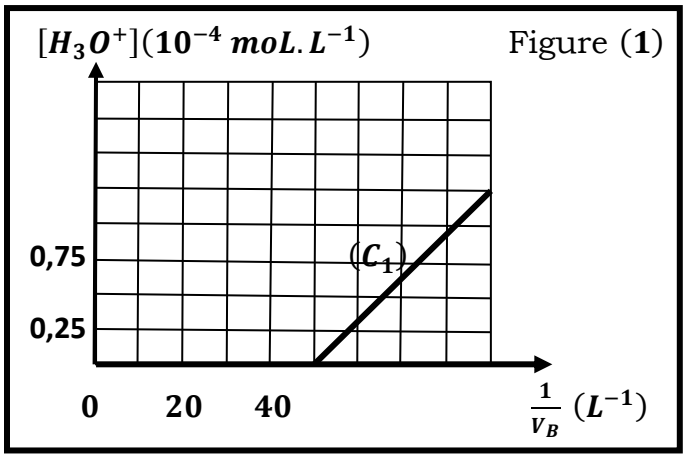


Figure (1)

2.1) Ecrire l'équation chimique modélisant la transformation de ce dosage

2.2) Montrer qu'à l'ajout d'un volume $0 < V_B < V_{BE}$ on a : $[H_3O^+] = K_A\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$ avec V_{BE} le volume de la solution basique versé à l'équivalence.

2.3) En exploitant la courbe (C_1) de la (*Figure* 1) déterminer V_{BE} nécessaire pour atteindre l'équivalence et la constante d'acidité $pK_A(HCOOH/HCCO^-)$

2.4) Calculer la concentration C et le pH de la solution (S)

2.5) Vérifier que la valeur de p est celle indiquée sur l'étiquette

2.6) On considère le mélange réactionnel à l'ajout du volume $V_B = 12\ mL$

Déterminer la valeur du rapport $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$ Que peut-on déduire ?

Partie 2 : Pile Plomb - Etain

Le plomb Pb est un métal malléable et gris bleuâtre, il blanchit lentement en s'oxydant. Rare à l'état natif les chimistes utilisent des procédés pour l'extraire de certains minerais comme la galène (PbS) qui en contient $86,6$ % en masse.

L'étain Sn est un métal connu depuis l'antiquité, utilisé pour protéger la vaisselle de l'oxydation et pour préparer le bronze.

On propose une expérience mettant en jeu ces deux métaux, pour cela il utilise :

- La première demi-pile est constituée d'une lame d'étain partiellement immergée dans une solution aqueuse de nitrate d'étain ($Sn^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3\,(aq)}$) de volume $V = 100\ mL$ tel que $[Sn^{2+}]_0 = 20\ mmol\ell.L^{-1}$.
- La première demi-pile est constituée d'une lame plomb partiellement immergée dans une solution aqueuse de nitrate de plomb ($Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{(aq)}$) de volume $V = 100\ mL$ tel que $[Pb^{2+}]_0 = 10\ mmol\ell.L^{-1}$.
- Un pont salin contenant une solution gélifiée de nitrate de potassium qui relie les deux béchers Les deux électrodes sont reliées par une petite résistance et un ampèremètre.

Données : $1F = 96500\ C.molL^{-1}$

- La réaction associée à cette pile est : $Pb^{2+}_{(aq)} + Sn_{(S)} \rightleftharpoons Pb_{(S)} + Sn^{2+}_{(aq)}$
- La constante d'équilibre associé à cette réaction : $K = 1,47$

1) En utilisant le critère d'évolution spontanée, déterminer le sens d'évolution du système chimique constituant la pile

2) On ferme l'interrupteur K à l'instant $t = 0$. L'ampèremètre indique une intensité constante $I = 450\ mA$.

3) Donner le schéma conventionnel de cette pile

4) Montrer que la concentration, à l'état final, des ions stanneux s'écrit : $[Sn^{2+}]_f = \frac{K}{K+1}([Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}]_0)$. Calculer sa valeur

5) Sachant que l'intensité du courant reste constante durant le fonctionnement de la pile Calculer la valeur de la durée Δt_{max} nécessaire pour que la pile soit consommée.

Partie 3 : Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le dibrome

En solution aqueuse, l'acide formique réagit complètement et lentement avec le dibrome selon l'équation suivante : $HCOOH_{(aq)} + Br_{2\,(aq)} \rightarrow 2Br^{-}_{(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} + CO_{2\,(g)}$

La solution aqueuse de dibrome a une couleur rouge brun, alors que la solution d'acide bromhydrique ($H^+ + Br^-$) est incolore.

A l'instant $t = 0s$, on prépare un mélange d'un volume $V_T = 1.10^{-4}\ m^3$ en mélangeant un volume de $V_1 = 5.10^{-5}\ m^3$ d'acide formique de concentration $C_1 = 30\ mol.m^{-3}$ avec un volume $V_2 = V_1$ de dibrome de concentration $C_2 = 24\ mol.m^{-3}$.

On obtient la courbe représentant les variations de conductivité en fonction du temps $\sigma = f(t)$ ($Figure\ 2$).

Données :

- En exprime la conductivité du mélange réactionnel à l'instant t par : $\sigma = \sigma_0 + \sum \lambda_i.[X]_i$
- σ_0 représente la conductivité à l'instant $t = 0$ tel que : $\sigma_0 = 0,063\ S.m^{-1}$
- Les conductivités molaires ioniques à 25 °C sont :

$$\lambda_{H^+} = 35.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1} \quad ; \quad \lambda_{Br^-} = 7,81.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$$

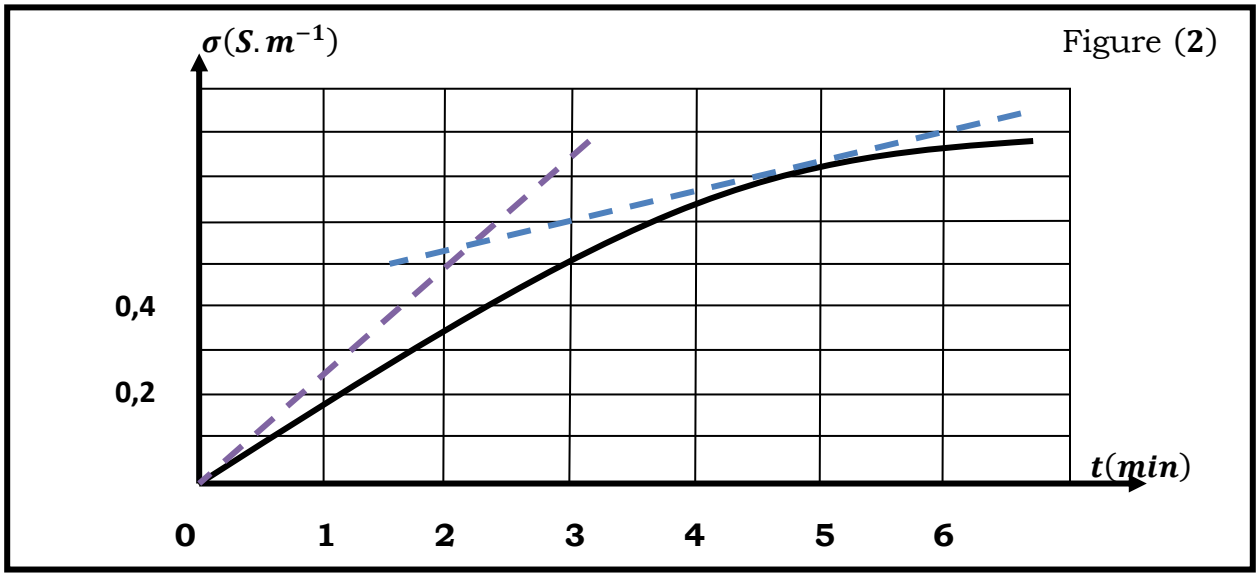
1) Dresser le tableau d'avancement de cette réaction chimique, puis déterminer le réactif limitant

2) Montrer qu'on a à un instant t : $\sigma(t) = 0,063 + 856.x(t)$

3) Calculer la valeur de la vitesse volumique à l'instant $t_0 = 0$ et $t_1 = 5\,min$ en $mol.m^{-3}.min^{-1}$ expliquer le résultat obtenu.

4) Comment augmenter la vitesse de cette réaction

5) Définir et calculer le temps de demi réaction $t_{1/2}$



EXERCICE II (3 points)

Partie 1 : Transformations nucléaires

La physique nucléaire dans le domaine médical L'injection intraveineuse d'une solution contenant le phosphore **32** radioactif permet dans certains cas le traitement de la multiplication anormale des globules rouges au niveau des cellules de la moelle osseuse.

Données :

$1u = 931,5\,Mev.c^{-2}$; $1Mev = 1,6.10^{-13}J$; $N_A = 6,02.10^{23}\,mol^{-1}$; $1u = 1,66054.10^{-27}kg$

Masse particule	$m(^{32}_{15}P)$	$m(\beta^-)$	$m(^{A}_{Z}Y)$
Valeur en (u)	$31,9840$	$5,485.10^{-4}$	$31,9822$

1) Le nucléide $^{32}_{15}P$ est radioactif β^-, sa désintégration donne naissance au nucléide $^{A}_{Z}Y$.

1.1) Écrire l'équation de la désintégration du nucléide de phosphore $^{32}_{15}P$ en précisant A et Z

1.2) Calculer en Mev et en $Joule$ la valeur absolue de l'énergie libérée lors de la désintégration de la masse $m = 11,4\,kg$ du nucléide $^{32}_{15}P$

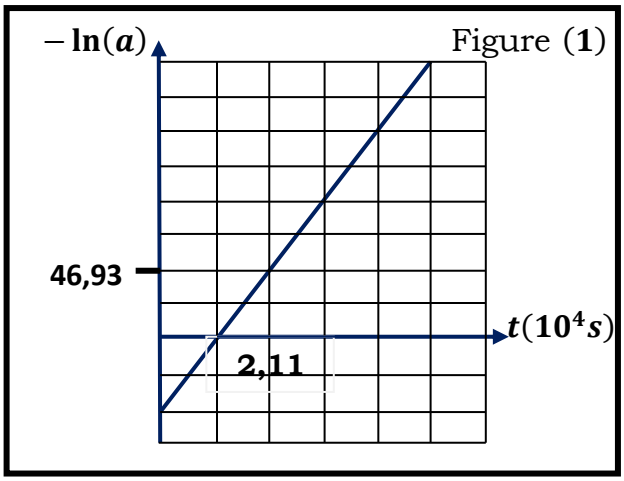
2) A l'aide d'un compteur Geiger, on suit l'activité a d'un échantillon du phosphore radioactif $^{32}_{15}P$ ($Figure\ 1$).

En exploitant le graphe :

2.1) Déterminer la valeur de demi-vie $t_{1/2}$ de l'élément radioactif $^{32}_{15}P$

2.2) Déterminer le nombre N_0 de noyaux dans l'échantillon à l'état initial.

2.3) Quelle est la durée nécessaire à la désintégration de **80%** de cet échantillon. $M(^{32}_{15}P) = 32\,g.mol^{-1}$



Partie 2 : Diffraction par une ouverture circulaire

Au cours d'une expérience de diffraction de la lumière monochromatique de langueur d'onde dans l'air λ d'un laser traversant un trou de diamètre d. L'écran est situé à la distance $D = 4m$ du trou (***Figure* 2**). On suppose que les angles sont très faibles ($\tan(x) \approx \sin(x) \approx x$).

1) Choisir la proposition juste parmi les affirmations suivantes :

A. La figure de diffraction de la lumière blanche présente une tache centrale colorée

B. L'onde est diffractée si la dimension de l'obstacle est grande par rapport à la longueur d'onde

C. Le phénomène de diffraction ne s'observe que pour les ondes lumineuses

D. L'onde diffractée a une direction de propagation modifiée

Figure (2)

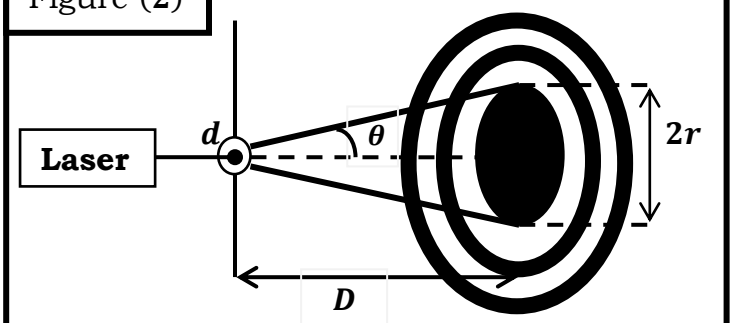
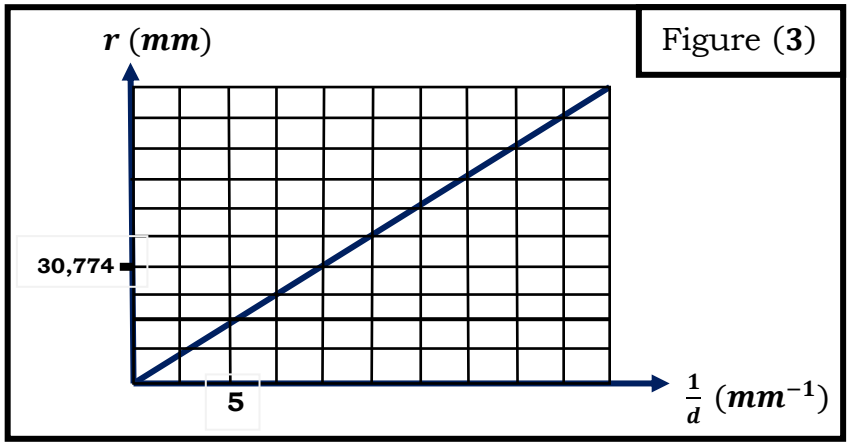


Figure (3)



2) On admet que le demi-diamètre θ de la tache centrale pour une ouverture circulaire de diamètre d est de la forme $\theta = \frac{\alpha.\lambda}{d}$ avec α un coefficient de correction lié à la forme circulaire de l'ouverture.
Trouver l'expression de D en fonction de r, d, α *et* λ

3) On mesure le rayon r de la frange centrale pour différents trous fins. Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de la (***Figure* 3**), qui représente les variations de r en fonction de $\frac{1}{d}$
Par exploitation de cette courbe déterminer la longueur de l'onde utilisée. (***On donne* : $\alpha = 1,92$**)

4) On refait la même expérience mais avec un trou fixe. La mesure du rayon de la tache centrale donne $r_1 = 61,548\ mm$ après on fait glisser l'écran avec une distance D_2. La valeur du rayon de la tache centrale devient $r_2 = 93,322\ mm$.
Déterminer la distance D_2

EXERCICE III (4,75 points)

Le circuit électrique représenté par la figure ci-contre (***Figure* 1**), est constitué des éléments suivants

- Un générateur de tension idéal de $f.e.m\ E$
- Deux conducteurs ohmiques de résistance R_1 et R_2
- Un condensateur de capacité C initialement déchargé
- Un commutateur K

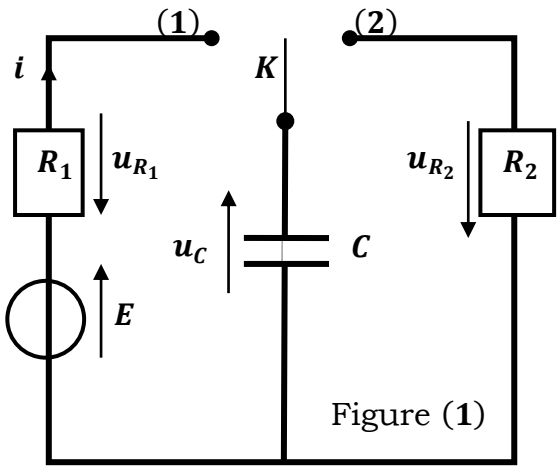
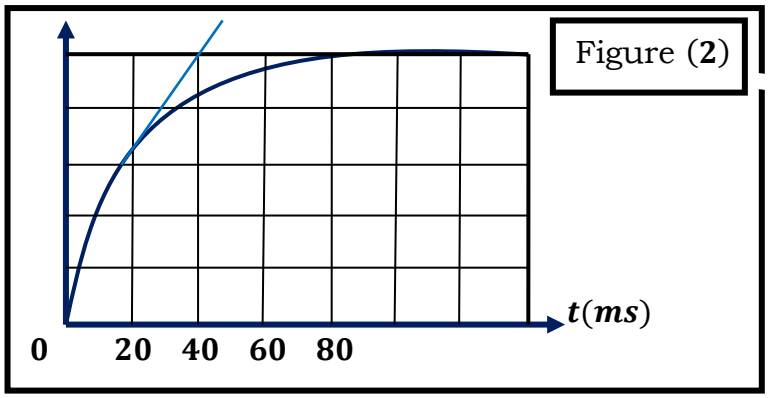


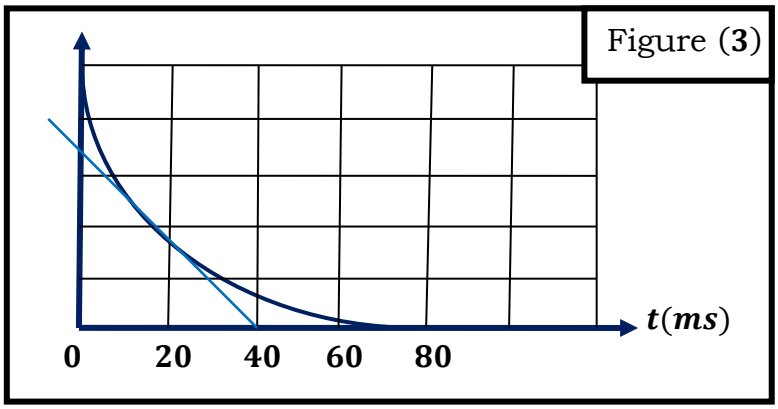
Figure (1)

Partie 1 : Charge d'un condensateur

A l'instant $t = 0$ on place le commutateur K dans la position (**1**). Un système d'acquisition approprié permet d'obtenir les courbes de variation de la charge $q(t)$ du condensateur et la tension $u_{R_1}(t)$ aux bornes du résistor R_1. Voir (***Figure* 2**) et (***Figure* 3**).

1) Préciser, en le justifiant, la figure correspondant à la charge $q(t) = f(t)$ et celui correspondant à la tension $u_{R_1}(t) = g(t)$.





2) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $u_{R_1}(t)$

3) En exploitant les deux courbes de $u_{R_1}(t)$ et $q(t)$ déterminer :

2.1) La valeur de la force électromotrice E

2.2) La valeur de la charge électrique maximale Q_{max}

4) Montrer que lorsque le condensateur est complètement chargé, sa tension est égale à E. Déduire la valeur de la capacité C

5) Déterminer la valeur de la résistance R_1

6) Calculer l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur lorsque $u_{R_1}(t) = u_C(t)$

On donne :

- Pour le graphe de $u_{R_1}(t)$, **1** carreau pour $2V$
- Pour le graphe de $q(t)$, **1** carreau pour $2.10^{-4}C$

Partie 2 : Décharge d'un condensateur

Lorsque le condensateur est complètement chargé, on bascule le commutateur K à la positon (**2**) à un instant choisi comme nouvelle origine des dates.

1) La tension aux bornes du résistor R_2 est donnée par l'expression $u_{R_2} = -E.e^{-\frac{t}{\tau_2}}$ avec $\tau_2 = R_2.C$

1.1) Sachant qu'à la date $t_2 = 4.10^{-2}s$ la charge du condensateur est $q = 3,7.10^{-4}$. Calculer R_2

1.2) Représenter sur le même graphe l'allure de la courbe représentant q en fonction du temps au cours de la décharge. Et la tension $u_{R_2}(t)$

2) Lorsque le condensateur est complètement déchargé, exprimer l'énergie qui a été dissipée par effet Joule dans la résistance R_2.

Partie 3 : Décharge d'un condensateur dans le dipôle RLC

Un condensateur de capacité $C = 15,6\ \mu F$ est totalement chargé par un générateur de force électromotrice $E = 6V$, On le relie en série à un instant de date $t = 0$, avec une bobine (b) d'inductance L et de résistance r et un conducteur ohmique de résistance $R = 40\Omega$. (***Figure* 4**)

Un système de saisie informatique approprié permet de tracer la courbe représentant la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur (***Figure* 5**), et la courbe représentant la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique (***Figure* 6**).

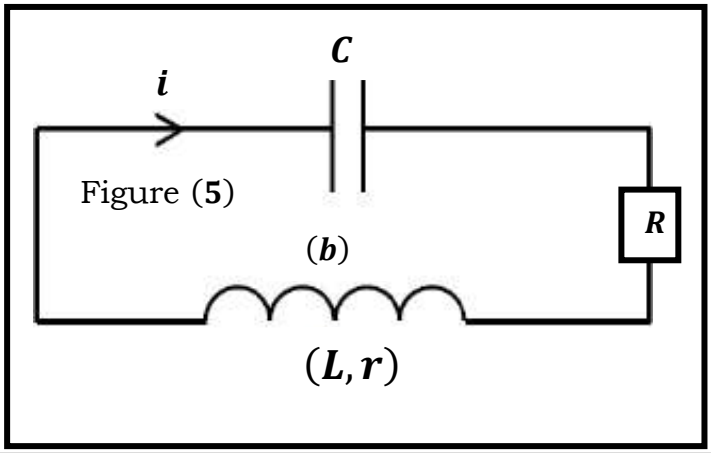


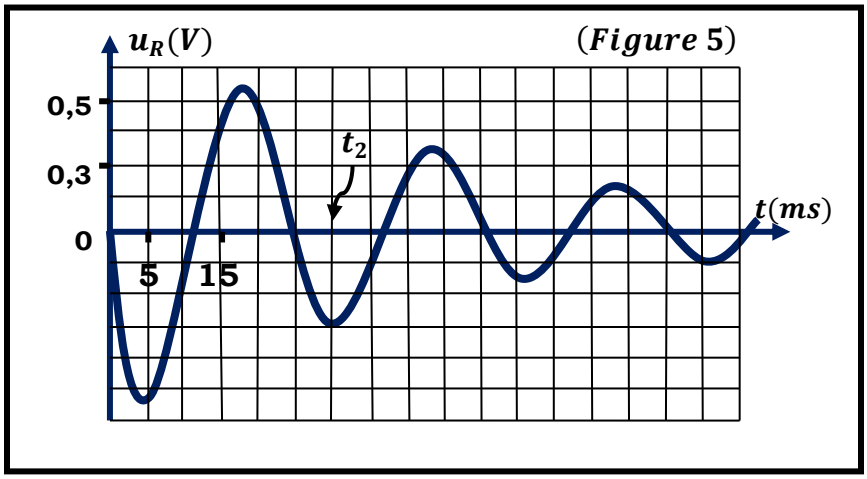
Figure (5)

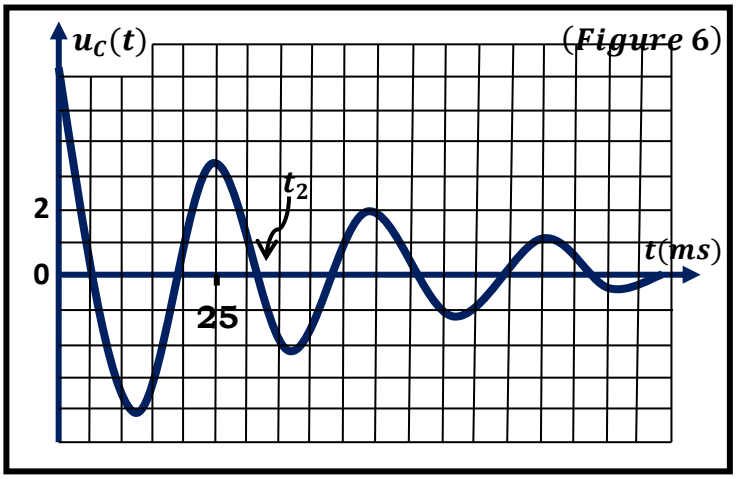
1) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur

2) Quel est parmi les trois régimes d'oscillations, celui correspond à courbes obtenues sur la (***Figure* 5**) et la (***Figure* 6**) ? interpréter l'amortissement des oscillations

3) Nommer le coefficient d'amortissement et calculer la valeur de l'inductance L sachant que la pseudo-période T est égale à la période propre T_0

4) Trouver l'énergie E_j dissipé par effet joule dans le circuit entre $t_1 = 0$ et t_2





5) On exprime la puissance instantanée dissipée par effet joule dans le circuit par la relation : $P_j = \frac{dE_t}{dt}$ avec E_t est l'énergie totale du circuit.

Déterminer P_j en fonction de R , r et i^2

6) On trace à l'aide d'un ordinateur les variations de P_j en fonction de i^2 dans la (***Figure* 7**)

Montrer que la valeur de la résistance interne de la bobine est $r = 8\Omega$

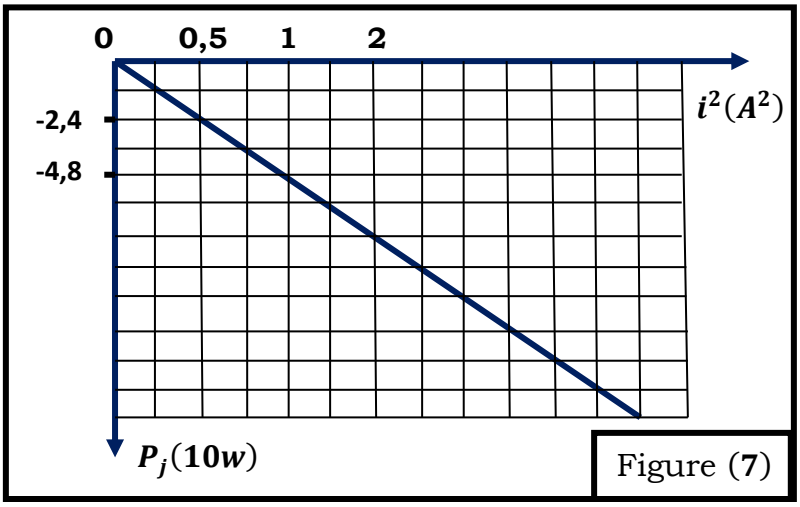


Figure (7)

Partie 4 : L'entretien des oscillations du circuit RLC

Pour obtenir des oscillations électriques entretenues, on insère en série dans le circuit un générateur G délivrant une tension, selon la convention générateur, $u_G(t) = k.i(t)$ où k est un paramètre ajustable ($k > 0$).

1) Quel est le rôle du générateur G de point de vue énergétique ?

2) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $i(t)$ et déduire la valeur de k

3) Que peut-on dire des oscillations électriques obtenues après l'entretien ?

EXERCICE IV (5,25 points)

Partie 1 : Mouvement d'un skieur

On se propose dans cet exercice d'étudier le mouvement du centre d'inertie d'un skieur sur une piste AB recouverte se neige. ($AB = A'B'$)

Cette piste rectiligne est inclinée par rapport à l'horizontale d'un angle α

La force due au contact avec la piste est représentée par deux composantes :

- ☑ Une composante tangentielle $\vec{T}$ modélisant les frottements solides
- ☑ Une composante normale $\vec{N}$ normale à la piste dont l'intensité est liée à l'intensité T par la relation $T = \mu . N$ où μ est le coefficient de frottement solide
- ☑ L'action de l'air est modélisée par une force $\vec{f} = -k.\vec{v}$, $\vec{v}$ étant la vitesse du centre d'inertie du skieur et k un coefficient constant positif
- ☑ On néglige la poussée d'Archimède

Données :

- Masse du skieur et ses accessoires : $m = 25\ kg$
- Accélération de pesanteur : $g = 9,8\ m.s^{-2}$
- Valeurs des constantes dans les unités du système international : $\mu = 0,7$ (SI) et $k = 5$ (SI)
- Longueur d'inclinaison : $\alpha = 42°$

La trajectoire du centre d'inertie G du skieur est confondue avec l'axe (Ox) du système d'axes (xOy) se trouvant dans le plan vertical ($Figure\ 1$).

Le skieur aborde la piste sans vitesse initiale à l'instant $t = 0$. A cet instant G coïncide avec l'origine O du repère.

1) Préciser l'unité de la constante k

2) Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v s'écrit sous forme :
$\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau}v = g(\sin\alpha - \mu.\cos\alpha)$, exprimant τ en fonction de k et m

3) Exprimer V_{lim} vitesse limite du centre d'inertie du skieur en fonction de g , τ , μ et α

4) Calculer la valeur de V_{lim}

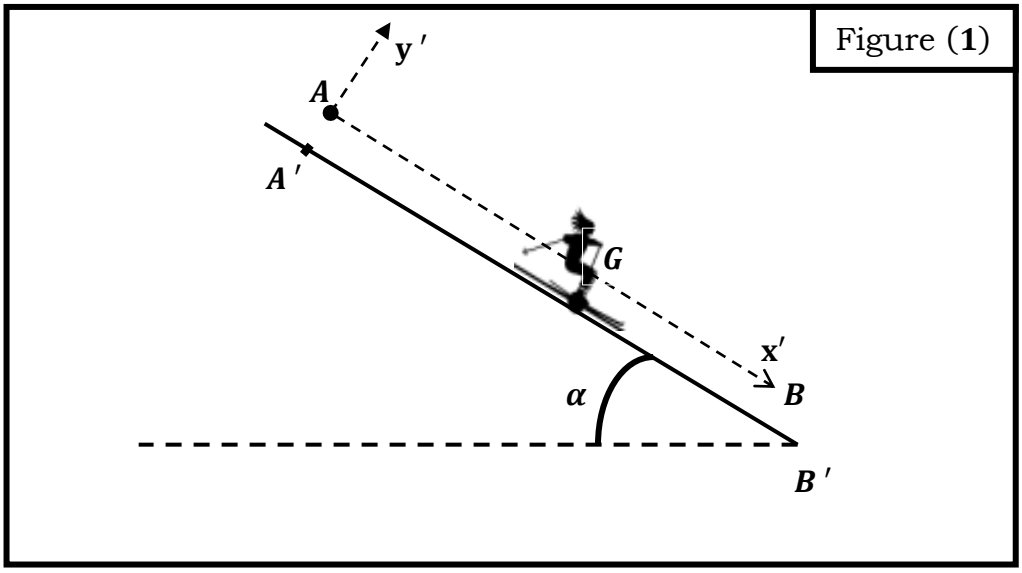
5) La solution de l'équation différentielle précédente est : $v_G(t) = V_{lim}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

On considère que la durée du régime transitoire de ce mouvement est 5τ

Déterminer la distance d que parcourt le skieur pendant le régime transitoire. Atteint-il la vitesse limite sur la piste AB ?

6) A l'aide de la méthode d'Euler et du graphe $\frac{dv}{dt} = f(v)$ calculer la vitesse v_1 et l'accélération a_1 à l'instant t_1 et v_2 la vitesse à l'instant t_2 sachant que le pas de calcul est $\Delta t = 0,63\ s$

Figure (1)



Partie 2 : Mouvement d'un projectile dans le champ de la pesanteur uniforme

Un canon lance un projectile de masse m, supposé ponctuel, avec une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ faisant un angle α avec l'horizontale à partir d'un point M_0 situé à la hauteur H au-dessus du niveau de la mer. Le mouvement du projectile est étudié dans le repère (Ox, Oy) de plan vertical, d'origine O et de vecteurs unitaires $\vec{i}$ et $\vec{j}$ (***Figure 2***). L'axe horizontal Ox est pris sur le niveau de la mer. Dans toute la suite on néglige l'action de l'air.

Données :

$$g = 10\ m.s^{-2} \quad ; \quad H = 80\ m \quad ; \quad D = 1\ km \quad ; \quad \alpha = 30° \quad ; \quad \alpha_1 = 30° \quad ; \quad \alpha_2 = 45°$$

1) En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les deux équations horaires $x(t)$ et $y(t)$

2) Trouver l'équation de la trajectoire du mouvement de G

3) Donner, en fonction de α, g, H *et* D l'expression de V_0 pour qu'il tombe effectivement au point C

4) Etablir l'expression de la hauteur maximale h_m atteinte par le projectile par rapport au niveau de la mer en fonction de D, H et α. puis calculer sa valeur

5) Le projectile est maintenant lancé à partir du point O origine du repère avec un vecteur-vitesse $\overrightarrow{V'_0}$ Le bateau à une longueur L et de même direction que Ox.

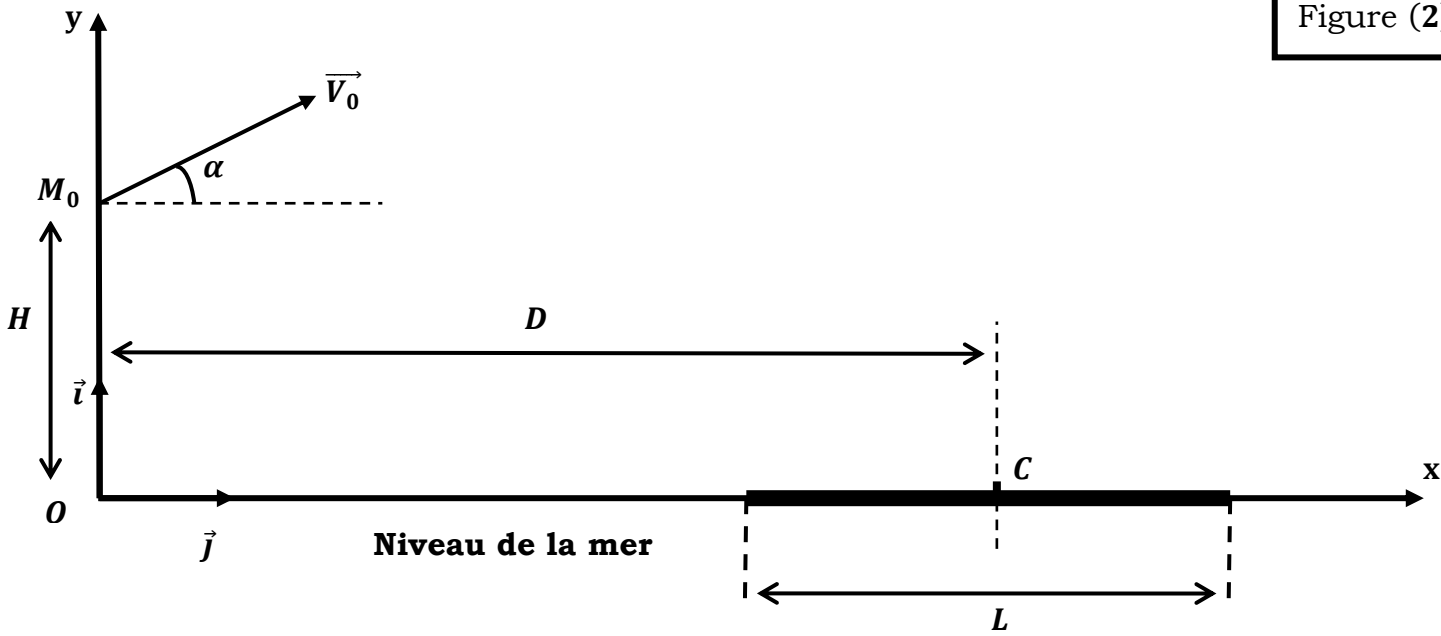
Le projectile tombe à une distance $d_1 = \frac{L}{2}$ en de ça de la cible C quand le vecteur vitesse $\overrightarrow{V'_0}$ fait un angle α_1 avec l'horizontale. Il tombe à une distance $d_2 = \frac{L}{2}$ au-delà de la cible C quand $\overrightarrow{V'_0}$ fait un α_2 avec l'horizontale. le bateau est supposé immobile pendant toute la durée des tirs.

5.1) Exprimer la distance d_1 puis d_2 en fonction de D, g, V'_0 et l'angle de tir (α_1 *ou* α_2)

5.2) En déduire la relation : $D = \frac{V_0'^2(\sin(2\alpha_1)+\sin(2\alpha_2))}{2.g}$

5.3) Déterminer en fonction de α_1 et α_2 l'angle θ pour que le projectile atteigne la cible puis calculer sa valeur.

Figure (2)



امتحان وطني تجريبي للبكالوريا المسالك الدولية دورة 2026
الفيزياء و الكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية – خيار فرنسية

Partie 3 : Etude du mouvement d'un pendule élastique

1) Recopiez la lettre qui correspond à chaque proposition parmi les propositions suivantes, et écrivez devant chacune d'elles (***Vari***) ou (***Faux***).

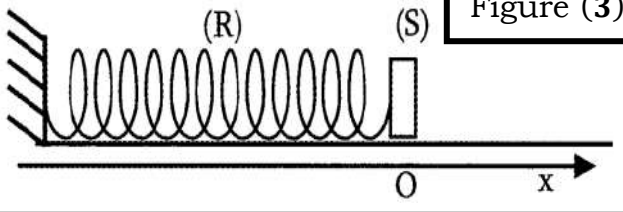
A. Un oscillateur est un système qui effectue un mouvement de translation
B. L'oscillateur est dit libre, lorsqu'écarté de sa position d'équilibre et abandonné à lui-même, effectue des oscillations
C. Lorsqu'un oscillateur n'est soumis à aucune force dissipative : il est non amorti
D. La durée d'une oscillation complète est une période
E. La Fréquence correspond au nombre d'oscillations par unité de temps

2) Un pendule élastique est constitué d'un ressort (***R***) à spires non jointives, de raideur ***K***, dont l'une des extrémités et fixé à un support fixe. A l'autre extrémité est attaché un solide (***S***) supposé ponctuel de masse ***m*** (***Figure* 3**).

Le solide (***S***) peut glisser sans frottement sur un plan sur un plan horizontal, sa position est repérée sur un axe ***OX*** confondu avec l'axe du ressort.

A l'équilibre (***S***) se trouve au point ***O*** origine des espaces on écarte le solide (***S***) vers un point d'abscisse X_0 et lui communique une vitesse V_0 à l'origine des temps ($t = 0$).

Figure (3)



Le solide (***S***) effectue donc des oscillations. Un enregistrement a permis de tracer la courbe représentant la variation de l'élongation **x** du temps.

2.1) En appliquant la deuxième loi de Newton trouver l'équation différentielle vérifiée par

L'équation horaire du mouvement de ***G*** s'écrit sous forme : $x(t) = X_m.\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

2.2) En exploitant la courbe de la (***Figure* 4**), déterminer :

a) La pulsation propre ω_0 de l'oscillateur
b) L'abscisse initiale X_0 et l'amplitude X_m
c) La phase initiale φ

2.3) Déterminer la valeur de la vitesse V_0

3) Un dispositif approprié a permis de tracer la courbe de la variation de l'énergie cinétique du solide au cours du temps (***Figure* 5**).

3.1) Montrer que l'énergie potentielle élastique E_{pe} s'écrit sous la forme d'une somme d'un terme constant et d'une fonction sinusoïdale

3.2) En déduire la valeur de période $T_{E_{pe}}$ de l'énergie potentielle élastique

3.3) Montrer que le système $((S), ressort)$ est conservatif

3.4) En exploitant la courbe de la (***Figure* 5**), déterminer la masse ***m*** et déduire la raideur ***K***

Figure (4)

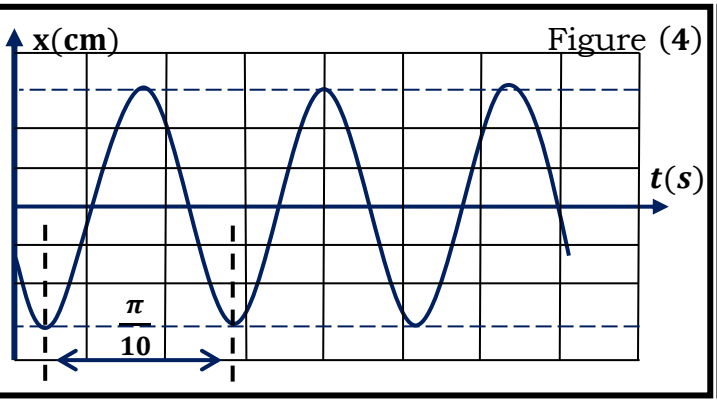
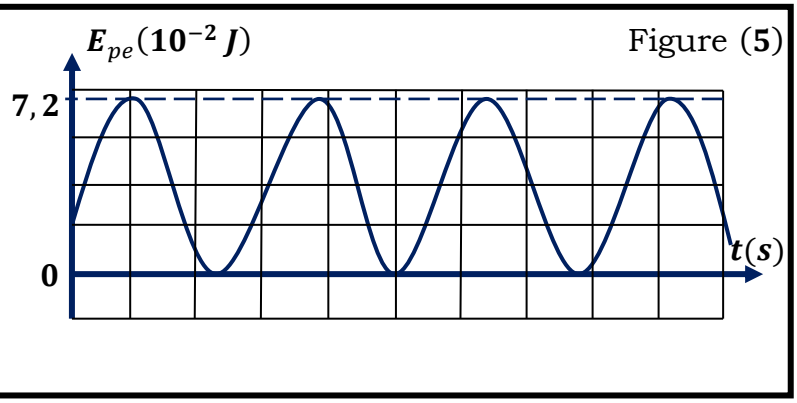


Figure (5)



CHIMIE (7 points)

Acide méthanoïque, Pile Plomb-Étain & Cinétique chimique

Partie 1 : Étude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque

1) Solution aqueuse d'acide méthanoïque

1.1) Équation de la réaction avec l'eau :

$$\mathrm{HCOOH}_{(aq)} + \mathrm{H_2O}_{(l)} \rightleftharpoons \mathrm{HCOO}^-_{(aq)} + \mathrm{H_3O}^+_{(aq)}$$

1.2) Montrer que $pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log C)$: La constante d'acidité s'écrit : $K_A = \frac{[\mathrm{HCOO}^-][\mathrm{H_3O}^+]}{[\mathrm{HCOOH}]}$. D'après l'équation, $[\mathrm{H_3O}^+] \approx [\mathrm{HCOO}^-]$ (l'autoprotolyse de l'eau est négligée). Par conservation de la matière : $[\mathrm{HCOOH}] = C - [\mathrm{H_3O}^+]$. Comme le taux d'avancement est très petit ($\tau \ll 1$), on a $[\mathrm{H_3O}^+] \ll C$, donc $[\mathrm{HCOOH}] \approx C$. L'expression de K_A devient :

$$K_A = \frac{[\mathrm{H_3O}^+]^2}{C} \implies [\mathrm{H_3O}^+]^2 = K_A \cdot C$$

En appliquant le logarithme décimal ($-\log$) :

$$-2\log[\mathrm{H_3O}^+] = -\log(K_A) - \log(C) \implies 2pH = pK_A - \log C$$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log C)$$

2) Dosage de l'acide méthanoïque

2.1) Équation du dosage :

$$\mathrm{HCOOH}_{(aq)} + \mathrm{HO}^-_{(aq)} \rightarrow \mathrm{HCOO}^-_{(aq)} + \mathrm{H_2O}_{(l)}$$

2.2) Montrer que $[\mathrm{H_3O}^+] = K_A\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$: Avant l'équivalence ($V_B < V_{BE}$), l'ion hydroxyde est le réactif limitant. La quantité de base formée est $n(\mathrm{HCOO}^-) = C_B V_B$. La quantité d'acide restante est $n(\mathrm{HCOOH}) = C_A V_A - C_B V_B$. Or, à l'équivalence $C_A V_A = C_B V_{BE}$, donc $n(\mathrm{HCOOH}) = C_B V_{BE} - C_B V_B = C_B(V_{BE} - V_B)$. À partir de $K_A = \frac{[\mathrm{HCOO}^-][\mathrm{H_3O}^+]}{[\mathrm{HCOOH}]}$, on isole $[\mathrm{H_3O}^+]$:

$$[\mathrm{H_3O}^+] = K_A \frac{[\mathrm{HCOOH}]}{[\mathrm{HCOO}^-]} = K_A \frac{C_B(V_{BE} - V_B)/V_{tot}}{C_B V_B / V_{tot}} = K_A \frac{V_{BE} - V_B}{V_B}$$

$$[\mathrm{H_3O}^+] = K_A\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$$

2.3) Exploitation de la courbe (Figure 1) : L'équation précédente peut s'écrire sous la forme affine : $[\mathrm{H_3O^+}] = (K_A \cdot V_{BE}) \cdot \frac{1}{V_B} - K_A$. La droite coupe l'axe des abscisses pour $[\mathrm{H_3O^+}] = 0$, ce qui donne $\frac{V_{BE}}{V_B} = 1 \implies \frac{1}{V_B} = \frac{1}{V_{BE}}$. Sur le graphe, on lit l'intersection à 5 divisions. Comme 2 divisions $= 20\,\mathrm{L^{-1}}$, 1 div $= 10\,\mathrm{L^{-1}}$. Donc l'intersection est à $50\,\mathrm{L^{-1}}$.

$$\frac{1}{V_{BE}} = 50\,\mathrm{L^{-1}} \implies V_{BE} = \frac{1}{50}\,\mathrm{L} \implies \boxed{V_{BE} = 20\,\mathbf{mL}}$$

Le coefficient directeur a de la droite est $a = K_A \cdot V_{BE}$. Prenons un autre point de la droite : par exemple, à l'abscisse $70\,\mathrm{L^{-1}}$ (7 divisions), l'ordonnée est $0,75 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (6 divisions).

$$a = \frac{0,75 \cdot 10^{-4} - 0}{70 - 50} = \frac{0,75 \cdot 10^{-4}}{20} = 3,75 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{mol}$$

On en déduit K_A et pK_A :

$$K_A = \frac{a}{V_{BE}} = \frac{3,75 \cdot 10^{-6}}{0,020} = 1,875{\cdot}10^{-4} \implies pK_A = -\log(1,875{\cdot}10^{-4}) \implies \boxed{pK_A \approx 3}$$

2.4) Concentration C et pH de la solution (S) : À l'équivalence : $C{\cdot}V_A = C_B{\cdot}V_{BE} \implies C = \frac{0,1\times 20}{50}$. $\boxed{C = 0,04\,\mathrm{mol \cdot L^{-1}}}$ En utilisant la relation démontrée en 1.2 :

$$pH = \frac{1}{2}(3,73 - \log(0,04)) = \frac{1}{2}(3,73 + 1,398) \implies \boxed{pH \approx 2,56}$$

2.5) Vérification du pourcentage massique p : On détermine la concentration C_0 de la solution commerciale diluée de 2 mL à 1 L :

$$C_0 = C \times \frac{V_S}{V_0} = 0,04 \times \frac{1000}{2} = 20\,\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

Or $C_0 = \frac{p{\cdot}d{\cdot}\rho_{eau}}{M} \implies p = \frac{C_0{\cdot}M}{d{\cdot}\rho_{eau}}$.

$$p = \frac{20 \times 46}{1,15 \times 1000} = \frac{920}{1150} = 0,80$$

Ce qui correspond bien à un pourcentage de 80%, la valeur indiquée sur l'étiquette est vérifiée.

2.6) Rapport des concentrations pour $V_B = 12\,\mathbf{mL}$: D'après l'étude précédente : $\frac{[\mathrm{HCOOH}]}{[\mathrm{HCOO^-}]} = \frac{V_{BE}}{V_B} - 1$.

$$\frac{[\mathrm{HCOOH}]}{[\mathrm{HCOO^-}]} = \frac{20}{12} - 1 = \frac{8}{12} \simeq 0,67$$

Puisque le rapport est inférieur à 1, la concentration de la base $HCOO^-$ est supérieure à celle de l'acide. On en déduit que **la forme basique prédomine** dans le mélange.

Partie 2 : Pile Plomb - Étain

1) Sens d'évolution spontanée : L'équation est : $Pb^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)} \rightleftharpoons Pb_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)}$ avec $K = 1,47$. Calculons le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$:

$$Q_{r,i} = \frac{[Sn^{2+}]_0}{[Pb^{2+}]_0} = \frac{20\,\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}}{10\,\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}} = 2$$

Puisque $\mathbf{Q_{r,i} > K}$ $(2 > 1,47)$, le système évolue dans le **sens inverse (sens indirect)** de l'équation écrite. La réaction spontanée est l'oxydation du Plomb par les ions Étain(II) : $Pb_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)}$.

3) Schéma conventionnel de la pile : Puisque le Plomb s'oxyde ($Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$), l'électrode de Plomb constitue l'**anode (pôle -)**. L'électrode d'Étain constitue la **cathode (pôle +)**.

$$\ominus\ \mathbf{Pb}_{(s)}\ \mathbf{|}\ \mathbf{Pb}^{2+}_{(aq)}$$
$$\mathbf{||}\ \mathbf{Sn}^{2+}_{(aq)}\ \mathbf{|}\ \mathbf{Sn}_{(s)}\ \oplus$$

4) Concentration finale des ions stanneux : À l'état final (équilibre du système), le quotient de réaction est égal à la constante K de l'équation directe.

$$K = \frac{[Sn^{2+}]_f}{[Pb^{2+}]_f} \implies [Pb^{2+}]_f = \frac{[Sn^{2+}]_f}{K}$$

D'après la conservation des éléments métalliques dissous dans un même volume V (pour un échange de 2 électrons de part et d'autre) :

$$[Sn^{2+}]_f + [Pb^{2+}]_f = [Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}]_0$$

$$[Sn^{2+}]_f \left(1 + \frac{1}{K}\right) = [Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}]_0 \implies [Sn^{2+}]_f \left(\frac{K+1}{K}\right) = [Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}]_0$$

$$[Sn^{2+}]_f = \frac{K}{K+1}\left([Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}]_0\right)$$

Calcul : $[Sn^{2+}]_f = \frac{1,47}{2,47} \times (20 + 10) \simeq 0,595 \times 30 \implies \mathbf{[Sn^{2+}]_f \simeq 17,85\,mmol \cdot L^{-1}}$

5) Calcul de la durée maximale $\Delta t_{\max}$: La variation de concentration des ions Sn^{2+} est $\Delta[Sn^{2+}] = [Sn^{2+}]_0 - [Sn^{2+}]_f = 20 - 17,85 = 2,15\,\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. La quantité de matière consommée est $\Delta n(Sn^{2+}) = 2,15 \cdot 10^{-3} \times 0,1 = 2,15 \cdot$

10^{-4} mol. D'après les demi-équations, le nombre de moles d'électrons échangés est $n(e^-) = 2 \cdot \Delta n(\text{Sn}^{2+}) = 4,30 \cdot 10^{-4}$ mol. La quantité d'électricité est $Q = n(e^-) \cdot F = 4,30 \cdot 10^{-4} \times 96500 = 41,5\,\text{C}$.

$$\Delta t_{\max} = \frac{Q}{I} = \frac{41,5}{0,450} \implies \Delta t_{\max} \approx 92,2\,\mathbf{s}$$

Partie 3 : Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le dibrome

1) Tableau d'avancement et réactif limitant : Calcul des quantités initiales (avec $V_1 = V_2 = 5 \cdot 10^{-5}\,\text{m}^3 = 0,050\,\text{L}$) : $n_1(\text{HCOOH}) = C_1V_1 = 30 \times 5 \cdot 10^{-5} = 1,5 \cdot 10^{-3}\,\text{mol} = 1,5\,\text{mmol}$. $n_2(\text{Br}_2) = C_2V_2 = 24 \times 5 \cdot 10^{-5} = 1,2 \cdot 10^{-3}\,\text{mol} = 1,2\,\text{mmol}$.

Équation		$\text{HCOOH} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^- + 2\text{H}^+ + \text{CO}_2$				
État	**Avanc. (mmol)**	Quantités de matière (mmol)				
Initial	0	$1,5$	$1,2$	0	0	0
En cours	x	$1,5 - x$	$1,2 - x$	$2x$	$2x$	x
Final	x_{max}	$1,5 - x_{max}$	$1,2 - x_{max}$	$2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

Le réactif limitant est celui qui conduit à l'avancement maximal le plus petit :

- Si HCOOH limitant : $x_{max} = 1,5\,\text{mmol}$.
- Si Br_2 limitant : $x_{max} = 1,2\,\text{mmol}$.

Le réactif limitant est donc le **dibrome (Br_2)** et $x_{max} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ **mol**.

2) Montrer que $\sigma(t) = 0,063 + 856 \cdot x(t)$: Seuls les ions formés contribuent à l'augmentation de la conductivité.

$$\sigma(t) = \sigma_0 + \lambda_{H^+}[\text{H}^+] + \lambda_{Br^-}[\text{Br}^-]$$

D'après le tableau, $[\text{H}^+] = [\text{Br}^-] = \frac{2x}{V_T}$. L'expression devient :

$$\sigma(t) = \sigma_0 + (\lambda_{H^+} + \lambda_{Br^-})\frac{2x}{V_T}$$

Calcul de la constante $k = \frac{2(\lambda_{H^+} + \lambda_{Br^-})}{V_T}$ (avec $V_T = 1 \cdot 10^{-4}\,\text{m}^3$) :

$$k = \frac{2 \times (35 \cdot 10^{-3} + 7,81 \cdot 10^{-3})}{10^{-4}} = \frac{2 \times 42,81 \cdot 10^{-3}}{10^{-4}} = 2 \times 428,1 = 856,2 \approx 856\,\text{S·m}^{-1}.$$

$$\sigma(t) = 0,063 + 856 \cdot x(t)$$

3) Valeur de la vitesse volumique à $t_0 = 0$ et $t_1 = 5\,\text{min}$: $v(t) = \frac{1}{V_T}\frac{dx}{dt}$. En dérivant l'expression de $\sigma(t)$, on a $\frac{d\sigma}{dt} = 856\frac{dx}{dt}$. Donc $v(t) = \frac{1}{V_T \times 856}\frac{d\sigma}{dt}$. Graphiquement, $\frac{d\sigma}{dt}$ est la pente des tangentes tracées :

— **À $t_0 = 0$:** La tangente passe par $(0\,;\,0,063)$ et un point proche de $(2\,\text{min}\,;\,0,40\,\text{S/m})$. Pente $\approx \frac{0,40-0,063}{2} = 0,1685\,\text{S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

$$v(0) = \frac{0,1685}{10^{-4} \times 856} \approx \frac{0,1685}{0,0856} \implies v(0) \approx 1,97\,\textbf{mol} \cdot \textbf{m}^{-3} \cdot \textbf{min}^{-1}$$

— **À $t_1 = 5\,\text{min}$:** La pente est plus faible. Avec une estimation de $\frac{d\sigma}{dt} \approx 0,05\,\text{S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

$$v(5) \approx \frac{0,05}{0,0856} \implies v(5) \approx 0,58\,\textbf{mol} \cdot \textbf{m}^{-3} \cdot \textbf{min}^{-1}$$

Explication : La vitesse diminue car la concentration des réactifs diminue au cours de la réaction (la concentration est un facteur cinétique).

4) Comment augmenter la vitesse de cette réaction ? Pour l'accélérer, on peut **augmenter la température** du mélange ou utiliser un **catalyseur** adapté.

5) Temps de demi-réaction $t_{1/2}$: Par définition, à $t_{1/2}$, l'avancement est $x_{1/2} = \frac{x_{max}}{2} = 0,6 \cdot 10^{-3}$ mol. La conductivité correspondante est :

$$\sigma(t_{1/2}) = 0,063 + 856 \times (0,6 \cdot 10^{-3}) = 0,063 + 0,5136 \simeq 0,577\,\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$$

En se reportant sur le graphe, la valeur d'ordonnée $0,577$ (presque 0,6) a pour abscisse : $t_{1/2} \approx 3\,\text{min}$

Partie 1 : Transformations nucléaires

1) Le nucléide $^{32}_{15}$P est radioactif β^-

1.1) Équation de désintégration : La désintégration β^- correspond à l'émission d'un électron $^{0}_{-1}$e. L'équation s'écrit : $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^{A}_{Z}\text{ Y} + ^{0}_{-1}\text{ e}$ D'après les lois de conservation de Soddy :

- Conservation du nombre de masse : $32 = A + 0 \implies \mathbf{A = 32}$
- Conservation du nombre de charge : $15 = Z - 1 \implies \mathbf{Z = 16}$

L'équation complète est donc : $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^{32}_{16}\text{ Y} + ^{0}_{-1}\text{ e}$

1.2) Calcul de l'énergie libérée : Calculons d'abord la variation de masse Δm pour la désintégration d'un seul noyau :

$$\Delta m = m(^{32}_{16}\text{Y}) + m(\beta^-) - m(^{32}_{15}\text{P})$$

$$\Delta m = 31,9822 + 5,485 \cdot 10^{-4} - 31,9840 = -0,0012515\,\text{u}$$

L'énergie libérée par un noyau est $E_0 = |\Delta m| \cdot c^2$:

$$E_0 = 0,0012515 \times 931,5 \simeq 1,1658\,\text{MeV}$$

Calculons maintenant le nombre N de noyaux dans la masse $m = 11,4\,\text{kg} = 11,4 \cdot 10^3\,\text{g}$:

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{11,4 \cdot 10^3}{32} \times 6,02 \cdot 10^{23} \simeq 2,1446 \cdot 10^{26}\text{ noyaux}$$

L'énergie totale libérée E_{tot} est :

$$E_{tot} = N \cdot E_0 = 2,1446 \cdot 10^{26} \times 1,1658$$

$E_{tot} \simeq 2,50 \cdot 10^{26}\,\text{MeV}$

En Joules ($1\,\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\,\text{J}$) :

$$E_{tot} = 2,50 \cdot 10^{26} \times 1,6 \cdot 10^{-13}$$

$E_{tot} \simeq 4,00 \cdot 10^{13}\,\text{J}$

---

2) Étude de l'activité avec le graphe

2.1) Détermination de la demi-vie $t_{1/2}$: La loi de décroissance radioactive s'écrit $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$. En appliquant le logarithme : $\ln(a) = \ln(a_0) - \lambda t$, soit $-\ln(a) = \lambda t - \ln(a_0)$. La courbe représentant $-\ln(a)$ en fonction de t est une droite affine de coefficient directeur λ. En exploitant les coordonnées du

point mis en évidence sur le graphe ($t = 2,11 \cdot 10^4\,\text{s}\,;\ -\ln(a) = 46,93$) et en supposant, d'après la structure de ce type d'exercice, que la variation $\Delta(-\ln a)$ depuis l'origine est donnée par ces valeurs (ce qui équivaut à calculer la pente $\lambda = \frac{\Delta y}{\Delta x}$) :

$$\lambda = \frac{46,93}{2,11 \cdot 10^4} \simeq 2,224 \cdot 10^{-3}\,\text{s}^{-1}$$

La demi-vie est :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{2,224 \cdot 10^{-3}}$$

$t_{1/2} \simeq 311,6\,\text{s}$

2.2) Nombre de noyaux N_0 à l'état initial : La masse de l'échantillon donnée précédemment est $m = 11,4\,\text{kg}$. Le nombre de noyaux initiaux se calcule via la masse molaire et la constante d'Avogadro :

$$N_0 = \frac{m}{M(^{32}_{15}\text{P})} \cdot N_A = \frac{11,4 \cdot 10^3\,\text{g}}{32\,\text{g/mol}} \times 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$$

$N_0 \simeq 2,14{\cdot}10^{26}$ noyaux

2.3) Durée nécessaire à la désintégration de 80% de l'échantillon : Si 80% de l'échantillon s'est désintégré, il en reste 20%.

$$N(t) = 0,20 \cdot N_0$$

D'après la loi de décroissance : $N_0 e^{-\lambda t} = 0,20 \cdot N_0 \implies e^{-\lambda t} = 0,20$

$$-\lambda t = \ln(0,20) \implies t = \frac{-\ln(0,20)}{\lambda} = \frac{\ln(5)}{\lambda}$$

$$t = \frac{1,609}{2,224 \cdot 10^{-3}}$$

$t \simeq 723,5\,\text{s}$

Partie 2 : Diffraction par une ouverture circulaire

1) Proposition juste :

— A : Faux (la lumière blanche donne une tache centrale blanche aux bords irisés).

— B : Faux (la dimension de l'obstacle doit être petite, de l'ordre de la longueur d'onde).

— C : Faux (la diffraction s'observe pour toutes les ondes : mécaniques, sonores, etc.).

— **D : Vrai** (l'onde diffractée a une direction de propagation modifiée, elle s'évase).

Réponse : Proposition D

2) Expression de D en fonction de r, d, α et λ : D'après la figure 2, dans le triangle rectangle formé par l'écran et la distance D, on a :

$$\tan(\theta) = \frac{r}{D}$$

Comme θ est très faible, $\tan(\theta) \approx \theta \implies \theta = \frac{r}{D}$. On donne également l'expression $\theta = \frac{\alpha \cdot \lambda}{d}$. En égalisant les deux expressions :

$$\frac{r}{D} = \frac{\alpha \cdot \lambda}{d} \implies D = \frac{r \cdot d}{\alpha \cdot \lambda}$$

3) Détermination de la longueur d'onde λ : D'après la relation précédente, on peut écrire $r = (\alpha \cdot \lambda \cdot D) \cdot \frac{1}{d}$. La courbe de la Figure 3, qui représente $r = f\left(\frac{1}{d}\right)$, est une droite passant par l'origine d'équation $r = K \cdot \frac{1}{d}$, où le coefficient directeur est $K = \alpha \cdot \lambda \cdot D$. On détermine K à partir du point donné $(5\,\text{mm}^{-1}\,;\, 30,774\,\text{mm})$:

$$K = \frac{30,774\,\text{mm}}{5\,\text{mm}^{-1}} = 6,1548\,\text{mm}^2 = 6,1548 \cdot 10^{-6}\,\text{m}^2$$

On en déduit la longueur d'onde λ (avec $\alpha = 1,92$ et $D = 4\,\text{m}$) :

$$\lambda = \frac{K}{\alpha \cdot D} = \frac{6,1548 \cdot 10^{-6}}{1,92 \times 4} = \frac{6,1548 \cdot 10^{-6}}{7,68}$$

$$\lambda \simeq 0,8014 \cdot 10^{-6}\,\text{m}$$

$$\lambda \simeq 801,4\,\text{nm}$$

4) Détermination de la distance D_2 : Pour une même ouverture d et une même longueur d'onde λ, le rapport $\frac{r}{D} = \frac{\alpha \cdot \lambda}{d}$ est constant. Le rayon r est donc proportionnel à la distance D. On a donc : $\frac{r_1}{D_1} = \frac{r_2}{D_2'}$, où D_2' est la nouvelle distance totale entre la fente et l'écran.

$$D_2' = D_1 \cdot \frac{r_2}{r_1} = 4 \times \frac{93,322}{61,548} \simeq 4 \times 1,516 \simeq 6,064\,\text{m}$$

La distance dont on a fait "glisser" l'écran (le déplacement D_2) est la différence entre la nouvelle et l'ancienne position :

$$D_2 = D_2' - D_1 = 6,064 - 4$$

$$D_2 = 2,064\,\text{m}$$

(Si par D_2 l'énoncé entendait la nouvelle distance totale, alors $D_2 = 6,064\,\text{m}$).

EXERCICE III (4,75 points)

Charge et décharge d'un condensateur / Circuit RLC / Entretien des oscillations

Partie 1 : Charge d'un condensateur

1) Identification des courbes (justification) : À l'instant $t = 0$, le condensateur est initialement déchargé, donc sa charge est nulle : $q(0) = 0$. Par contre, la tension aux bornes de la résistance R_1 est maximale car le courant est maximal à l'instant de fermeture du circuit : $u_{R1}(0) = E$.

- La courbe de la **Figure (2)** part de l'origine (0) et croît, elle correspond donc à la charge $q(t)$.
- La courbe de la **Figure (3)** part d'une valeur maximale non nulle et décroît, elle correspond donc à la tension $u_{R1}(t)$.

2) Équation différentielle vérifiée par la charge $u_{R1}(t)$: *(Remarque : L'énoncé dit "charge $u_{R1}(t)$", ce qui est un abus de langage. Il s'agit de la **tension** $u_{R1}(t)$).* Loi d'additivité des tensions dans la maille de charge : $E = u_{R1}(t) + u_C(t)$. En dérivant par rapport au temps :

$$0 = \frac{du_{R1}}{dt} + \frac{du_C}{dt}$$

Or, $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} \implies \frac{du_C}{dt} = \frac{i}{C}$. De plus, d'après la loi d'Ohm $u_{R1} = R_1 i \implies i = \frac{u_{R1}}{R_1}$. En remplaçant :

$$0 = \frac{du_{R1}}{dt} + \frac{u_{R1}}{R_1 C}$$

$$\frac{du_{R1}}{dt} + \frac{1}{R_1 C}u_{R1} = 0$$

3) Exploitation des courbes :

3.1) Valeur de la force électromotrice E : D'après la courbe $u_{R1}(t)$ (Figure 3), la tension à $t = 0$ est $u_{R1}(0) = E$. Graphiquement, la courbe coupe l'axe des ordonnées à 3 carreaux complets. Sachant que 1 carreau correspond à 2 V :

$$E = 3 \times 2 = 6\,\text{V}$$

3.2) Valeur de la charge électrique maximale $Q_{\max}$: D'après la courbe $q(t)$ (Figure 2), la valeur maximale est atteinte en régime permanent (asymptote horizontale). L'asymptote se situe à 3 carreaux complets sur l'axe des ordonnées. Sachant que 1 carreau correspond à $2 \cdot 10^{-4}$ C :

$$Q_{\max} = 3 \times 2 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-4}\,\text{C}$$

4) Tension du condensateur en fin de charge et capacité C : Lorsque le condensateur est complètement chargé, l'intensité du courant s'annule en régime permanent ($i = 0$). D'après la loi d'additivité des tensions : $u_C = E - u_{R1} = E - R_1 i$. Avec $i = 0$, on obtient bien : $\mathbf{u_C = E}$. La relation charge-tension en régime permanent s'écrit $Q_{\max} = C \cdot u_C = C \cdot E$.

$$C = \frac{Q_{\max}}{E} = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{6}$$

$$C = 1 \cdot 10^{-4}\,\text{F} = 100\,\mu\text{F}$$

5) Détermination de la résistance R_1 : On peut utiliser la constante de temps $\tau = R_1 C$. La tangente à l'origine de l'une ou l'autre des courbes coupe l'asymptote (horizontale à $Q_{\max}$ pour la charge, ou l'axe des abscisses pour la tension) à l'instant $t = \tau$. Graphiquement, l'intersection se fait à l'abscisse de 2 carreaux. Sachant qu'un carreau vaut 20 ms, on lit $\tau = 40\,\text{ms} = 40 \cdot 10^{-3}$ s.

$$R_1 = \frac{\tau}{C} = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{10^{-4}} = 40 \cdot 10 = 400$$

$$R_1 = 400\,\Omega$$

6) Énergie électrique emmagasinée lorsque $u_{R1}(t) = u_C(t)$: D'après la loi des mailles, $E = u_{R1} + u_C$. Si $u_{R1} = u_C$, alors $2u_C = E \implies u_C = \frac{E}{2} = \frac{6}{2} = 3$ V. L'énergie emmagasinée est :

$$E_e = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-4} \times (3)^2 = \frac{9}{2} \cdot 10^{-4}$$

$$E_e = 4,5 \cdot 10^{-4}\,\text{J}$$

Partie 2 : Décharge d'un condensateur

1.1) Calcul de la résistance R_2 : Lors de la décharge à travers R_2, la tension aux bornes du condensateur est $u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau_2}}$ (avec $\tau_2 = R_2 C$). D'après la loi d'additivité des mailles (décharge) : $u_{R2} + u_C = 0 \implies u_{R2} = -u_C = -Ee^{-\frac{t}{\tau_2}}$, ce qui correspond à l'expression donnée dans l'énoncé. La charge est $q(t) = Cu_C(t) = CEe^{-\frac{t}{\tau_2}}$. À la date $t_2 = 4 \cdot 10^{-2}$ s, $q = 3,7 \cdot 10^{-4}$ C. La charge initiale est $Q_0 = CE = 6 \cdot 10^{-4}$ C.

$$q(t_2) = Q_0 e^{-\frac{t_2}{\tau_2}} \implies \frac{q(t_2)}{Q_0} = e^{-\frac{t_2}{\tau_2}}$$

$$\ln\left(\frac{q(t_2)}{Q_0}\right) = -\frac{t_2}{\tau_2} \implies \tau_2 = \frac{-t_2}{\ln\left(\frac{q(t_2)}{Q_0}\right)}$$

$$\tau_2 = \frac{-4 \cdot 10^{-2}}{\ln\left(\frac{3,7 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 10^{-4}}\right)} \simeq \frac{-0,04}{\ln(0,616)} \simeq \frac{-0,04}{-0,484} \simeq 0,0826\,\text{s}$$

Puisque $\tau_2 = R_2 C$:

$$R_2 = \frac{\tau_2}{C} = \frac{0,0826}{10^{-4}} = 826$$

$$R_2 \simeq 826\,\Omega$$

1.2) Allure des courbes : (À dessiner sur votre copie)

- Courbe $q(t)$: Part de $Q_0 = 6 \cdot 10^{-4}$ C à $t = 0$, décroît de façon exponentielle vers 0. Elle coupe l'axe des temps asymptotiquement, la tangente à l'origine croise l'axe des abscisses à $\tau_2 \approx 82,6$ ms.
- Courbe $u_{R2}(t)$: Part de $-E = -6$ V à $t = 0$ (en dessous de l'axe), et **croît** de façon exponentielle (vers le haut) pour s'annuler asymptotiquement en 0.

2) Énergie dissipée par effet Joule : Lors de la décharge complète, toute l'énergie initialement stockée dans le condensateur est dissipée sous forme de chaleur dans la résistance R_2. L'énergie dissipée E_J est donc égale à l'énergie électrique maximale $E_{e,\max}$:

$$E_J = E_{e,\max} = \frac{1}{2}\frac{Q_{\max}^2}{C} = \frac{1}{2}CE^2$$

$$E_J = \frac{1}{2} \times 10^{-4} \times 6^2 = 18 \cdot 10^{-4}$$

$$E_J = 1,8 \cdot 10^{-3}\,\text{J}$$

Partie 3 : Décharge d'un condensateur dans le dipôle RLC

1) Équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$: Loi des mailles : $u_R+u_b+u_C = 0$ Avec $u_R = R \cdot i$ et $u_b = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$. Soit $R_T = R + r$ la résistance totale. L'équation devient :

$$R_T \cdot i + L\frac{di}{dt} + u_C = 0$$

Puisque $i = C\frac{du_C}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$:

$$R_T \cdot C\frac{du_C}{dt} + LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C = 0$$

En divisant par LC :

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R+r}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0$$

2) Régime d'oscillations et amortissement : Les figures 5 et 6 montrent des oscillations dont l'amplitude diminue progressivement au cours du temps. Il s'agit du **régime pseudo-périodique**. **Interprétation de l'amortissement :** La diminution de l'amplitude est due à la dissipation de l'énergie électromagnétique du circuit sous forme de chaleur (effet Joule) dans les résistances du circuit (R et r).

3) Coefficient d'amortissement et valeur de l'inductance L : Le terme responsable de l'amortissement dans l'équation différentielle est $\frac{R+r}{L}$ (souvent appelé 2λ où λ est le coefficient d'amortissement). L'amortissement dépend directement de la résistance totale. Si la pseudo-période T est égale à la période propre T_0, on a $T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$. D'après la figure 6, une pseudo-période T correspond à la durée entre deux crêtes maximales successives. L'écart entre 0 et la 3ème crête est de 25 ms (pour 2 périodes et demie, soit $\frac{5}{2}T = 25 \implies T = 10\,\text{ms}$). Vérifions : sur la figure 5 (u_R), T correspond à la distance entre deux pics. L'écart de 5 à 15 ms donne bien $T = 10\,\text{ms}$.

$$T_0^2 = 4\pi^2 LC \implies L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$$

Avec $\pi^2 \simeq 10$:

$$L = \frac{(10 \cdot 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 15,6 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-4}}{40 \times 15,6 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-4}}{624 \cdot 10^{-6}} = \frac{100}{624}$$

$$L \simeq 0,16\,\text{H}$$

4) Énergie E_J dissipée entre $t_1 = 0$ et t_2 : L'énergie dissipée correspond à la diminution de l'énergie totale du circuit : $E_J = E_{tot}(0) - E_{tot}(t_2)$. À $t_1 =$

0, l'intensité est nulle (donc énergie magnétique nulle). $E_{tot}(0) = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}CE^2$.

$$E_{tot}(0) = \frac{1}{2} \times 15,6 \cdot 10^{-6} \times 6^2 = 280,8 \cdot 10^{-6}\,\text{J}$$

À t_2, sur les graphes, on remarque que c'est un point où u_R s'annule (donc $i = 0$, pas d'énergie magnétique). L'énergie totale est uniquement l'énergie électrique. Sur la figure 6, à l'instant t_2 (qui correspond à un pic négatif, $T + T/2 = 15\,\text{ms}$), l'amplitude de u_C se situe à environ 2 carreaux. Puisque le max initial est à 6 V (3 carreaux), 1 carreau vaut 2 V. Donc $|u_C(t_2)| = 4\,\text{V}$.

$$E_{tot}(t_2) = \frac{1}{2}C(u_C(t_2))^2 = \frac{1}{2} \times 15,6 \cdot 10^{-6} \times 4^2 = 124,8 \cdot 10^{-6}\,\text{J}$$

L'énergie dissipée est :

$$E_J = 280,8 \cdot 10^{-6} - 124,8 \cdot 10^{-6} = 156 \cdot 10^{-6}\,\text{J}$$

$$E_J = 1,56 \cdot 10^{-4}\,\text{J}$$

5) Détermination de P_J en fonction de R, r et i^2 : L'énergie totale est $E_t = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$. En dérivant : $\frac{dE_t}{dt} = Li\frac{di}{dt} + \frac{q}{C}i = i\left(L\frac{di}{dt} + u_C\right)$. D'après l'équation de la maille, $L\frac{di}{dt} + u_C = -(R + r)i$.

$$P_J = \frac{dE_t}{dt} = i\left(-(R + r)i\right)$$

$$P_J = -(R + r) \cdot i^2$$

(Le signe moins indique qu'il s'agit d'une puissance dissipée, perdue par le système).

6) Montrer que la résistance interne $r = 8\,\Omega$: D'après l'expression précédente, la courbe $P_J = f(i^2)$ (Figure 7) est une droite de coefficient directeur $a = -(R + r)$. Graphiquement, la droite passe par $(0\,;\,0)$ et un point bien lisible par exemple $(i^2 = 0,5\,\text{A}^2\,;\, P_J = -24\,\text{W})$ (attention : l'axe indique des valeurs comme -2,4 avec une unité 10 W, ou alors c'est simplement $-24\,\text{W}$ ou $-2,4 \cdot 10\,\text{W}$. Prenons la valeur du graphe : 0,5 en abscisse correspond à -2,4 (avec multiplicateur 10W selon l'axe, donc -24 W)). *(Vérifions : $P_J(10W)$ signifie que les valeurs sont divisées par 10. Donc $-2,4$ sur l'axe correspond à $-24\,\text{W}$.)*

$$a = \frac{-24 - 0}{0,5 - 0} = -48\,\Omega$$

On a donc $-(R+r) = -48 \implies R+r = 48$. Comme $R = 40\,\Omega$, on en déduit r :

$$r = 48 - 40$$

$$r = 8\,\Omega$$

Partie 4 : L'entretien des oscillations du circuit RLC

1) Rôle du générateur G d'un point de vue énergétique : Le générateur G apporte de l'énergie au circuit. Son rôle est de **compenser exactement les pertes d'énergie par effet Joule** dans les résistances du circuit, afin de maintenir des oscillations d'amplitude constante.

2) Équation différentielle vérifiée par $i(t)$ et valeur de k : Avec l'ajout du générateur, la loi des mailles s'écrit :

$$u_R + u_b + u_C = u_G(t)$$

$$Ri + L\frac{di}{dt} + ri + u_C = ki$$

En dérivant par rapport au temps :

$$R\frac{di}{dt} + L\frac{d^2i}{dt^2} + r\frac{di}{dt} + \frac{du_C}{dt} = k\frac{di}{dt}$$

Sachant que $\frac{du_C}{dt} = \frac{i}{C}$, l'équation devient :

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + (R + r - k)\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i = 0$$

En divisant par L : $\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R+r-k}{L}\frac{di}{dt} + \frac{1}{LC}i = 0$

Pour obtenir des oscillations entretenues non amorties (régime périodique), il faut annuler le terme d'amortissement (le coefficient de $\frac{di}{dt}$).

$$\frac{R + r - k}{L} = 0 \implies R + r - k = 0$$

D'où l'on déduit la valeur de la constante k :

$$k = R + r = 40 + 8$$

$$k = 48\,\Omega$$

3) Que peut-on dire des oscillations électriques obtenues après l'entretien ? Après l'entretien (lorsque $k = R + r$), les oscillations obtenues sont **sinusoïdales** (périodiques) et d'**amplitude constante**. Leur période est égale à la période propre du circuit $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

EXERCICE IV (5,25 points)

Mouvement d'un skieur, Projectile et Pendule élastique

Partie 1 : Mouvement d'un skieur

1) Unité de la constante k : L'action de l'air est $\vec{f} = -k\vec{v}$. En termes de dimensions, on a $[F] = [k] \cdot [v]$, d'où $[k] = \frac{[F]}{[v]}$. Sachant qu'une force s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (d'après $F = ma$) et la vitesse en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$:

$$[k] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

L'unité de k est le $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

2) Équation différentielle vérifiée par la vitesse v : Le système étudié est {le skieur}. Il est soumis à 3 forces :

- Le poids $\vec{P}$
- L'action de la piste $\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$
- L'action de l'air $\vec{f} = -k\vec{v}$

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la deuxième loi de Newton s'écrit : $\vec{P} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{f} = m\vec{a}_G$. Projetons sur les axes du repère (O, x, y) :

- Sur Oy : $-mg\cos\alpha + N + 0 + 0 = 0 \implies N = mg\cos\alpha$
- Sur Ox : $mg\sin\alpha - T - f = ma_x$

Or $T = \mu \cdot N = \mu \cdot mg\cos\alpha$, $f = k \cdot v$, et $a_x = \frac{dv}{dt}$. En remplaçant dans la projection sur Ox :

$$mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha - kv = m\frac{dv}{dt}$$

En divisant par m et en regroupant les termes :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

Par identification avec l'équation demandée $\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau}v = \ldots$, on trouve :

$$\tau = \frac{m}{k}$$

3) Expression de la vitesse limite V_{lim} : Lorsque le régime permanent est atteint, la vitesse est constante et égale à la vitesse limite V_{lim}. La dérivée

est donc nulle : $\frac{dV_{lim}}{dt} = 0$. L'équation différentielle devient : $0 + \frac{1}{\tau}V_{lim} = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$.

$$V_{lim} = \tau \cdot g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

4) Calcul de la valeur de V_{lim} : On a $\tau = \frac{25}{5} = 5\,\text{s}$.

$$V_{lim} = 5 \times 9,8 \times (\sin(42^\circ) - 0,7 \cdot \cos(42^\circ))$$

$$V_{lim} = 49 \times (0,6691 - 0,7 \times 0,7431) = 49 \times (0,6691 - 0,5202) = 49 \times 0,1489$$

$$V_{lim} \simeq 7,30\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

5) Distance d parcourue pendant le régime transitoire : L'équation horaire de la vitesse est $v(t) = \frac{dx}{dt} = V_{lim}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$. On intègre pour trouver la position $x(t)$, avec $x(0) = 0$:

$$x(t) = \int_0^t V_{lim}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})dt = V_{lim}\left[t + \tau e^{-\frac{t}{\tau}}\right]_0^t = V_{lim}(t + \tau e^{-\frac{t}{\tau}} - \tau)$$

À la fin du régime transitoire, $t = 5\tau$:

$$d = x(5\tau) = V_{lim}(5\tau + \tau e^{-5} - \tau) = V_{lim} \cdot \tau(4 + e^{-5})$$

Sachant que $e^{-5} \approx 0,0067$ est négligeable, $d \approx 4 \cdot \tau \cdot V_{lim}$.

$$d \approx 4 \times 5 \times 7,30 = 20 \times 7,30 = 146\,\text{m}$$

$d \approx 146\,\text{m}$. Il atteindra la vitesse limite sur la piste si $AB > 146\,\text{m}$.

6) Méthode d'Euler : L'équation différentielle s'écrit $\frac{dv}{dt} = a(t) = 1,46 - 0,2v$.

- À $t_0 = 0$: $v_0 = 0\,\text{m/s}$. L'accélération est $a_0 = 1,46 - 0,2(0) = 1,46\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- À t_1 : $v_1 = v_0 + a_0\Delta t = 0 + 1,46 \times 0,63 \implies v_1 \simeq 0,92\,\mathbf{m} \cdot \mathbf{s}^{-1}$. L'accélération est $a_1 = 1,46 - 0,2(v_1) = 1,46 - 0,2(0,92) = 1,46 - 0,184 \implies a_1 = 1,276\,\mathbf{m} \cdot \mathbf{s}^{-2}$.
- À t_2 : $v_2 = v_1 + a_1\Delta t = 0,92 + 1,276 \times 0,63 = 0,92 + 0,804 \implies v_2 \simeq 1,72\,\mathbf{m} \cdot \mathbf{s}^{-1}$.

Partie 2 : Mouvement d'un projectile dans le champ de la pesanteur

1) Équations horaires $x(t)$ et $y(t)$: Le projectile n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$. Newton : $\vec{P} = m\vec{a} \implies \vec{a} = \vec{g}$. Les conditions initiales sont : $\vec{V_0}(V_0\cos\alpha, V_0\sin\alpha)$ et $\vec{OM_0}(0, H)$. En intégrant l'accélération, on obtient la vitesse : $v_x(t) = V_0\cos\alpha$ et $v_y(t) = -gt + V_0\sin\alpha$. En intégrant la vitesse, on obtient les équations horaires de position :

$$x(t) = (V_0\cos\alpha)t \quad \text{et} \quad y(t) = -\tfrac{1}{2}gt^2 + (V_0\sin\alpha)t + H$$

2) Équation de la trajectoire : De $x(t)$, on tire $t = \frac{x}{V_0\cos\alpha}$. En remplaçant dans $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{g}{2V_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\cdot\tan\alpha + H$$

3) Expression de V_0 pour tomber au point C : Le projectile tombe en C de coordonnées $(x_C = D, y_C = 0)$.

$$0 = -\frac{gD^2}{2V_0^2\cos^2\alpha} + D\tan\alpha + H \implies \frac{gD^2}{2V_0^2\cos^2\alpha} = H + D\tan\alpha$$

En isolant V_0, on obtient :

$$V_0 = \frac{D}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{g}{2(H + D\tan\alpha)}}$$

4) Hauteur maximale h_m : Au sommet, $v_y = 0 \implies -gt_s + V_0\sin\alpha = 0 \implies t_s = \frac{V_0\sin\alpha}{g}$. On remplace dans $y(t)$: $h_m = -\frac{1}{2}g\left(\frac{V_0\sin\alpha}{g}\right)^2 + V_0\sin\alpha\left(\frac{V_0\sin\alpha}{g}\right) + H = \frac{V_0^2\sin^2\alpha}{2g} + H$. Calculons d'abord V_0 :

$$V_0 = \frac{1000}{\cos(30°)}\sqrt{\frac{10}{2(80 + 1000\cdot\tan(30°))}} = \frac{1000}{0,866}\sqrt{\frac{10}{2(80 + 577,35)}} \simeq 1154,7\times 0,0872 \simeq$$

On calcule h_m :

$$h_m = \frac{(100,7)^2\cdot\sin^2(30°)}{2\times 10} + 80 = \frac{10140\times 0,25}{20} + 80 = 126,75 + 80$$

$$h_m \simeq 206,75\,\text{m}$$

5) Tir depuis l'origine O ($H = 0$) 5.1) Distances d_1 et d_2 : Pour un tir depuis l'origine ($H = 0$), la portée est donnée par $x_P = \frac{V_0'^2\sin(2\alpha)}{g}$.

— Pour α_1, le tir est court de $L/2$: $d_1 = D - \frac{L}{2} = \frac{V_0'^2 \sin(2\alpha_1)}{g}$

— Pour α_2, le tir est long de $L/2$: $d_2 = D + \frac{L}{2} = \frac{V_0'^2 \sin(2\alpha_2)}{g}$

5.2) Déduction de D : On additionne les deux expressions : $(D-\frac{L}{2})+(D+\frac{L}{2}) = \frac{V_0'^2}{g}(\sin(2\alpha_1) + \sin(2\alpha_2))$.

$$2D = \frac{V_0'^2}{g}(\sin(2\alpha_1) + \sin(2\alpha_2)) \implies D = \frac{V_0'^2(\sin(2\alpha_1)+\sin(2\alpha_2))}{2g}$$

5.3) Angle θ pour atteindre la cible C : Pour atteindre la cible C située à la distance D, il faut un angle θ tel que $D = \frac{V_0'^2 \sin(2\theta)}{g}$. En égalisant avec l'expression précédente :

$$\frac{V_0'^2 \sin(2\theta)}{g} = \frac{V_0'^2(\sin(2\alpha_1) + \sin(2\alpha_2))}{2g} \implies \sin(2\theta) = \frac{\sin(2\alpha_1) + \sin(2\alpha_2)}{2}$$

Application numérique : $\alpha_1 = 30°$, $\alpha_2 = 45°$.

$$\sin(2\theta) = \frac{\sin(60°) + \sin(90°)}{2} = \frac{0,866 + 1}{2} = 0,933$$

$$2\theta = \arcsin(0,933) \simeq 68,9° \implies \theta \simeq 34,45°$$

Partie 3 : Étude du mouvement d'un pendule élastique

1) Vrai ou Faux :

— **A : Faux** (Un oscillateur peut effectuer un mouvement de rotation, comme un pendule de torsion).

— **B : Vrai** (Définition d'un oscillateur libre).

— **C : Vrai** (Si aucune force dissipative n'intervient, les oscillations se poursuivent indéfiniment sans diminution d'amplitude, c'est un oscillateur non amorti).

— **D : Vrai** (C'est la définition de la période).

— **E : Vrai** ($N = 1/T$, c'est le nombre de cycles par seconde).

2) Étude cinématique 2.1) Équation différentielle : Newton sur (S) sur l'axe Ox : $-Kx = m\ddot{x}$. $\ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0$

2.2) Exploitation de la figure 4 :

— **a) Pulsation ω_0 :** L'écart entre deux minima successifs est la période propre T_0. Le graphique montre que la distance entre les deux traits pointillés est de $\frac{\pi}{10}$ s. Donc $T_0 = \frac{\pi}{10}$ s.

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{\pi/10} \implies \omega_0 = 20\,\textbf{rad} \cdot \textbf{s}^{-1}$$

— **b) Abscisse X_0 et amplitude X_m :** À $t = 0$, la courbe part de la valeur minimale. $X_0 = -4$ cm. L'amplitude maximale (valeur crête) est $\mathbf{X_m = 4}$ cm.

— **c) Phase initiale φ :** $x(0) = X_m \cos(\varphi) = -X_m \implies \cos(\varphi) = -1 \implies \varphi = \pi$ **rad**.

2.3) Vitesse initiale V_0 : La vitesse est $v(t) = \dot{x}(t) = -\omega_0 X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$. À $t = 0$, $v(0) = -\omega_0 X_m \sin(\pi) = 0$. Donc $V_0 = 0$ **m/s**.

3) Étude énergétique 3.1) Énergie potentielle élastique E_{pe} :

$$E_{pe} = \frac{1}{2}Kx^2 = \frac{1}{2}KX_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$$

En linéarisant le cosinus carré ($\cos^2 a = \frac{1+\cos(2a)}{2}$) :

$$E_{pe} = \tfrac{1}{4}KX_m^2 + \tfrac{1}{4}KX_m^2 \cos(2\omega_0 t + 2\varphi)$$

C'est bien une somme d'un terme constant et d'une fonction sinusoïdale.

3.2) Période T_{Epe} : La pulsation de E_{pe} est $2\omega_0$. Sa période est donc la moitié de T_0 :

$$T_{Epe} = \frac{T_0}{2} = \frac{\pi}{20}\,\text{s}$$

3.3) Système conservatif : Sur la figure 5, l'amplitude maximale de l'énergie (qui est égale à l'énergie mécanique E_m) reste constante au cours du temps. L'énergie mécanique se conserve : le système est donc **conservatif** (pas de frottements).

3.4) Masse m et raideur K : L'énergie potentielle maximale est égale à l'énergie mécanique totale E_m. Sur le graphe, $E_m = 7,2 \cdot 10^{-2}$ J. On sait que $E_m = \frac{1}{2}KX_m^2$.

$$K = \frac{2E_m}{X_m^2} = \frac{2 \times 7,2 \cdot 10^{-2}}{(0,04)^2} = \frac{0,144}{0,0016} = 90$$

$$K = 90\,\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Pour la masse, on utilise $\omega_0^2 = \frac{K}{m}$:

$$m = \frac{K}{\omega_0^2} = \frac{90}{20^2} = \frac{90}{400} = 0,225\,\text{kg}$$

$$m = 225\,\text{g}$$

المادة	الفيزياء والكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	العلوم التجريبية - علوم فيزيائية	المعامل	7
إسم الأستاذ	عادل مشماش	الصفحات	8

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Le sujet comporte 4 exercices

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques

Chimie (7 points) :

- *Partie 1 : Étude de la solution d'acide acétylsalicylique.*
- *Partie 2 : Étude de la réaction entre l'ammoniac et chlorure méthyle d'ammonium*
- *Partie 3 : Synthèse de l'arôme des pommes mûres.*

Physique I (2 points) :

- *Les ondes ultrasons.*

Physique II (5,5 points) :

- *Partie 1 : Étude de la réponse du dipôle RL à un échelon ascendant de tension*
- *Partie 2 : Étude de la modulation et la démodulation d'amplitude.*

Physique III (5,5 points) :

- *Partie 1 : Étude de l'oscillateur de torsion.*
- *Partie 2 : Étude du mouvement d'un obus.*

Réalisé par : Pr. Adil
Prof MACHMACH Adil

Barème

Pr. Adil

Chimie (7 points)

Les trois parties sont indépendantes.

I. Partie 1 : Étude de la solution d'acide acétylsalicylique :

L'acide acétylsalicylique de formule $C_9H_8O_4$ connue sous le nom de l'aspirine est utilisé dans de nombreux médicaments pour ses propriétés antalgiques et anti-inflammatoires.

On dissout un comprimé d'aspirine de masse $m = 500\ mg$ dans le volume $V = 278\ mL$ d'eau distillée pour obtenir une solution aqueuse d'acide acétylsalicylique (S_1) de concentration C_1.
La conductivité de la solution (S_1) vaut $\sigma = 64.mS.m^{-1}$.

Données :

- Masse molaire d'acide acétylsalicylique : $M(C_9H_8O_4) = 180\ g.mol^{-1}$
- Conductivités molaires ioniques à 25 °C en $(mS.m^2.mol^{-1})$:

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \quad ; \quad \lambda_{C_9H_7O_4^-} = 3,6$$

0,25 pt 1. Calculer la concentration C_1.

0,25 pt 2. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide acétylsalicylique avec l'eau.

0,75 pt 3. Exprimer le taux d'avancement final τ_1 en fonction de la concentration σ, C_1, $\lambda_{H_3O^+}$ et $\lambda_{C_9H_7O_4^-}$. Puis calculer sa valeur. Conclure.

0,75 pt 4. Exprimer la constante d'équilibre K en fonction de τ_1 et C_1, puis calculer sa valeur.

1 pt 5. À 25 °C, on dilue la solution (S_1) d'acide acétylsalicylique *10 fois*, on obtient une solution (S_2) de concentration C_2.
Montrer que le taux d'avancement final τ_2 de la solution (S_2) est sous la forme :

$$\tau_2 = \frac{K}{C_2}\left(\sqrt{\frac{1}{4}+\frac{C_2}{K}}-\frac{1}{2}\right)$$

Calculer sa valeur.

II. Partie 2 : Étude de la réaction entre l'ammoniac et chlorure méthyle d'ammonium :

Étude de la réaction entre une solution aqueuse d'ammoniac $NH_{3(aq)}$ avec une solution aqueuse de chlorure méthyle d'ammonium $(CH_3NH^+_{3(aq)} + Cl^-_{(aq)})$.

Données :

- Conductivités molaires ioniques à 25 °C en $(mS.m^2.mol^{-1})$:

$$\lambda_1 = \lambda_{CH_3NH_3^+} = 5,87 \quad ; \quad \lambda_2 = \lambda_{NH_4^+} = 7,35 \quad ; \quad \lambda_3 = \lambda_{Cl^-} = 7,63$$

Dans un bécher, on mélange un volume V de la solution (S) d'ammoniac $NH_{3(aq)}$ de la concentration molaire $C = 2.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ avec le même volume V d'une solution (S') de chlorure méthyle d'ammonium $(CH_3NH^+_{3(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ de même concentration molaire C.
La mesure de la conductivité du milieu réactionnel à l'équilibre donne la valeur $\sigma = 137,22\ mS.m^{-1}$.

0,25 pt 1. Écrire l'équation de la réaction acido-basique entre l'acide $CH_3NH^+_{3(aq)}$ et la base $NH_{3(aq)}$.

1 pt 2. Montrer que l'expression du taux d'avancement final τ de la réaction s'écrit :

$$\tau = \alpha.\sigma - \beta$$

En précisant les expressions de α en fonction de λ_1, λ_2 et C et de β en fonction de λ_1, λ_2 et λ_3. Calculer la valeur de τ.

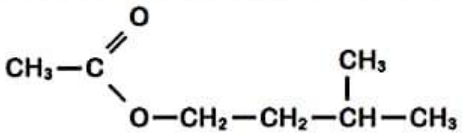
0,5 pt 3. Exprimer, la constante d'équilibre K associé à l'équation de la réaction en fonction de τ. Sachant que la valeur de $K = 3,1142.10^{-2}$. Retrouver la valeur de τ.

Barème

III. Partie 3 : Synthèse l'arôme de pommes mûres :

L'éthanoate de 3-méthylbutyle est un ester présente notamment dans les pommes mûres. Son odeur agréable et sa faible toxicité permettent de l'utiliser comme arôme dans les bonbons.

Sa formule semi-développée est :



Pour synthétiser l'éthanoate 3-méthyl de butyle au laboratoire, on mélange un volume $V_{ac} = 11,43\ mL$ de l'acide (A) avec un volume $V_{al} = 22\ mL$ de l'alcool (B) on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, et on chauffe le mélange réactionnel à une température constante.

Données :

Composé organique	*L'acide (A)*	*L'alcool (B)*	*L'éthanoate de 3-méthylbutyle*
Masse molaire en $(g.mol^{-1})$	60	88	130
Masse volumique en $(g.mL^{-1})$	1,05	0,8	–

0,75 pt 1. Écrire l'équation chimique modélisant la transformation ayant lieu entre l'acide (A) et l'alcool (B) en utilisant les formules semi développées. Donner le nom de l'acide (A) et de l'alcool (B).

0,25 pt 2. À la fin de la réaction de la synthèse, on dose la quantité de matière restante de l'acide en utilisant solution d'hydroxyde de sodium, on trouve que $n_r = 70\ mmol$. Calculer la valeur r du rendement de la réaction.

0,5 pt 3. On refait la même expérience à nouveau, on mélange le volume $V'_{ac} = 57,2\ mL$ de l'acide (A) avec le même volume $V_{al} = 22\ mL$ de l'alcool (B).

0,5 pt 3.1. Quel est le rendement r' de la réaction de ce cas ?

3.2. Après agitation et refroidissement du mélange, on sèche le solide obtenu (Ester) et on mesure sa masse, on trouve alors $m_{exp} = 23,4\ g$.
Calculer la valeur expérimentale r_{exp} du rendement, et comparer cette valeur avec celle de la question 3.1. Comment expliquer la différence ?

Physique I (2 points)

On place deux émetteurs/récepteurs d'ultrasons aux extrémités de deux tubes identiques, de longueur $L = 4,2\ cm$ qui contiennent de l'air. (Figure 1)

Le premier tube est maintenu à $\theta_1 = +23\ °C$ et le second à $\theta_2 = -5\ °C$ grâce à un système d'isolation thermostaté.
On envoie simultanément une salve d'ultrasons dans chaque tube.

Les émetteurs et récepteurs sont reliés à un système d'acquisition qui enregistre les signaux émis et reçus à l'autre extrémité.

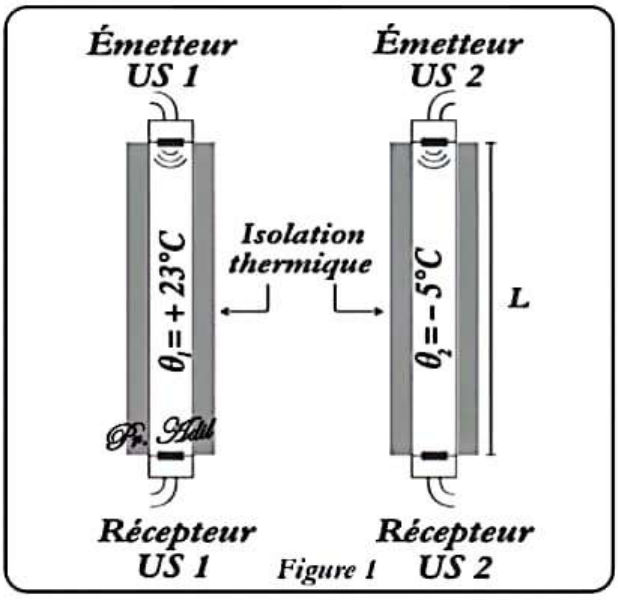


Figure 1

ON LINE e.visaschool.ma

Barème

On obtient le graphique suivant (Figure 2) :

Données :

- La sensibilité horizontale : $S_h = 15\ \mu s.div^{-1}$.
- La célérité du son dans l'air est proportionnelle à $\sqrt{T}$ (T la température absolue)

On note v_1 et v_2 respectivement la célérité des ultrasons pour la température θ_1 et θ_2.

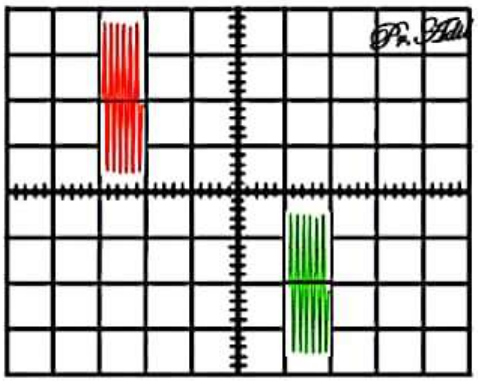


Figure 2

0,25 pt 1. L'onde ultrason est-elle transversale où longitudinale ? justifier.

0,5 pt 2. Exprimer le retard temporel Δt entre les deux réceptions en fonction de L , v_1 et v_2.

0,25 pt 3. Déterminer graphiquement le retard temporel Δt

1 pt 4. Déterminer les valeurs des célérités v_1 et v_2.

Physique II (5,5 points)

Partie 1 : Étude de la réponse du dipôle RL à échelon ascendant de tension

On réalise le montage électrique suivant schématisé sur la figure 1 :

- Un générateur de tension idéal de force électromotrice E,
- Une bobine (b) d'induction L et de résistance interne r
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 50\ \Omega$,
- Une diode.
- Un interrupteur K

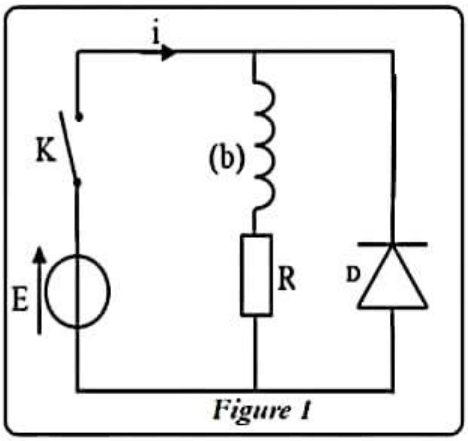


Figure 1

À la date $t = 0s$ considéré comme origine des dates, on ferme l'interrupteur K.

A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, on obtient la courbe suivante qui représente les variations des tensions $u_b(t)$ et $u_R(t)$ aux bornes de la bobine et du conducteur ohmique. (Figure 2)

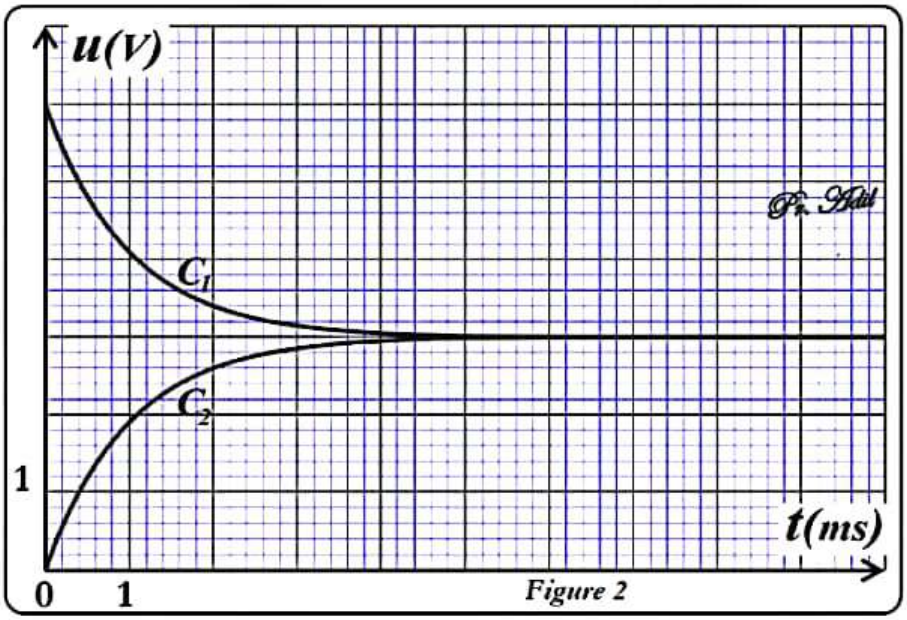


Figure 2

Barème

0,25 pt 1. Identifier parmi les courbes (C_1) et (C_2) celle qui correspond à la tension appropriée. Justifier la réponse.

0,75 pt 2. Montrer que l'équation différentielle vérifié par la tension u_b aux bornes de la bobine (b) est sous la forme :

$$\frac{L}{R+r} \times \frac{du_b}{dt} + u_b = \frac{r.E}{R+r}$$

1 pt 3. Trouver les expressions de A , B et τ des constants à déterminer en fonction des paramètres du circuit, pour que

$$u_b(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B$$

soit solution de cette équation différentielle.

4. En justifiant la réponse, et en exploitant les courbes déterminer la valeur de :

0,25 pt 4.1. La force électromotrice E,

0,25 pt 4.2. La résistance r de la bobine.

0,25 pt 4.3. La valeur de l'induction L

Partie 2 : Étude de la modulation et la démodulation d'amplitude.

On peut transmettre une information à grande distance, en modulant l'amplitude d'une onde électromagnétique qui se propage d'un émetteur à un récepteur.

I. Modulation :

Afin d'obtenir un signal modulé d'amplitude, on utilise un circuit intégré multiplieur **X** de constante caractéristique $k = 0,5\ V^{-1}$.

À l'aide d'un GBF on applique à l'entrée :

- E_1 : la porteuse $v_p(t) = U_m.cos(2\pi.F.t)$
- E_2 : la tension $v_s(t) = s(t) + U_0$

Avec la tension modulante

$$s(t) = 3.cos(2\pi.f.t)$$

et U_0 tension de décalage.

La tension de la sortie $u_s(t)$ est obtenue

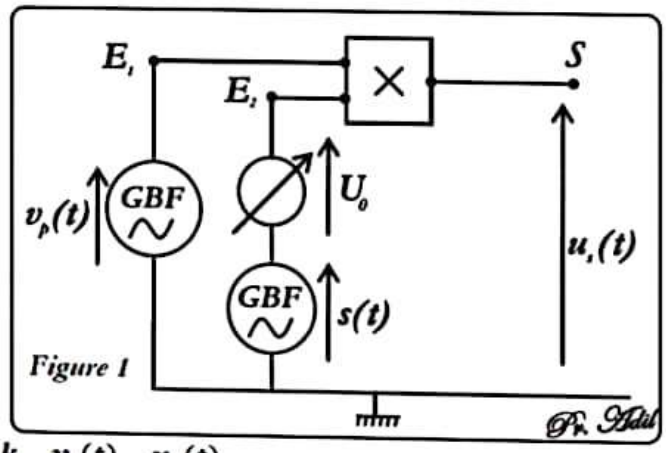


Figure 1

$$u_s(t) = k\ .\ v_s(t)\ .\ v_p(t)$$

0,25 pt 1. Montrer que la tension $u_s(t)$ s'écrit sous la forme :

$$u_s(t) = A\left[1 + m.cos(2\pi.f.t)\ \right].cos(2\pi.F.t)$$

et préciser l'expression de A et celle de m le taux de modulation.

2. On visualise la tension de sortie $u_s(t)$ à l'aide d'un oscilloscope.

On obtient ci-dessous l'oscillogramme de la figure 2

- ***Sensibilité verticale :*** $1\ V.div^{-1}$
- ***Sensibilité horizontale :*** $20\ \mu s.div^{-1}$

0,5 pt 2.1. Déterminer la qualité de la modulation.

0,5 pt 2.2. Déterminer les valeurs de tensions U_0 et U_m.

0,25 pt 3. Calculer la longueur d'onde λ d'une onde électromagnétique modulé en amplitude envoyée.

On donne $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$.

Barème

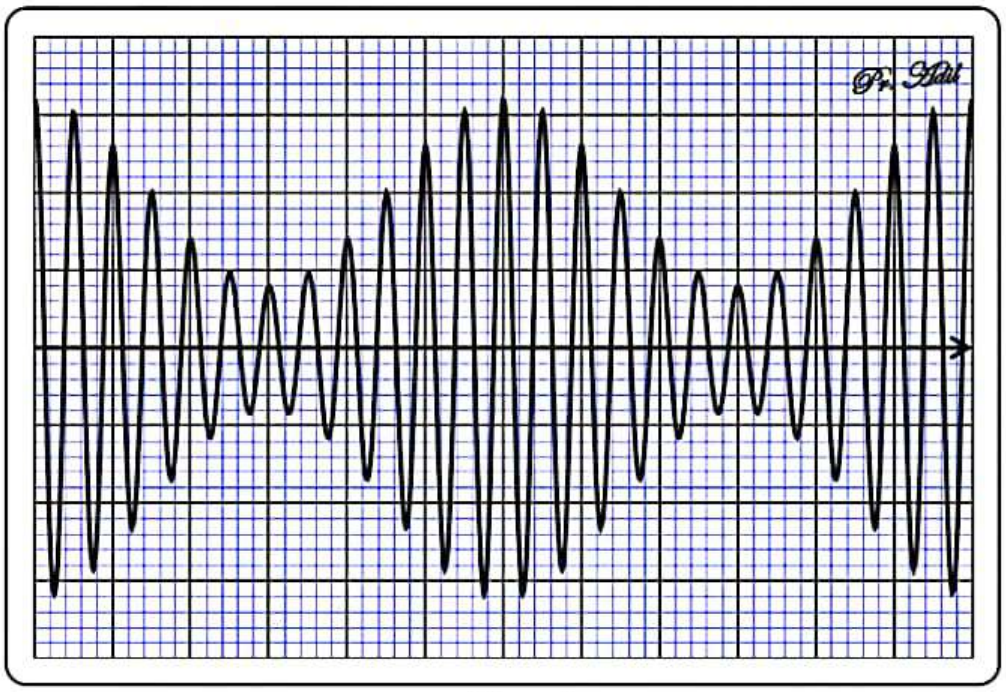
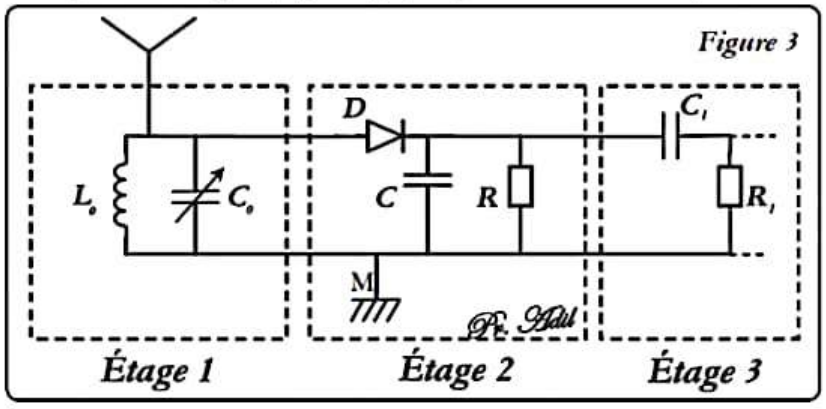


Figure 2

II. *Démodulation :*

Pour capter le signal $u_s(t)$ afin d'extraire le signal $s(t)$, on utilise un récepteur radio formé par une chaîne électronique constitué de plusieurs étages. (Figure 3). (On prendra : $\pi^2 = 10$)

Figure 3



0,5 pt 1. Donner le nom et le rôle de chaque étage.

0,5 pt 2. Le premier étage est une association d'un un condensateur de capacité C_0 ajustable entre les deux valeurs $C_{0,min} = 2\ pF$ et $C_{0,max} = 12\ pF$ avec une bobine d'inductance $L_0 = 300\ mH$. Montrer que l'utilisation de condensateur C_0 permet de sélectionner le signal $u_s(t)$.

0,5 pt 3. Pour avoir une bonne détection d'enveloppe sachant que $R = 35\ k\Omega$. Trouver la bonne valeur de la capacité C parmi les capacités suivantes : $8\ nF$; $800\ pF$; $400\ pF$; $4\ pF$

Barème

Physique III (5,5 points)

Partie 1 : Étude de l'oscillateur de torsion

Un pendule de torsion est constitué d'un disque homogène (S) suspendu en son centre d'inertie par un fil métallique vertical de constante de torsion C (figure 1).

On fait tourner le disque horizontalement, de sa position d'équilibre, dans le sens positif d'un petit angle θ_m, autour de l'axe (Δ) matérialisé par le fil métallique, puis on l'abandonne sans vitesse initiale à un instant choisi comme origine des dates ($t = 0$).

Soit J_Δ le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe (Δ) .

On étudie le mouvement du pendule dans un référentiel terrestre considéré galiléen.

On repère la position du pendule à un instant de date t par l'abscisse angulaire θ.

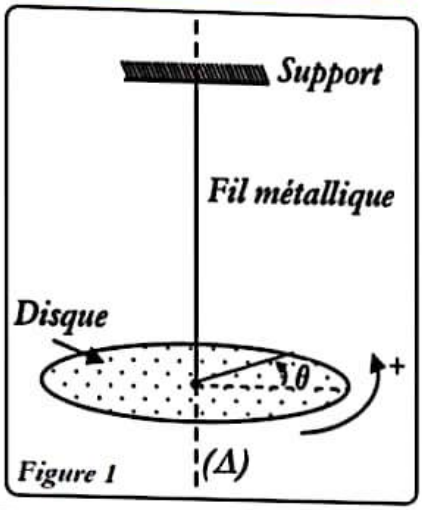


Figure 1

On prend le plan horizontal confondu avec le plan du disque comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur, et la position d'équilibre du disque ($\theta = 0$) comme référence de l'énergie potentielle de torsion.

Le graphe de la figure 2 représente les variations de l'énergie potentielle de torsion E_{pt} en fonction du temps.

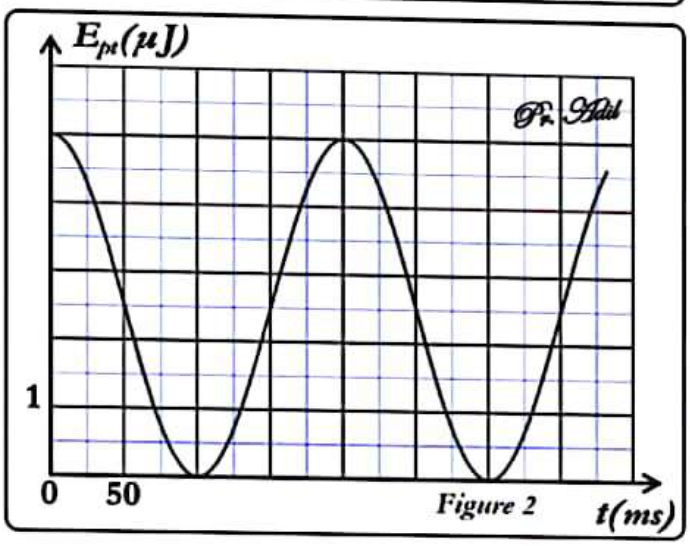


Figure 2

0,5 pt 1. Par une étude énergétique, établir l'équation différentielle du mouvement.

0,5 pt 2. La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme :

$$\theta(t) = \theta_m . cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

où T_0 est la période propre du pendule. Déterminer l'expression de T_0.

3. Déterminer graphiquement la valeur de :

0,25 pt 3.1. L'énergie potentielle de torsion maximale $E_{pt,max}$

0,25 pt 3.2. La période propre T_0.

4. Un système de saisie informatique convenable permet d'avoir le graphe de la figure 3 représentant $\dot{\theta}^2 = f(\theta^2)$ avec $\dot{\theta}$ étant vitesse angulaire à l'instant t. Déterminer la valeur de :

0,5 pt 4.1. Le moment d'inertie J_Δ.

0,5 pt 4.2. La constante de torsion C par deux méthodes

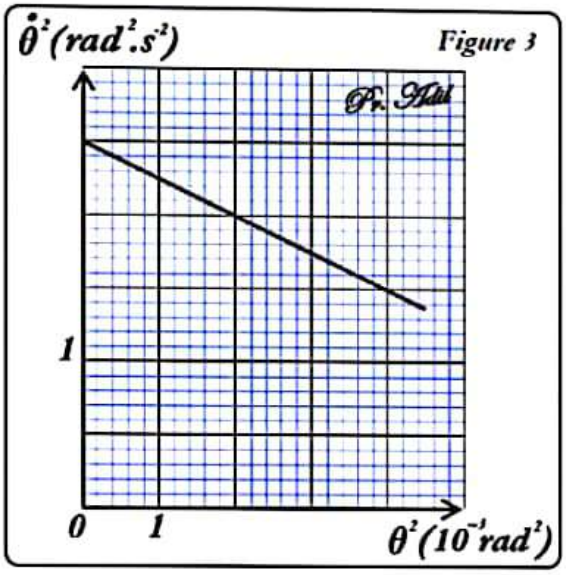


Figure 3

Barème

Partie 2 : Étude du mouvement du centre d'inertie G d'un obus (S).

Un navire se trouve à l'***Ouest*** d'une île montagneuse comme sur le schéma ci-dessous.

Ce vaisseau a manœuvre à une distance de $d_1 = 2500\ m$ de la montagne d'une hauteur de $H = 1800\ m$.

Les obus tirés par le navire ont une vitesse initiale $v_0 = 250\ m.s^{-1}$, le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$ formant un angle α avec l'horizontale.

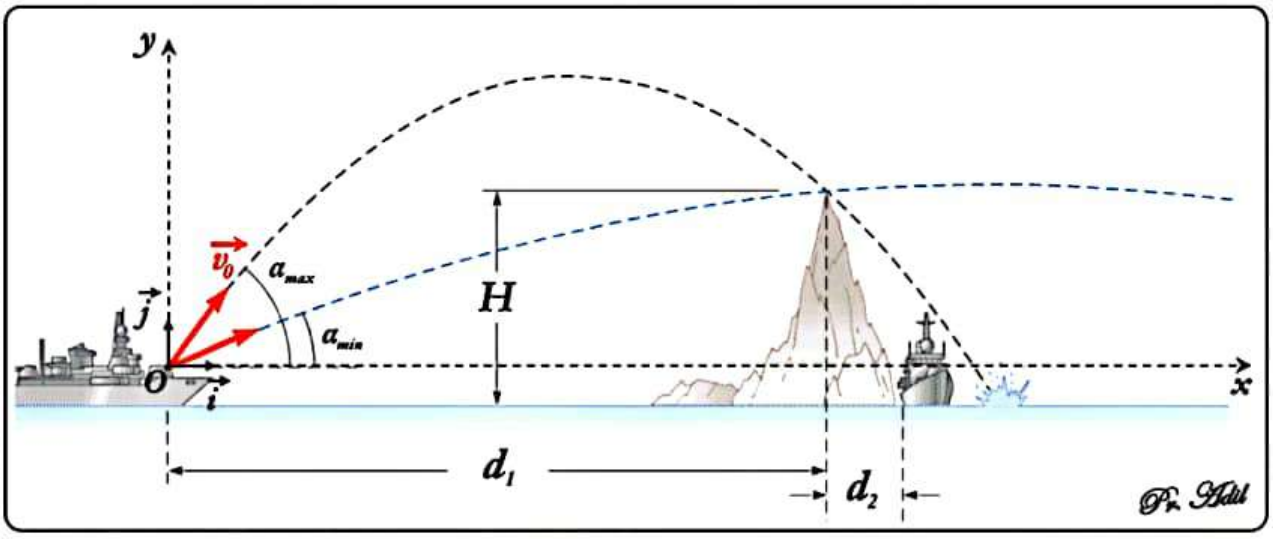
L'étude du mouvement est effectuée dans un repère $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$ lié t un référentiel terrestre supposé galiléen.

On néglige la résistance de l'air et la poussée d'Archimède.

On prend comme origine des dates $t = 0$, l'instant du tir de l'obus du point O.

Données :

- Intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$;



1 pt — 1. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les deux équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de l'obus.

0,25 pt — 2. En déduire l'équation de la trajectoire de l'obus.

1 pt — 3. Quelles sont les angles minimal α_{min} et maximal α_{max} d'angle de tir qui lui permettront de tirer sur un navire ennemi de l'autre côté de la montagne ?

0,75 pt — 4. Si la coté *Est* de l'île se situe à $d_2 = 300\ m$ du plan vertical du sommet de la montagne, à quelles distances de la côte *Est* un navire ennemi peut naviguer pour éviter les tirs ?

CHIMIE (7 points)

Étude de l'acide acétylsalicylique, réactions acido-basiques et estérification

Partie 1 : Étude de la solution d'acide acétylsalicylique

1. Calcul de la concentration C_1

$$C_1 = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$$

A.N. : $C_1 = \frac{500 \cdot 10^{-3}}{180 \times 278 \cdot 10^{-3}} = \frac{0{,}5}{50{,}04} \approx 9,99 \cdot 10^{-3}$ mol $\cdot$ L^{-1}

$$C_1 \approx 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2. Équation de la réaction L'acide acétylsalicylique ($C_9H_8O_4$) réagit avec l'eau selon l'équation :

$$C_9H_8O_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_9H_7O^-_{4(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

3. Taux d'avancement final τ_1 D'après le tableau d'avancement, on a à l'équilibre : $[H_3O^+] = [C_9H_7O_4^-] = \frac{x_f}{V}$. Or $\tau_1 = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{x_f}{C_1 \cdot V}$, donc $[H_3O^+] = C_1\tau_1$. L'expression de la conductivité est :

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{C_9H_7O_4^-}[C_9H_7O_4^-] = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_9H_7O_4^-}) \cdot C_1\tau_1$$

Ce qui donne : $\tau_1 = \frac{\sigma}{C_1(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_9H_7O_4^-})}$

Calcul : Attention aux unités (σ en S $\cdot$ m^{-1} et C_1 en mol $\cdot$ m^{-3}). $C_1 = 10^{-2}$ mol $\cdot$ L^{-1} $= 10$ mol $\cdot$ m^{-3}. $\sigma = 64$ mS $\cdot$ m^{-1} $= 64 \cdot 10^{-3}$ S $\cdot$ m^{-1}.

$$\tau_1 = \frac{64 \cdot 10^{-3}}{10 \times (35 + 3,6) \cdot 10^{-3}} = \frac{64}{386} \implies \tau_1 \approx 0,166 \text{ **soit** } 16,6\%$$

Conclusion : $\tau_1 < 1$, donc la réaction est **limitée** (partielle).

4. Constante d'équilibre K

$$K = \frac{[C_9H_7O_4^-][H_3O^+]}{[C_9H_8O_4]} = \frac{(C_1\tau_1)^2}{C_1(1-\tau_1)} \implies K = \frac{C_1\tau_1^2}{1-\tau_1}$$

Calcul : $K = \frac{10^{-2} \times (0,166)^2}{1-0,166} = \frac{2,75 \cdot 10^{-4}}{0,834} \implies K \approx 3,3 \cdot 10^{-4}$

5. Dilution 10 fois (Solution S_2) On a $K = \frac{C_2\tau_2^2}{1-\tau_2}$, soit $K(1-\tau_2) = C_2\tau_2^2 \implies C_2\tau_2^2 + K\tau_2 - K = 0$. En divisant par C_2 : $\tau_2^2 + \frac{K}{C_2}\tau_2 - \frac{K}{C_2} = 0$. Le discriminant

de cette équation du second degré est $\Delta = (\frac{K}{C_2})^2 + 4\frac{K}{C_2}$. En gardant la racine positive : $\tau_2 = \frac{-\frac{K}{C_2}+\sqrt{(\frac{K}{C_2})^2+4\frac{K}{C_2}}}{2} = -\frac{K}{2C_2} + \sqrt{\frac{K^2}{4C_2^2}+\frac{K}{C_2}} = \frac{K}{C_2}\left(\sqrt{\frac{1}{4}+\frac{C_2}{K}}-\frac{1}{2}\right)$.
L'expression est bien démontrée.
Calcul : $C_2 = C_1/10 = 10^{-3}$ mol $\cdot$ L^{-1}.

$$\tau_2 = \frac{3,3\cdot 10^{-4}}{10^{-3}}\left(\sqrt{0,25+\frac{10^{-3}}{3,3\cdot 10^{-4}}}-0,5\right) = 0,33\left(\sqrt{0,25+3,03}-0,5\right) \Longrightarrow$$
$$\tau_2 \approx 0,432 \textbf{ soit } 43,2\%$$

Partie 2 : Étude de la réaction entre l'ammoniac et chlorure méthyle d'ammonium

1. Équation de la réaction

$$CH_3NH^+_{3(aq)} + NH_{3(aq)} \rightleftharpoons CH_3NH_{2(aq)} + NH^+_{4(aq)}$$

2. Expression et valeur du taux d'avancement τ Initialement, le volume total est $2V$. Les concentrations initiales dans le mélange sont : $[CH_3NH_3^+]_i = [NH_3]_i = [Cl^-]_i = \frac{C}{2}$. À l'équilibre, l'avancement volumique est $y_f = \frac{x_f}{2V}$. Ainsi : $[NH_4^+] = y_f$, $[CH_3NH_3^+] = \frac{C}{2} - y_f$. L'avancement maximal est $y_{max} = \frac{C}{2}$, d'où $\tau = \frac{y_f}{C/2} \Longrightarrow y_f = \frac{C}{2}\tau$. La conductivité du mélange est :

$$\sigma = \lambda_1[CH_3NH_3^+] + \lambda_2[NH_4^+] + \lambda_3[Cl^-] = \lambda_1\left(\frac{C}{2}-y_f\right) + \lambda_2 y_f + \lambda_3\frac{C}{2}$$

$$\sigma = \frac{C}{2}(\lambda_1+\lambda_3) + y_f(\lambda_2-\lambda_1) = \frac{C}{2}(\lambda_1+\lambda_3) + \frac{C}{2}\tau(\lambda_2-\lambda_1)$$

On isole τ :

$$\frac{C}{2}\tau(\lambda_2-\lambda_1) = \sigma - \frac{C}{2}(\lambda_1+\lambda_3) \Longrightarrow \tau = \frac{2}{C(\lambda_2-\lambda_1)}\sigma - \frac{\lambda_1+\lambda_3}{\lambda_2-\lambda_1}$$

Par identification avec $\tau = \alpha \cdot \sigma - \beta$:

$$\alpha = \frac{2}{C(\lambda_2-\lambda_1)} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{\lambda_1+\lambda_3}{\lambda_2-\lambda_1}$$

Calcul : $C = 2\cdot 10^{-2}$ mol$\cdot$L^{-1} = 20 mol $\cdot$ m^{-3}. $\sigma = 137,22$ mS $\cdot$ m^{-1}. $\alpha = \frac{2}{20(7,35-5,87)} = \frac{2}{29,6} \approx 0,06757$; $\beta = \frac{5,87+7,63}{7,35-5,87} = \frac{13,5}{1,48} \approx 9,1216$

$$\tau = 0,06757 \times 137,22 - 9,1216 \Longrightarrow \tau \approx 0,15 \textbf{ soit } 15\%$$

3. Constante d'équilibre K

$$K = \frac{[CH_3NH_2][NH_4^+]}{[CH_3NH_3^+][NH_3]} = \frac{y_f^2}{\left(\frac{C}{2} - y_f\right)^2} = \left(\frac{y_f}{\frac{C}{2} - y_f}\right)^2 \implies K = \left(\frac{\tau}{1-\tau}\right)^2$$

Vérification : On a $\frac{\tau}{1-\tau} = \sqrt{K} = \sqrt{3,1142 \cdot 10^{-2}} \approx 0,17647$. $\tau = 0,17647(1-\tau) \implies \tau(1,17647) = 0,17647 \implies \tau \approx \mathbf{0,15}$. On retrouve bien la valeur calculée précédemment.

Partie 3 : Synthèse de l'arôme de pommes mûres

1. Équation de la réaction L'acide (A) est l'**acide éthanoïque** et l'alcool (B) est le **3-méthylbutan-1-ol**.

$$CH_3 - COOH + HO - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2 \rightleftharpoons CH_3 - COO - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2 + H_2O$$

2. Calcul du rendement r Quantités initiales : $n_A = \frac{\rho_A \cdot V_{ac}}{M_A} = \frac{1,05 \times 11,43}{60} = 0,200$ mol $= 200$ mmol. $n_B = \frac{\rho_B \cdot V_{al}}{M_B} = \frac{0,8 \times 22}{88} = 0,200$ mol $= 200$ mmol. Le mélange est équimolaire, donc $x_{max} = 200$ mmol. La quantité d'acide réagi est $x_f = n_A - n_r = 200 - 70 = 130$ mmol.

$$r = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{130}{200} \implies r = 0,65 \textbf{ soit } 65\%$$

(*On peut déduire* $K = \frac{x_f^2}{(n_0 - x_f)^2} = \frac{130^2}{70^2} \approx 3,45$)

3.1 Nouveau rendement théorique r' Nouvelle quantité d'acide : $n'_A = \frac{1,05 \times 57,2}{60} \approx 1,0$ mol. $n_B = 0,2$ mol reste le réactif limitant. Le nouvel équilibre est régi par $K \approx 3,45 = \frac{x_{eq}^2}{(1-x_{eq})(0,2-x_{eq})}$. La résolution de cette équation du second degré donne $x_{eq} \approx 0,1875$ mol $= 187,5$ mmol.

$$r' = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{187,5}{200} \implies r' \approx 0,937 \textbf{ soit } 93,7\%$$

(*L'excès d'acide permet de déplacer l'équilibre et d'augmenter le rendement théorique.*)

3.2 Rendement expérimental r_{exp} et comparaison La quantité de matière d'ester réellement obtenue est $n_{exp} = \frac{m_{exp}}{M_{\text{ester}}} = \frac{23,4}{130} = 0,18$ mol $= 180$ mmol.

$$r_{exp} = \frac{n_{exp}}{x_{max}} = \frac{180}{200} \implies r_{exp} = 0,90 \textbf{ soit } 90\%$$

Comparaison et explication : On observe que $\mathbf{r_{exp} < r'}$. Cette différence s'explique principalement par les pertes inévitables lors des manipulations expérimentales (extraction, lavages, séchage, transferts) ou parce que le système n'avait pas complètement atteint son état d'équilibre final avant l'arrêt du chauffage.

PHYSIQUE I (2 points)

Propagation des ondes ultrasonores et influence de la température

Étude des ondes ultrasonores

1. Nature de l'onde ultrasonore

L'onde ultrasonore est une onde **longitudinale**. *Justification :* La direction de la perturbation (succession de compressions et dilatations des couches d'air) est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

---

2. Expression du retard temporel Δt

Soit t_1 le temps de parcours des ultrasons dans le tube 1 : $t_1 = \frac{L}{v_1}$. Soit t_2 le temps de parcours des ultrasons dans le tube 2 : $t_2 = \frac{L}{v_2}$. La température dans le tube 1 étant plus élevée ($\theta_1 > \theta_2$), la célérité y est plus grande ($v_1 > v_2$). Par conséquent, le signal 1 arrive en premier ($t_1 < t_2$). Le retard temporel Δt entre les deux réceptions est :

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{L}{v_2} - \frac{L}{v_1}$$

$$\Delta t = L\left(\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1}\right)$$

---

3. Détermination graphique de Δt

D'après l'oscillogramme (Figure 2), le signal du tube 1 (rouge) débute à 2 div et le signal du tube 2 (vert) débute à 6 div. Le décalage entre les deux signaux correspond à $6 - 2 = 4$ div. Avec la sensibilité horizontale $S_h = 15\,\mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$:

$$\Delta t = 4\,\text{div} \times 15\,\mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1} = 60\,\mu\text{s}$$

$$\Delta t = 60 \cdot 10^{-6}\,\text{s}$$

---

4. Valeurs des célérités v_1 et v_2

On sait que la célérité est proportionnelle à $\sqrt{T}$, donc : $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$. Températures absolues : $T_1 = 23 + 273,15 = 296,15\,\text{K}$ et $T_2 = -5 + 273,15 = 268,15\,\text{K}$.

De l'expression du retard $\Delta t = \frac{L}{v_2} - \frac{L}{v_1}$, on tire :

$$\Delta t = \frac{L}{v_2} - \frac{L}{v_2\sqrt{\frac{T_1}{T_2}}} = \frac{L}{v_2}\left(1 - \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}\right) \implies v_2 = \frac{L}{\Delta t}\left(1 - \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}\right)$$

Et similairement pour v_1 :

$$\Delta t = \frac{L}{v_1\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}} - \frac{L}{v_1} = \frac{L}{v_1}\left(\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} - 1\right) \implies v_1 = \frac{L}{\Delta t}\left(\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} - 1\right)$$

Application numérique (avec les données brutes de l'énoncé $L = 4,2\,cm = 0,042\,m$) :

$$v_1 = \frac{0,042}{60 \cdot 10^{-6}}\left(\sqrt{\frac{296,15}{268,15}} - 1\right) \approx 700 \times 0,0509 \implies \boxed{v_1 \approx 35,6\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}}$$

$$v_2 = \frac{0,042}{60 \cdot 10^{-6}}\left(1 - \sqrt{\frac{268,15}{296,15}}\right) \approx 700 \times 0,0485 \implies \boxed{v_2 \approx 33,9\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}}$$

(Note : erreur de frappe se soit glissée dans le sujet concernant la longueur L. Si $L = 42\,cm = 0,42\,m$, on trouverait $v_1 \approx 356\,m/s$ et $v_2 \approx 339\,m/s$, ce qui correspondrait parfaitement aux valeurs réelles de la vitesse du son dans l'air).

PHYSIQUE II (5,5 points)

Partie 1 : Étude de la réponse du dipôle RL à un échelon ascendant de tension

Réponse du dipôle RL

1. Identification des courbes (C_1) et (C_2)

À la fermeture du circuit ($t = 0$), l'intensité du courant est nulle : $i(0) = 0$. La tension aux bornes du conducteur ohmique est $u_R(t) = R \cdot i(t)$. À $t = 0$, $u_R(0) = 0\,\text{V}$. La courbe qui part de 0 est (C_2). Donc (C_2) **correspond à la tension** $u_R(t)$. D'après la loi d'additivité des tensions, $E = u_b(t) + u_R(t)$. À $t = 0$, $E = u_b(0) + 0 \implies u_b(0) = E > 0$. La courbe qui part d'une valeur maximale est (C_1). Donc (C_1) **correspond à la tension** $u_b(t)$ **aux bornes de la bobine**.

---

2. Équation différentielle vérifiée par u_b

Loi d'additivité des tensions : $E = u_b + u_R$. La tension aux bornes de la bobine est : $u_b = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$. La tension aux bornes du conducteur ohmique est $u_R = R \cdot i$, on en déduit $i = \frac{u_R}{R} = \frac{E-u_b}{R}$. En dérivant cette expression : $\frac{di}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{E-u_b}{R}\right) = -\frac{1}{R}\frac{du_b}{dt}$ (car E est constant). On remplace i et $\frac{di}{dt}$ dans l'expression de u_b :

$$u_b = L\left(-\frac{1}{R}\frac{du_b}{dt}\right) + r\left(\frac{E-u_b}{R}\right) \implies u_b = -\frac{L}{R}\frac{du_b}{dt} + \frac{rE}{R} - \frac{r}{R}u_b$$

On multiplie par R : $R \cdot u_b = -L\frac{du_b}{dt} + rE - r \cdot u_b \implies L\frac{du_b}{dt} + (R + r)u_b = rE$. En divisant le tout par $(R + r)$, on retrouve la forme demandée :

$$\frac{L}{R+r} \times \frac{du_b}{dt} + u_b = \frac{r \cdot E}{R+r}$$

---

3. Expressions de A, B et τ

On remplace la solution $u_b(t) = Ae^{-t/\tau} + B$ et sa dérivée $\frac{du_b}{dt} = -\frac{A}{\tau}e^{-t/\tau}$ dans l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R+r}\left(-\frac{A}{\tau}e^{-t/\tau}\right) + \left(Ae^{-t/\tau} + B\right) = \frac{rE}{R+r}$$

$$Ae^{-t/\tau}\left(1 - \frac{L}{\tau(R+r)}\right) + \left(B - \frac{rE}{R+r}\right) = 0$$

Pour que cette équation soit vérifiée quel que soit le temps t, il faut :

$$1 - \frac{L}{\tau(R+r)} = 0 \implies \tau = \frac{L}{R+r} \quad \text{et} \quad B - \frac{rE}{R+r} = 0 \implies B = \frac{rE}{R+r}$$

À $t = 0$, $u_b(0) = A + B$. Or on a vu que $u_b(0) = E$.

$$A + \frac{rE}{R+r} = E \implies A = E - \frac{rE}{R+r} = \frac{E(R+r) - rE}{R+r} \implies A = \frac{R \cdot E}{R+r}$$

---

4. Exploitation des courbes

4.1. Force électromotrice E À $t = 0$, la courbe (C_1) (qui correspond à u_b) débute à la valeur maximale. D'après le graphique, l'ordonnée à l'origine de (C_1) est de 6 divisions (avec 1 div = 1 V). On a $u_b(0) = E$, donc : $E = 6\,\mathbf{V}$.

4.2. Résistance r de la bobine En régime permanent ($t \to \infty$), les tensions u_b et u_R convergent vers une même asymptote horizontale correspondant à 3 V (3 divisions).

$$u_b(\infty) = B = \frac{r \cdot E}{R+r} = 3\,\text{V}$$

$$r \cdot E = 3(R+r) \implies r \cdot 6 = 3R + 3r \implies 3r = 3R \implies r = R$$

Sachant que $R = 50\,\Omega$, on a : $r = 50\,\Omega$.

4.3. Valeur de l'induction L La constante de temps τ peut être déterminée par l'abscisse du point d'intersection entre la tangente à (C_1) à l'origine $(t = 0)$ et l'asymptote horizontale $(u = 3\,\text{V})$. Sur le graphique, cette intersection se lit clairement à $t = 1\,\text{ms}$. Donc $\tau = 1\,\text{ms} = 10^{-3}\,\text{s}$. On sait que $\tau = \frac{L}{R+r} \implies L = \tau(R + r)$.

$$L = 10^{-3} \times (50 + 50) = 10^{-3} \times 100$$

$$L = 0,1\,\text{H}$$

PARTIE 2 : PHYSIQUE

Étude de la modulation et la démodulation d'amplitude

I. Modulation

1. Expression de la tension $u_s(t)$

Le multiplieur donne en sortie le produit de ses entrées : $u_s(t) = k \cdot v_s(t) \cdot v_p(t)$. On remplace par les expressions données $(v_p(t) = U_m \cos(2\pi Ft)$ et $v_s(t) = s(t) + U_0)$ avec $s(t) = 3\cos(2\pi ft)$:

$$u_s(t) = k\,[3\cos(2\pi ft) + U_0] \cdot U_m \cos(2\pi Ft)$$

On factorise par U_0 à l'intérieur du crochet :

$$u_s(t) = k \cdot U_0 \cdot U_m \left[1 + \frac{3}{U_0}\cos(2\pi ft)\right] \cos(2\pi Ft)$$

En identifiant cette équation avec la forme théorique $u_s(t) = A[1 + m\cos(2\pi ft)]\cos(2\pi Ft)$, on déduit :

$$A = k \cdot U_0 \cdot U_m \quad \text{et} \quad m = \frac{3}{U_0}$$

(où l'amplitude du signal modulant est $S_m = 3\,V$).

---

2. Exploitation de l'oscillogramme

2.1. Qualité de la modulation D'après la figure 2, on relève l'amplitude maximale et minimale de l'enveloppe avec la sensibilité verticale $S_v = 1\,\text{V.div}^{-1}$:

- $U_{max} = 5\,\text{div} \times 1\,\text{V.div}^{-1} = 5\,\text{V}$
- $U_{min} = 1\,\text{div} \times 1\,\text{V.div}^{-1} = 1\,\text{V}$

Le taux de modulation se calcule par :

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} = \frac{5-1}{5+1} = \frac{4}{6} \implies m \approx 0,67$$

Puisque $m < 1$ (et que $F \gg f$), on conclut que **la modulation est de bonne qualité**.

2.2. Détermination de U_0 et U_m À partir de l'expression $m = \frac{3}{U_0}$, on isole U_0 :

$$U_0 = \frac{3}{m} = \frac{3}{4/6} = \frac{18}{4} \implies \boxed{U_0 = 4,5\,\mathbf{V}}$$

Pour trouver U_m, on utilise l'amplitude A. On sait que $A = \frac{U_{max}+U_{min}}{2} = \frac{5+1}{2} = 3\,\text{V}$. Or $A = k \cdot U_0 \cdot U_m$, d'où :

$$U_m = \frac{A}{k \cdot U_0} = \frac{3}{0,5 \times 4,5} = \frac{3}{2,25} \implies \boxed{U_m \approx 1,33\,\mathbf{V}}$$

---

3. Calcul de la longueur d'onde λ

Il faut d'abord déterminer la fréquence de la porteuse F à l'aide de l'oscillogramme ($S_h = 20\,\mu\text{s.div}^{-1}$). Sur la figure 2, on observe qu'il y a 2 périodes de la porteuse (T_p) dans 1 division horizontale.

$$2T_p = 1\,\text{div} = 20\,\mu\text{s} \implies T_p = 10\,\mu\text{s} = 10 \cdot 10^{-6}\,\text{s}$$

La fréquence de la porteuse est donc $F = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{10^{-5}} = 10^5\,\text{Hz} = 100\,\text{kHz}$. La longueur d'onde est donnée par $\lambda = \frac{c}{F}$:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{10^5} \implies \boxed{\lambda = 3000\,\mathbf{m}}$$

II. Démodulation

1. Nom et rôle de chaque étage

— **Étage 1 : Circuit d'accord** (ou circuit bouchon/réception).
Rôle : Capter et **sélectionner** l'onde électromagnétique souhaitée (de fréquence F) parmi toutes les ondes captées par l'antenne, en ajustant C_0 pour obtenir la résonance.

— **Étage 2 : Détecteur d'enveloppe** (Diode + circuit RC parallèle).
Rôle : Éliminer les alternances négatives (grâce à la diode) et filtrer la haute fréquence (la porteuse) pour ne **conserver que l'enveloppe** du signal modulé.

— **Étage 3 : Filtre passe-haut** (Circuit C_1R_1 série).
Rôle : Bloquer (éliminer) la composante continue U_0 pour ne **récupérer que le signal utile** $s(t)$.

---

2. Vérification du condensateur d'accord C_0

Pour que le circuit d'accord sélectionne l'onde, sa fréquence propre doit être égale à celle de la porteuse : $F_0 = F$.

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_0}} \implies F^2 = \frac{1}{4\pi^2 L_0 C_0} \implies C_0 = \frac{1}{4\pi^2 L_0 F^2}$$

On effectue l'application numérique avec $\pi^2 = 10$, $L_0 = 300\,\text{mH} = 0,3\,\text{H}$ et $F = 10^5\,\text{Hz}$:

$$C_0 = \frac{1}{4 \times 10 \times 0,3 \times (10^5)^2} = \frac{1}{12 \cdot 10^{10}} \approx 8,33 \cdot 10^{-12}\,\text{F} \implies \boxed{C_0 \approx 8,33\,\textbf{pF}}$$

La capacité calculée ($8,33\,\text{pF}$) est bien comprise dans l'intervalle d'ajustement $[C_{0,min}; C_{0,max}] = [2\,\text{pF}; 12\,\text{pF}]$. **Le choix de ce condensateur permet donc bien de sélectionner le signal.**

---

3. Choix de la capacité C pour une bonne détection

Pour une bonne détection d'enveloppe, la constante de temps $\tau = R \cdot C$ doit vérifier la condition :

$$T_p \ll \tau < T_s$$

Calculons la période du signal modulant T_s. L'oscillogramme (figure 2) montre qu'une période de l'enveloppe correspond à 10 divisions. $T_s = 10\,\text{div} \times 20\,\mu\text{s} = 200\,\mu\text{s}$. (On sait aussi que $T_p = 10\,\mu\text{s}$). Il faut donc : $10\,\mu\text{s} \ll R \cdot C < 200\,\mu\text{s}$. On teste les différentes capacités proposées avec $R = 35\,\text{k}\Omega = 35 \cdot 10^3\,\Omega$:

- Pour $C = 8\,\text{nF} = 8 \cdot 10^{-9}\,\text{F} \implies \tau = 35 \cdot 10^3 \times 8 \cdot 10^{-9} = 280\,\mu\text{s}$. (Invalide, car $\tau > T_s$).
- Pour $C = 400\,\text{pF} = 4 \cdot 10^{-10}\,\text{F} \implies \tau = 14\,\mu\text{s}$. (Invalide, car trop proche de T_p, 14 n'est pas très grand devant 10).
- Pour $C = 4\,\text{pF} = 4 \cdot 10^{-12}\,\text{F} \implies \tau = 0,14\,\mu\text{s}$. (Invalide, car $\tau < T_p$).
- Pour $C = 800\,\text{pF} = 8 \cdot 10^{-10}\,\text{F} \implies \tau = 35 \cdot 10^3 \times 8 \cdot 10^{-10} = 28\,\mu\text{s}$.

On a bien $10\,\mu\text{s} \ll 28\,\mu\text{s} < 200\,\mu\text{s}$. La bonne valeur est donc :

$$C = 800\,\text{pF}$$

PHYSIQUE III (5,5 points)

Oscillateur de torsion et Mouvement d'un projectile

Partie 1 : Étude de l'oscillateur de torsion

1. Équation différentielle du mouvement par étude énergétique

L'énergie mécanique du pendule de torsion est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle de torsion (l'énergie potentielle de pesanteur est nulle car le disque reste dans le plan horizontal de référence).

$$E_m = E_c + E_{pt} = \frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}C\theta^2$$

En l'absence de frottements, l'énergie mécanique se conserve ($E_m = \text{cte}$). Sa dérivée par rapport au temps est donc nulle :

$$\frac{dE_m}{dt} = 0 \implies \frac{1}{2}J_\Delta(2\dot{\theta}\ddot{\theta}) + \frac{1}{2}C(2\theta\dot{\theta}) = 0$$

$$J_\Delta\dot{\theta}\ddot{\theta} + C\theta\dot{\theta} = 0 \implies \dot{\theta}(J_\Delta\ddot{\theta} + C\theta) = 0$$

Puisque la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ n'est pas identiquement nulle au cours du mouvement, on obtient l'équation différentielle :

$$\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta}\theta = 0$$

---

2. Expression de la période propre T_0

La solution s'écrit $\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. En dérivant deux fois par rapport au temps :

$$\dot{\theta}(t) = -\theta_m \frac{2\pi}{T_0}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\ddot{\theta}(t) = -\theta_m\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\theta(t)$$

On remplace $\ddot{\theta}$ dans l'équation différentielle :

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\theta + \frac{C}{J_\Delta}\theta = 0 \implies \left[\frac{C}{J_\Delta} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\right]\theta = 0$$

Cette relation est vraie à tout instant, donc :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}$$

---

3. Détermination graphique de $E_{pt,max}$ et T_0

3.1. L'énergie potentielle de torsion maximale correspond au sommet de la courbe (Figure 2). L'axe des ordonnées présente 2 divisions pour $1\,\mu$J, soit $0,5\,\mu$J/div. Le sommet est à 4 divisions.

$$E_{pt,max} = 2,0\,\mu\text{J} = 2,0 \cdot 10^{-6}\,\text{J}$$

3.2. La période spatiale de la courbe d'énergie potentielle correspond à la moitié de la période propre du pendule ($T_E = \frac{T_0}{2}$). Sur la figure 2, l'énergie passe de son maximum (à $t = 0$) à son minimum (à $t = 50\,\text{ms}$) ce qui correspond à $\frac{T_0}{4}$.

On a donc $\frac{T_0}{4} = 50\,\text{ms} \implies T_0 = 200\,\text{ms}$. $\boxed{T_0 = 0,2\,\text{s}}$

---

4. Exploitation de la figure 3 ($\dot{\theta}^2 = f(\theta^2)$)
L'équation de conservation de l'énergie mécanique donne :

$$E_m = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}C\theta^2 \implies \dot{\theta}^2 = -\frac{C}{J_\Delta}\theta^2 + \frac{2E_m}{J_\Delta}$$

C'est l'équation d'une droite affine de coefficient directeur $a = -\frac{C}{J_\Delta}$ et d'ordonnée à l'origine $b = \frac{2E_m}{J_\Delta} = \dot{\theta}^2_{max}$.

4.1. Le moment d'inertie J_Δ D'après le graphe, pour $\theta^2 = 0$, $\dot{\theta}^2_{max} = 2,5\,\text{rad}^2\cdot\text{s}^{-2}$. On sait que $E_m = E_{pt,max} = 2,0\cdot10^{-6}\,\text{J}$. L'énergie cinétique maximale est $E_{c,max} = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2_{max} = E_m$.

$$J_\Delta = \frac{2E_m}{\dot{\theta}^2_{max}} = \frac{2\times2,0\cdot10^{-6}}{2,5}$$

$\boxed{J_\Delta = 1,6\cdot10^{-6}\,\text{kg}\cdot\text{m}^2}$

4.2. La constante de torsion C par deux méthodes
• **Méthode 1 : À l'aide de l'abscisse à l'origine** Sur l'axe des abscisses, $\dot{\theta}^2 = 0$ correspond à $\theta^2 = \theta^2_m$. Graphiquement, $\theta^2_m = 2,5\cdot10^{-3}\,\text{rad}^2$. L'énergie potentielle maximale s'écrit $E_{pt,max} = \frac{1}{2}C\theta^2_m$.

$$C = \frac{2E_{pt,max}}{\theta^2_m} = \frac{2\times2,0\cdot10^{-6}}{2,5\cdot10^{-3}}$$

$\boxed{C = 1,6\cdot10^{-3}\,\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{rad}^{-1}}$

• **Méthode 2 : À l'aide du coefficient directeur (ou de la période T_0)** On utilise l'expression de la période : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C}} \implies T_0^2 = 4\pi^2\frac{J_\Delta}{C}$.

$$C = \frac{4\pi^2J_\Delta}{T_0^2} = \frac{4\pi^2\times1,6\cdot10^{-6}}{(0,2)^2} = \frac{40\times1,6\cdot10^{-6}}{0,04} \quad \text{(en prenant } \pi^2\approx10\text{)}$$

$\boxed{C = 1,6\cdot10^{-3}\,\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{rad}^{-1}}$ *Remarque : Le coefficient directeur de la droite*

$a = -\frac{2{,}5}{2{,}5\cdot 10^{-3}} = -1000$ *donne aussi* $\frac{C}{J_\Delta} = 1000 \implies C = 1000 \times 1,6 \cdot 10^{-6} = 1,6 \cdot 10^{-3}\, N \cdot m \cdot rad^{-1}$.

Partie 2 : Étude du mouvement du centre d'inertie G d'un obus

1. Équations horaires $x(t)$ et $y(t)$

Le système étudié est l'obus de masse m. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen $(O, \vec{i}, \vec{j})$, l'obus n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$ (chute libre). D'après la deuxième loi de Newton : $\vec{P} = m\vec{a} \implies m\vec{g} = m\vec{a} \implies \vec{a} = \vec{g}$. Par projection sur les axes, sachant que $\vec{v}_0(v_0\cos\alpha, v_0\sin\alpha)$ et $\mathrm{OM}_0(0,0)$:

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \implies \vec{v}(t)\begin{cases} v_x(t) = v_0\cos\alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0\sin\alpha \end{cases}$$

En intégrant une seconde fois :

$$\begin{cases} x(t) = (v_0\cos\alpha)t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t \end{cases}$$

---

2. Équation de la trajectoire

On isole le temps de la première équation : $t = \frac{x}{v_0\cos\alpha}$. On remplace dans $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2 + v_0\sin\alpha\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)$$

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$$

---

3. Angles α_{min} et α_{max} pour franchir la montagne

Pour que l'obus passe par-dessus la montagne, il faut qu'à l'abscisse $x = d_1 = 2500$ m, la hauteur soit $y(d_1) \geq H = 1800$ m.

$$-\frac{g\cdot d_1^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + d_1\tan\alpha \geq H$$

On utilise la relation trigonométrique $\frac{1}{\cos^2\alpha} = 1 + \tan^2\alpha$. L'inéquation devient :

$$-\frac{10\times(2500)^2}{2\times(250)^2}(1+\tan^2\alpha) + 2500\tan\alpha \geq 1800$$

$$-500(1+\tan^2\alpha) + 2500\tan\alpha - 1800 \geq 0$$

En divisant par -100 et en réorganisant, on obtient une équation du second degré :

$$5\tan^2\alpha - 25\tan\alpha + 23 \leq 0$$

Calcul du discriminant pour $5X^2 - 25X + 23 = 0$ (avec $X = \tan\alpha$) :

$$\Delta = (-25)^2 - 4(5)(23) = 625 - 460 = 165$$

Les racines sont :

$$X_1 = \frac{25 - \sqrt{165}}{10} \approx 1,215 \implies \alpha_{min} = \arctan(1,215) \approx 50,55^\circ$$

$$X_2 = \frac{25 + \sqrt{165}}{10} \approx 3,785 \implies \alpha_{max} = \arctan(3,785) \approx 75,20^\circ$$

$$\alpha_{min} \approx 50,5^\circ \quad \text{et} \quad \alpha_{max} \approx 75,2^\circ$$

---

4. Distances de sécurité par rapport à la côte Est

La côte Est se situe à l'abscisse $x_c = d_1 + d_2 = 2500 + 300 = 2800\,\text{m}$. La portée de l'obus (pour $y = 0$) est donnée par $x_P = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$. Puisque l'angle de tir doit être compris dans l'intervalle $[50,55^\circ; 75,20^\circ]$, on calcule les portées extrêmes correspondant à ces angles :

$$x_{P,max} = x_P(\alpha_{min}) = \frac{250^2 \sin(2 \times 50,55^\circ)}{10} \approx 6250 \times 0,9813 \approx 6133\,\text{m}$$

$$x_{P,min} = x_P(\alpha_{max}) = \frac{250^2 \sin(2 \times 75,20^\circ)}{10} \approx 6250 \times 0,4939 \approx 3087\,\text{m}$$

La zone de danger (zone d'impact) se situe donc entre $x = 3087\,\text{m}$ et $x = 6133\,\text{m}$. Pour éviter les tirs, le navire doit se trouver en dehors de cette zone de danger. On exprime ces distances par rapport à la côte Est ($D = x - x_c$) :

— La limite proche de la zone d'impact est à : $3087 - 2800 = 287\,\text{m}$ de la côte.

— La limite éloignée de la zone d'impact est à : $6133 - 2800 = 3333\,\text{m}$ de la côte.

Pour éviter les tirs, le navire ennemi doit naviguer à une distance D de la côte Est telle que :
$D < 287\,\text{m}$ **(très proche de la côte) ou** $D > 3333\,\text{m}$ **(au large).**

إمتحان تجريبي

دورة 2023

الأستاذ .نورالدين البشيري

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الإنجاز	3h
الشعبة أوالمسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية)	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte 4 exercices

Exercice I (7 points) :

- Dorure de la Statue de la Liberté

- Dosage d'une solution aqueuse d'ammoniac

Exercice II (3 points) :

- Détermination du diamètre d'un fil de pêche

- Etude de la désintégration du Radium

Exercice III (5,5 points) :

- Etablissement du circuit RL pour les véhicules à hydrogène

- Vérification de l'inductance de la bobine par GBF

- Tester la radio de la voiture NAMX

Exercice IV (4,5 points) :

- Etude d'une mouvement projectile d'un pêcheur

- Etude d'un mouvement d'un poisson sur un fil de pèche

إمتحان تجريبي

مادة الفيزياء والكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

Barème

EXERCICE I (7 points)

Les parties sont indépendantes

I-Dorure de la Statue de la Liberté

La Statue de la Liberté est un monument emblématique situé à New York, aux États-Unis. Sa structure extérieure est principalement constituée de cuivre, qui a développé une patine verte distinctive au fil du temps en raison de l'oxydation du matériau.

Cependant, la dorure de la Statue de la Liberté n'est pas une procédure courante ou traditionnelle. La statue elle-même a été conçue pour représenter une figure féminine colossale tenant une torche et une tablette gravée de la date de la Déclaration d'Indépendance américaine. Sa couronne est ornée de sept pointes représentant les sept continents et les sept mers Cet exercice à pour objectif de dorure la Statue de la Liberté .

Pour déposer une fine couche brillante d'or métallique d'épaisseur e de masse m sur la Statue de la Liberté de surface totale S = 4000m^2, on réalise une dorure par électrolyse à l'aide de deux électrodes reliées à un générateur : l'une est constituée d'une plaque d'or l'autre est la Statue à recouvrir .

Données :

La masse volumique de l'or : $\rho = 19{,}3\ g.cm^{-3}$;

La masse molaire de l'or $M(Au) = 197\ g.mol^{-1}$;

Le volume molaire dans les conditions de l'expérience $V_m = 25\ L.mol^{-1}$; $1F = 9{,}65.10^4\ C.mol^{-1}$ L'électrolyte utilisé est une solution aqueuse de chlorure d'or $Au^{+3}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)}$ de volume $V=2000m^3$.

Seuls les couples : $Au^{+3}_{(aq)}/Au_{(s)}$ et $C\ell_{2\,(g)} / C\ell^{-}_{(aq)}$. interviennent dans cet électrolyse.

0,5 1. La Statue doit être l'anode ou la cathode ?

0,5 2. Quel métal se dépose sur la Statue. Écrire l'équation bilan de l'électrolyse.

3. L'électrolyse a lieu pendant une durée Δt = 2 jour avec un courant d'intensité constante I=31KA.

0,75 3.1. Dresser le tableau d'avancement de la transformation qui a lieu au niveau de la cathode, et déduire l'expression de m(Au) la masse d'or déposé en fonction de M(Au) , F , I et Δt.

0,75 3.2. Vérifier que la masse d'or déposé est égale m(Au) ≈ 3650Kg.

0,75 3.3. Calculer e l'épaisseur de la couche d'or déposée sur la surface de la Statue.

0,5 3.4. Calculer le volume $V(Cl_2)$ du dichlore formé pendant Δt.

0,5 4. Le prix de l'or étant d'environ 600 Dh/g ,quel est la valeur en Dhs du pris de cette couverture en or ?

II. Dosage d'une solution aqueuse d'ammoniac

Une solution commerciale (S_0) d'ammoniac NH_{3aq} de concentration C_0 =1,1mol.L^{-1} peut être utilisée, après dilution, comme produit nettoyant (éviers, lavabos, ...) ou comme produit détachant (moquette, tapis,...).

Produit ionique de l'eau : Ke =1,0.10^{-14} .

constante d'acidité $PK_A(NH_4^+/NH_3)$= 9,2

On se propose d'étudier la solution (S) d'ammoniac de concentration $C_s = \frac{C_0}{100}$

On se propose de vérifier la valeur de la concentration C_0 de S_0 .Pour cela, la solution S est dosée par une solution d'acide chlorhydrique (H_3O^+ ; Cl^-) de concentration C_a=0,015 mol.L^{-1}.

Dans un volume V_S=20mL de la solution (S), on verse progressivement la solution d'acide chlorhydrique et on mesure après chaque ajout le pH du mélange .

Point d'équivalence V_{AE}=15ml

0,5 1. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental de dosage

0,25 2. Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de dosage

0,5 3. Calcule la constante d'équilibre de cette réaction que peut on déduire

0,75 4. Calculer la valeur de la concentration C_S de la solution diluée (S). et Déterminer alors la valeur de la concentration C_0 de la solution (S_0).

0,25 5. Comparer la valeur trouvée à la valeur C_0 donnée au début de l'énoncé

0,5 6. En absence de pH mètre on utilisant un indicateur colorée à partir de tableau ci-dessus détermine en justifiant votre réponse l'indicateur colore convenable pour cette dosage

Indicateur coloré	Bleu de bromophénol	Rouge de méthyle	Rouge de crésol
Zone de virage	3,0 – 4,6	4,2 – 6,2	7,2 – 8,8

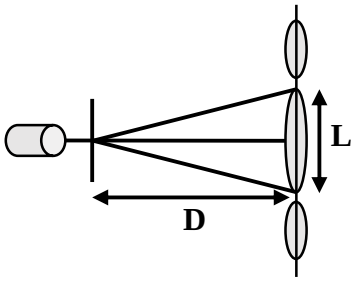
إمتحان تجريبي

مادة الفيزياء والكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

EXERCICE II (3 points)

I. Détermination du diamètre d'un fil de pêche :

Le fil de pèche est fabrique a partir du nylon qui supporte une grande résistance au poisson pèche, son diamètre est très petit pour ne pas être vue par les poissons.



Pour déterminer le diamètre a d'un fil de pêche, on l'éclaire a l'aide d'une source laser de longueur d'onde λ_0, sur un écran situe à une distance D du fil on obtient des taches lumineuses, la largeur de la tache centrale est L (voir figure).

Les données : λ_0=623,8nm - D=3m - L=7,5cm.

La vitesse de propagation de la lumière dans le vide et l'air : c=3.10^{8}m/s^2

0,25 1. Donner le nom du phénomène observe sur la figure.

0,5 2. Trouver la valeur de **a** en fonction de **D**, **L** et λ_0 dans le cas ou **θ** est petite. Calculer la valeur de **a.**

0,5 3. On remplace le laser par un autre de longueur d'onde **λ'** et on obtient une tache centrale de largeur **L'=8 cm**. Exprimer **λ'** en fonction de λ_0, **L** et **L'**, calculer **λ'**

4. La source laze précédent envoie un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde λ_0 sur la face d'un prisme de verre d'indice de réfraction **n=1,58.**

0,25 **4.1.** Calculer la vitesse **v** de propagation du faisceau lumineux dans le prisme.

0,25 **4.2**. Trouver la valeur de la longueur d'onde λ_1 des faisceaux lumineux dans le prisme.

II. Etude de la désintégration du Radium.

C'est en 1898 que Marie et Pierre Curie annoncèrent le découvert de deux éléments radioactifs : Le polonium et le radium. Le radium $^{226}_{88}Ra$ qui se transforme en radon $^{222}_{86}Rn$, est considéré comme l'un des exemples historiques de la radioactivité α.

L'activité d'un échantillon radioactif était alors calculer par rapport au radium considéré comme étalon. Elle fut exprimée en curie (Ci) pendant des années, avant d'utiliser le Becquerel (Bq) comme unité.

Le curie (1Ci) est l'activité d'un échantillon d'un gramme (1g) de radium 226.

إمتحان تجريبي

مادة الفيزياء والكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

Données :

- Masse molaire du radium : M=226 g.mol^{-1} ;
- Constante d'Avogadro : N_A=6,02.10^{23}mol^{*1}.
- Energie de liaison du noyau de radium : $E_\ell(^{226}_{88}\mathrm{Ra}) = 1731{,}1\mathrm{MeV}$
- Energie de liaison du noyau de radon : $E_\ell(^{222}_{86}\mathrm{Rn}) = 1707{,}4\mathrm{MeV}$
- Energie de liaison du noyau de l'hélium : $E_\ell(^{4}_{2}\mathrm{He}) = 28{,}4\mathrm{MeV}$
- Le temps demi-vie du radium $^{226}_{88}$Ra : $t_{1/2}$=1570ans

0,25 1. Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :

a. Le radium et le radon sont des isotopes.

b. Le noyau du radium $^{226}_{88}$Ra est constitué 88 neutrons et de 138 protons.

c. Après une durée égale à $3.t_{1/2}$, il reste 12,5% des noyaux initiaux.

d. La relation entre la demi-vie et la constante radioactive est : $t_{1/2}=\lambda.\ln 2$.

0,25 2. Montrer que : $1\mathrm{Ci} \approx 3{,}73 \times 10^{10}\mathrm{Bq}$.

0,5 3. Quelle serait, en Becquerel (Bq), en Juillet 2020, l'activité d'un échantillon de masse 1g de radium dont l'activité en Juillet 1898 était de 1Ci.

0,25 4. Calculer, en MeV, l'énergie $|\Delta E|$produite par la désintégration d'un noyau de radium $^{226}_{88}$Ra.

EXERCICE III (5,5 points)

La présentation au Roi de la voiture de Neo Motors, une société détenue par des capitaux marocains, et du prototype d'un véhicule à hydrogène de la société NamX, nommé HUV (Hydrogen Utility Vehicle), souligne la volonté du Souverain d'encourager et de promouvoir les initiatives entrepreneuriales nationales pionnières.

Les véhicules alimentés par hydrogène ont émergé comme une alternative prometteuse aux véhicules à combustion interne traditionnels. L'hydrogène offre une source d'énergie propre et efficace, avec des émissions nulles de gaz à effet de serre. Cependant, pour exploiter le potentiel des véhicules à hydrogène, il est essentiel de constituer des systèmes électriques et électroniques performants. Dans cette étude, nous nous concentrons sur l'analyse comparative de deux circuits électriques : le circuit RL (résistance-inductance) et le circuit RLC (résistance-inductance-condensateur), dans le contexte des véhicules à hydrogène.

إمتحان تجريبي

مادة الفيزياء والكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

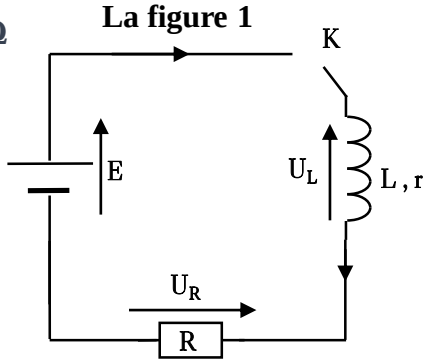
I. Etablissement du circuit RL pour les véhicules à hydrogène

Données:

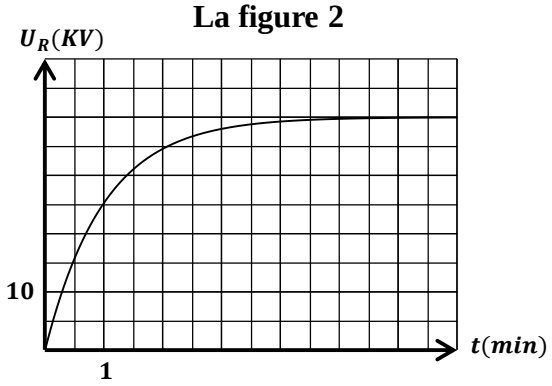
R=100.10⁶Ω

E=44 KV

La figure 1



La figure 2



À l'instant t =0s, La figure (2) représente la variation de la tension $U_R(t)$ aux bornes de la résistance.

0,25 1.Quel est le rôle de la bobine à l'établissement du courant

0,25 2.Quel est le rôle du diode

0,25 3.Etablir que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$.

0,75 4.La solution de cette équation différentielle est : $u_R(t) = A.e^{-\alpha t} + B$ trouver l'expression de chacune des constantes A, B et α , en fonction des paramètres du circuit.

0,25 5. Trouver r en fonction de U_{RP} , R et E ,Calculer sa valeur

0,25 6. En exploitant la courbe de la figure 2 Trouver la valeur de la durée de l'établissement du courant.

0,25 7. Calculer la valeur de l'inductance L

0,5 8. Calculer l'Energie magnétique dans le régime permanant

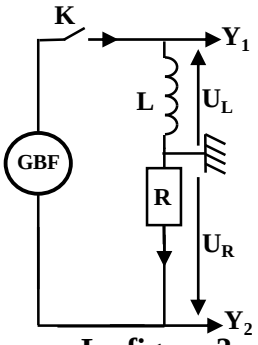
II. Vérification de l'inductance de la bobine par GBF

Pour déterminer l'inductance L d'une bobine on néglige la résistance, on utilise le montage représenté dans la figure (3), comprenant cette bobine, un conducteur ohmique de résistance R=100.10⁶ Ω, un GBF qui délivre une tension triangulaire de période T et un interrupteur K. On ferme l'interrupteur K à l'instant t_0 =0, et on visualise à l'aide d'un oscilloscope la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine, et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique. On obtient l'oscillogramme de la figure (2)

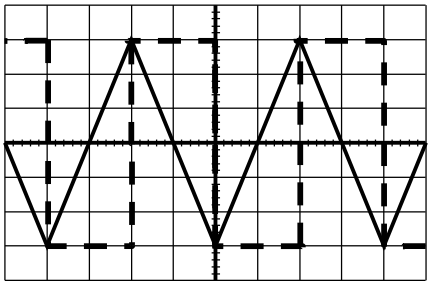
- Sensibilité verticale du voie Y_1 $S_V(Y_1)$=110 mV.div^{-1} $S_V(Y_2)$= 1V.div^{-1}. de l'oscilloscope
- Balayage horizontal :S_H=10 min.div^{-1}

إمتحان تجريبي

مادة الفيزياء والكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية



La figure 3



La figure 4

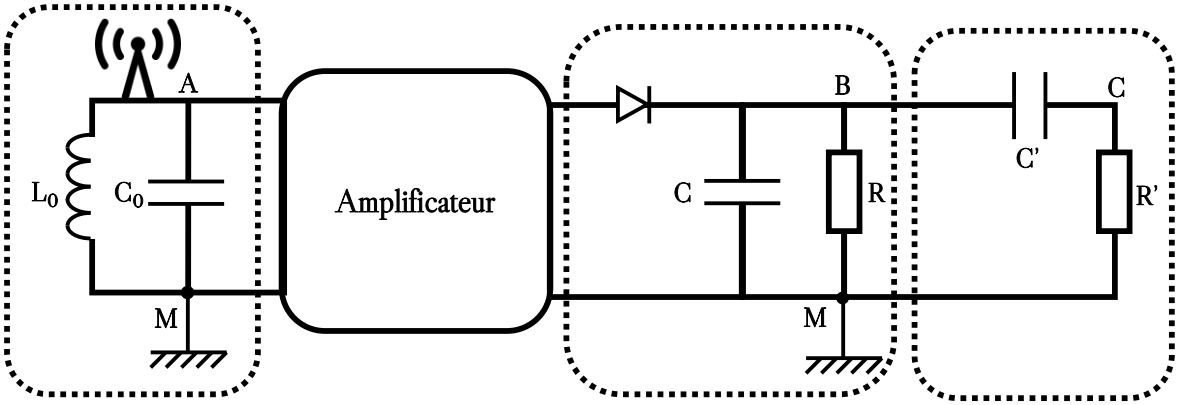
0,25 1- Montrer que les tensions u_R et u_L sont liées par la relation : $u_L = -\frac{L}{R}\frac{du_R}{dt}$

0,25 2- Déterminer à partir de l'oscillogramme, les valeurs de u_L et $\frac{du_R}{dt}$ au cours de la première demi période indiquée sur la figure (4).

0,5 3- Vérifier la valeur de L.

III. Tester la radio de la voiture NAMX

Pour recevoir la chaine **HIT RADIO** de fréquence 99,8 MHz, on réalise la démodulation d'amplitude (séparation de la lettre de l'enveloppe et sa lecture) grâce au montage suivant :



Partie 1 **Partie 2** **Partie 3**

1. La fréquence du signal modulant vaut 450Hz et celle de l'onde porteuse est $9{,}98.10^7$Hz. Le condensateur de la partie 1 est de capacité $C_0 = 10nF$.

0,25 1.1. Quel est le rôle de la partie 1 ?

0,25 1.2. Quelle valeur doit-on donner à L_0 pour recevoir correctement la chaine radio ?

2. La partie 2 comprend une diode, un conducteur ohmique de résistance R et un condensateur de capacité C. Cet ensemble constitue ce que l'on appelle détecteur de crête.

0,5 2.1. Préciser brièvement les deux fonctions de cet ensemble.

0,25 2.2. Sachant que R = 2 kΩ , donner un encadrement de la valeur de C.

0,5 3. Quel est le type du filtre que présente la partie 3 ? Justifier brièvement la réponse.

إمتحان تجريبي

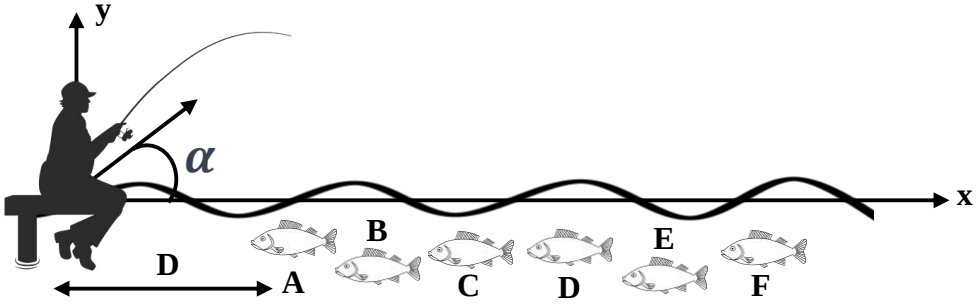
مادة الفيزياء والكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

EXERCICE IV (4,5 points)

I. Etude d'une mouvement projectile d'un pêcheur

Un pêcheur se tient sur la rive d'un lac et souhaite lancer sa ligne à une distance maximale afin d'atteindre une zone où il pense trouver du poisson. Supposons que la vitesse initiale de la ligne lorsqu'elle quitte la canne à pêche soit de $v_0 = 20\ m.s^{-1}$, et que l'angle de lancement par rapport à l'horizontale soit de $\alpha = 45°$. Le lac est parfaitement horizontal et il n'y a pas de vent pour influencer le mouvement du projectile.

Données: g=10m.s^{-2} ;D=38m ; AB=BC=CD=EF=0,5m



0,25 1.Trouver les équations horaires x(t) et y(t)

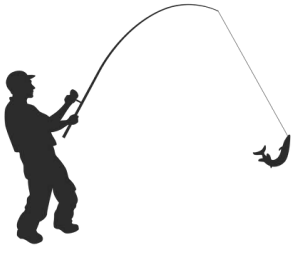
0,25 2.Trouver l'équation de la trajectoire

0,5 3.Trouver les cordonnées du sommet

0,5 4.Quel poisson qu'il a été pêché par le pêcheur

0,5 5.Quelle est la vitesse maximal pour pêché le poisson F

II. Etude d'un mouvement d'un poisson sur un fil de pèche



D'après le pécheur a péché un poisson , cependant, il convient de noter que dans la réalité, il serait difficile de créer une telle configuration, car les poissons sont des créatures vivantes et mobiles, ce qui rendrait la modélisation du pendule plus complexe.

Néanmoins, pour simplifier l'exercice, nous pouvons supposer que le poisson est immobile et agit comme un point d'attache pour le pendule. Dans ce cas, nous pouvons analyser le mouvement du pendule simple comme d'habitude, en arrêtant la masse du pendule, la longueur du fil et l'accélération due à la pesanteur.

A l'instant t = 0, le pécheur écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un petit angle θ_m, et il le libère sans vitesse initiale. A l'aide d'une caméra numérique, on enregistre le poisson au cours de son mouvement.

إمتحان تجريبي

مادة الفيزياء والكيمياء شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

Données :

On néglige tous les frottements ;

On prendra g = 10 m.s^{-2} ;

Un fil inextensible de longueur ℓ et de masse négligeable ℓ=1m ;

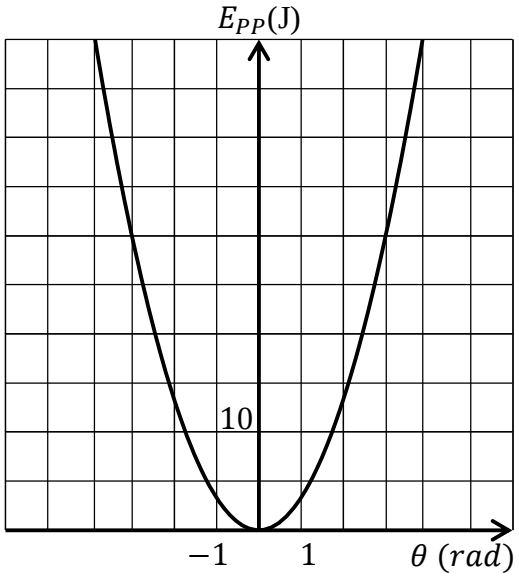
Moment d'inertie du pendule est : $J_\Delta = m.\ell^2$;

Pour les angles petits : $sin\theta \approx \theta$ et $cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$.

Le plan horizontal passant par la position d'équilibre de la balle est choisi comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP}.

L'étude du mouvement se fait dans un repère terrestre supposé galiléen.

Après traitement informatique du film, l'enseignante obtient les deux courbes $E_{PP}(t)$ et $\theta(t)$ représentées sur la figure.



0,5 1. Trouver l'équation différentiel en fonction de θ

2. Ecrire, dans le cas de faibles oscillations, l'expression de l'énergie mécanique E_m du pendule en fonction de m, g, ℓ, θ et la vitesse angulaire θ

La figure représente le diagramme d'énergie du pendule étudié.

Déterminer la valeur de :

0,25 2.1. L'abscisse angulaire maximale θ_{max}.

0,25 2.2. L'énergie mécanique E_m du pendule.

0,5 2.3. L'énergie cinétique E_C du pendule à $\theta = 3\ rad$.

0,5 3. Trouver la masse du poisson

0,5 4. Calculer les deux abscisses angulaires θ_1 et θ_2 pour lesquelles l'énergie potentielle est égale à l'énergie cinétique.

EXERCICE I : CHIMIE (7 points)

Dorure de la Statue de la Liberté et Dosage acido-basique

I. Dorure de la Statue de la Liberté

1. Anode ou Cathode ? Le but de l'électrolyse est de déposer de l'or solide sur la statue. Il s'agit d'une réaction de réduction des ions Au^{3+} en $Au_{(s)}$. La réduction se produit toujours à la **cathode** (reliée à la borne négative du générateur). **La statue doit donc être la cathode.**

2. Métal déposé et équation bilan Le métal qui se dépose est **l'or (Au)**.

— À la cathode (réduction) : $Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Au_{(s)}$

— À l'anode (oxydation) : $2Cl^-_{(aq)} \rightleftharpoons Cl_{2(g)} + 2e^-$

Pour équilibrer les électrons échangés (on multiplie la première par 2 et la seconde par 3), l'équation bilan s'écrit :

$$2Au^{3+}_{(aq)} + 6Cl^-_{(aq)} \longrightarrow 2Au_{(s)} + 3Cl_{2(g)}$$

3.1. Tableau d'avancement (à la cathode) et expression de $m(Au)$ Demi-équation à la cathode : $Au^{3+} + 3e^- \longrightarrow Au$

État	**Avancement**	$n(Au^{3+})$	$n(e^-)$ échangés	$n(Au)$ formé
Initial	$t = 0$	n_i	0	0
En cours	t	$n_i - x$	$3x$	x

D'après le tableau, la quantité d'or formée est $n(Au) = x$ et la quantité d'électrons échangés est $n(e^-) = 3x$. On a donc : $n(Au) = \frac{n(e^-)}{3}$. Or $n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$ et $n(Au) = \frac{m(Au)}{M(Au)}$. En combinant ces relations : $\frac{m(Au)}{M(Au)} = \frac{I \cdot \Delta t}{3F}$.

$$m(Au) = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(Au)}{3F}$$

3.2. Vérification de la masse $m(Au)$ On a : $I = 31\,\text{kA} = 31000\,\text{A}$ et $\Delta t = 2\,\text{jours} = 2 \times 24 \times 3600 = 172800\,\text{s}$.

$$m(Au) = \frac{31000 \times 172800 \times 197}{3 \times 96500} = \frac{1055308,8 \cdot 10^6}{289500} \approx 3645280\,\text{g}$$

$$m(Au) \approx 3645,28\,\text{kg} \approx 3650\,\text{kg}$$

La valeur est bien vérifiée.

3.3. Épaisseur e de la couche d'or La masse volumique est $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{S \cdot e} \Longrightarrow e = \frac{m}{\rho \cdot S}$. Avec $\rho = 19,3\,\text{g.cm}^{-3} = 19300\,\text{kg.m}^{-3}$ et $S = 4000\,\text{m}^2$.

$$e = \frac{3645,28}{19300 \times 4000} \approx 4,72 \cdot 10^{-5}\,\text{m}$$

$$e \approx 47,2\,\mu\text{m}$$

3.4. Volume $V(Cl_2)$ formé D'après l'équation de l'anode ($2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$), pour chaque mole de Cl_2 formée, 2 moles d'électrons sont libérées. $n(Cl_2) = \frac{n(e^-)}{2} = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$. Le volume de dichlore est $V(Cl_2) = n(Cl_2) \cdot V_m$.

$$V(Cl_2) = \frac{31000 \times 172800}{2 \times 96500} \times 25 \approx 694093\,\text{L}$$

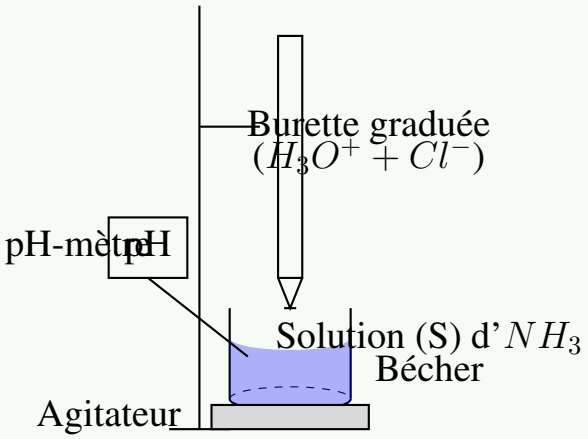
$$V(Cl_2) \approx 694\,\text{m}^3$$

4. Prix de la couverture en or Le prix est de 600 Dh/g. Prix $= m(Au) \times 600 =$ $3645280\,\text{g} \times 600 \approx 2,187 \cdot 10^9$ Dhs.

Prix $\approx$ 2, 19 milliards de Dhs

II. Dosage d'une solution aqueuse d'ammoniac

1. Schéma du dispositif de dosage



2. Équation de la réaction de dosage

$$NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

3. Constante d'équilibre K

$$K = \frac{[NH_4^+]}{[NH_3][H_3O^+]}$$

On multiplie en haut et en bas par la concentration standard, on reconnaît l'inverse de la constante d'acidité K_A du couple NH_4^+/NH_3 :

$$K = \frac{1}{K_A} = 10^{pK_A} = 10^{9,2}$$

$$K \approx 1,58 \cdot 10^9$$

Déduction : Puisque $K \gg 10^4$, la réaction de dosage est quasi-totale.

4. Concentrations C_S et C_0 À l'équivalence, la quantité de matière d'acide versée est égale à la quantité de matière de base initiale :

$$C_S \cdot V_S = C_A \cdot V_{AE} \implies C_S = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V_S}$$

$$C_S = \frac{0,015 \times 15}{20} = 0,01125\,\text{mol.L}^{-1}$$

La solution (S) est issue d'une dilution au centième ($C_S = \frac{C_0}{100}$), donc :

$$C_0 = 100 \times C_S = 100 \times 0,01125$$

$$C_S = 1,125 \cdot 10^{-2}\,\text{mol.L}^{-1} \quad ; \quad C_0 = 1,125\,\text{mol.L}^{-1}$$

5. Comparaison avec la valeur de l'énoncé La valeur calculée $C_0 = 1,125\,\text{mol.L}^{-1}$ est très proche de la valeur donnée au début de l'énoncé ($1,1\,\text{mol.L}^{-1}$). La valeur indiquée par le fabricant est donc vérifiée.

6. Choix de l'indicateur coloré À l'équivalence, la solution contient principalement les ions NH_4^+ et Cl^- (solution de chlorure d'ammonium). L'ion ammonium NH_4^+ est un acide faible, le pH à l'équivalence sera donc acide ($pH_E < 7$). En l'évaluant rapidement : l'espèce majoritaire NH_4^+ a une concentration $C \approx \frac{C_S V_S}{V_S + V_{AE}} \approx \frac{0,01125 \times 20}{35} \approx 6,4 \cdot 10^{-3}\,\text{mol.L}^{-1}$. $pH_E \approx \frac{1}{2}(pK_A - \log C) \approx \frac{1}{2}(9,2 - \log(0,0064)) \approx 5,7$. La zone de virage contenant ce pH est celle du **Rouge de méthyle (4,2 - 6,2)**.

L'indicateur coloré convenable est le **Rouge de méthyle** car sa zone de virage englobe le pH à l'équivalence ($pH_E < 7$).

EXERCICE II : PHYSIQUE (3 points)

Ondes lumineuses et Radioactivité

I. Détermination du diamètre d'un fil de pêche

1. Nom du phénomène Le phénomène observé est la **diffraction de la lumière**.

2. Valeur de a L'écart angulaire de la tache centrale est $\theta = \frac{\lambda_0}{a}$. D'après la figure, $\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$. Puisque θ est petit, $\tan\theta \approx \theta$. On en déduit : $\frac{\lambda_0}{a} = \frac{L}{2D} \implies a = \frac{2\lambda_0 \cdot D}{L}$. A.N. : $a = \frac{2\times 623{,}8\cdot 10^{-9}\times 3}{7{,}5\cdot 10^{-2}} = \frac{3{,}7428\cdot 10^{-6}}{0{,}075} \approx 4{,}99\cdot 10^{-5}$ m.

$$a \approx 49{,}9\,\mu\text{m} \approx 0{,}05\,\text{mm}$$

3. Nouvelle longueur d'onde λ' On a la relation $a = \frac{2\lambda_0 D}{L}$ et pour le deuxième laser $a = \frac{2\lambda' D}{L'}$. Le montage ne changeant pas (a et D constants), on a :

$$\frac{\lambda_0}{L} = \frac{\lambda'}{L'} \implies \lambda' = \lambda_0 \frac{L'}{L}$$

A.N. : $\lambda' = 623{,}8 \times \frac{8}{7{,}5} \approx 665{,}4$ nm.

$$\lambda' \approx 665{,}4\,\text{nm}$$

4. Faisceau dans le prisme 4.1. Vitesse de propagation v L'indice de réfraction est $n = \frac{c}{v} \implies v = \frac{c}{n}$.

$$v = \frac{3\cdot 10^8}{1{,}58} \approx 1{,}898\cdot 10^8\ \text{m/s}$$

$$v \approx 1{,}90\cdot 10^8\ \text{m.s}^{-1}$$

4.2. Longueur d'onde λ_1 dans le prisme La fréquence f est invariante. $\lambda_0 = \frac{c}{f}$ et $\lambda_1 = \frac{v}{f}$. Donc $\frac{\lambda_0}{\lambda_1} = \frac{c}{v} = n \implies \lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n}$.

$$\lambda_1 = \frac{623{,}8}{1{,}58} \approx 394{,}8\,\text{nm}$$

$$\lambda_1 \approx 394{,}8\,\text{nm}$$

II. Étude de la désintégration du Radium

1. Proposition juste

- × a. Faux (isotopes = même nombre de protons Z, ici Ra et Rn sont des éléments différents).
- × b. Faux (Le $^{226}_{88}Ra$ possède 88 protons et $226 - 88 = 138$ neutrons, c'est l'inverse de la proposition).
- × c. **Vrai** (Après $n \cdot t_{1/2}$, le reste est $N_0/2^n$. Pour $n = 3$, le reste est $1/8 = 0,125$ soit $12,5\%$).
- × d. Faux (La relation correcte est $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$).

La proposition juste est la **c**.

2. Montrer que 1 Ci $\approx 3,73 \cdot 10^{10}$ Bq 1 Ci correspond à l'activité de $m = 1$ g de Radium 226. L'activité est $a = \lambda \cdot N$. Or $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ et le nombre de noyaux est $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$.

$$a = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \frac{m}{M} \cdot N_A$$

Il faut convertir $t_{1/2}$ en secondes : 1570 ans $= 1570 \times 365,25 \times 24 \times 3600 \approx 4,955 \cdot 10^{10}$ s (ou $\approx 4,951 \cdot 10^{10}$ s si on prend 365j/an).

$$a = \frac{\ln 2}{4,955 \cdot 10^{10}} \times \frac{1}{226} \times 6,02 \cdot 10^{23} \approx 1,399 \cdot 10^{-11} \times 2,6637 \cdot 10^{21} \approx 3,73 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

(La valeur est bien démontrée).

3. Activité de l'échantillon en Juillet 2020 L'intervalle de temps écoulé est $t = 2020 - 1898 = 122$ ans. Loi de décroissance radioactive pour l'activité : $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t} = a_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$.

$$a(122) = 3,73 \cdot 10^{10} \times e^{-\frac{\ln 2}{1570} \times 122} = 3,73 \cdot 10^{10} \times e^{-0,0538} \approx 3,73 \cdot 10^{10} \times 0,9475$$

$$a(t) \approx 3,53 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

4. Énergie $|\Delta E|$ produite par la désintégration L'équation de désintégration α du Radium est : $^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$. L'énergie de réaction est reliée aux énergies de liaison par la formule :

$$\Delta E = E_l(\text{Réactifs}) - \sum E_l(\text{Produits}) = E_l(^{226}_{88}Ra) - \left[E_l(^{222}_{86}Rn) + E_l(^{4}_{2}He)\right]$$

$$\Delta E = 1731,1 - (1707,4 + 28,4) = 1731,1 - 1735,8 = -4,7 \text{ MeV}$$

L'énergie produite (ou libérée) correspond à la valeur absolue :

$$|\Delta E| = 4,7 \text{ MeV}$$

EXERCICE III (5,5 points)

Circuits RL et RLC : Application aux véhicules à hydrogène

I. Établissement du circuit RL

1. Rôle de la bobine La bobine s'oppose à l'établissement du courant dans le circuit (elle retarde l'apparition du courant maximal) grâce au phénomène d'auto-induction.

2. Rôle de la diode La diode (dite de roue libre) protège les composants du circuit, notamment l'interrupteur, contre les surtensions lors de l'ouverture du circuit en évitant la formation d'étincelles de rupture.

3. Équation différentielle vérifiée par $u_R(t)$ D'après la loi d'additivité des tensions : $E = u_L + u_R$. On sait que $u_L = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$ et $u_R = R \cdot i \implies i = \frac{u_R}{R}$. En dérivant, on obtient $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$. En remplaçant dans l'équation :

$$E = L\left(\frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}\right) + r\left(\frac{u_R}{R}\right) + u_R \implies E = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + \frac{R+r}{R}u_R$$

En multipliant par $\frac{R}{R+r}$, on obtient l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R+r}\frac{du_R}{dt} + u_R = \frac{R \cdot E}{R+r}$$

4. Expressions des constantes A, B et α On remplace la solution $u_R(t) = Ae^{-\alpha t} + B$ et sa dérivée $\frac{du_R}{dt} = -A\alpha e^{-\alpha t}$ dans l'équation :

$$\frac{L}{R+r}(-A\alpha e^{-\alpha t}) + Ae^{-\alpha t} + B = \frac{RE}{R+r} \implies Ae^{-\alpha t}\left(1 - \frac{L\alpha}{R+r}\right) + \left(B - \frac{RE}{R+r}\right) = 0$$

Pour que l'équation soit vérifiée à tout instant t, il faut :

$$1 - \frac{L\alpha}{R+r} = 0 \implies \alpha = \frac{R+r}{L} \quad \text{et} \quad B - \frac{RE}{R+r} = 0 \implies B = \frac{R \cdot E}{R+r}$$

À $t = 0$ (circuit ouvert), $i(0) = 0 \implies u_R(0) = 0$.

$$u_R(0) = A + B = 0 \implies A = -B \implies A = -\frac{R \cdot E}{R+r}$$

5. Expression et calcul de la résistance interne r En régime permanent ($t \to \infty$), u_R atteint sa valeur maximale $U_{RP} = B = \frac{RE}{R+r}$.

$$U_{RP}(R+r) = RE \implies R \cdot U_{RP} + r \cdot U_{RP} = RE \implies r = \frac{R(E - U_{RP})}{U_{RP}}$$

Graphiquement (figure 2), l'asymptote est à 4 divisions, soit $U_{RP} = 40\,\text{kV}$.

$$r = \frac{100 \cdot 10^6 \times (44 - 40)}{40} = 100 \cdot 10^6 \times 0,1$$

$$r = 10 \cdot 10^6\,\Omega = 10\,\text{M}\Omega$$

6. Durée d'établissement du courant L'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote horizontale donne la constante de temps. Graphiquement, $\tau \approx 0,67\,\text{min}$ (soit $40\,\text{s}$). La durée d'établissement du courant est estimée à $t_e \approx 5\tau$.

$$t_e = 5 \times 40\,\text{s} = 200\,\text{s} \implies t_e = 3\,\textbf{min}\,20\,\textbf{s}$$

7. Calcul de l'inductance L On sait que $\tau = \frac{L}{R+r} \implies L = \tau(R+r)$.

$$L = 40 \times (100 \cdot 10^6 + 10 \cdot 10^6) = 40 \times 110 \cdot 10^6$$

$$L = 4,4 \cdot 10^9\,\text{H}$$

8. Énergie magnétique en régime permanent L'intensité en régime permanent est $I_{RP} = \frac{U_{RP}}{R} = \frac{40 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^6} = 4 \cdot 10^{-4}\,\text{A}$.

$$E_m = \frac{1}{2} L I_{RP}^2 = 0,5 \times 4,4 \cdot 10^9 \times (4 \cdot 10^{-4})^2 = 2,2 \cdot 10^9 \times 16 \cdot 10^{-8}$$

$$E_m = 352\,\text{J}$$

II. Vérification de l'inductance de la bobine par GBF

1. Relation entre u_R et u_L Sur le montage, la flèche de u_R est dans le même sens que le courant i (qui descend du GBF vers la masse). En convention générateur pour la résistance, on a $u_R = -R \cdot i \implies i = -\frac{u_R}{R}$. La tension u_L pointe vers le haut (convention récepteur classique), on a donc (en négligeant r) : $u_L = L\frac{di}{dt}$. En remplaçant i : $u_L = L\frac{d}{dt}\left(-\frac{u_R}{R}\right) \implies u_L = -\frac{L}{R}\frac{du_R}{dt}$

2. Valeurs de u_L et $\frac{du_R}{dt}$ sur la première demi-période La première demi-période correspond à la phase de montée du signal triangulaire u_R.

— La variation Δu_R vaut $6\,\text{div}$ (de -3 à $+3\,\text{div}$). $\Delta u_R = 6 \times 1\,\text{V.div}^{-1} = 6\,\text{V}$.

— Cette variation prend un temps $\Delta t = 2\,\text{div}$. $\Delta t = 2 \times 10\,\text{min.div}^{-1} =$

$20\,\text{min} = 1200\,\text{s}$.

— La pente est donc : $\frac{du_R}{dt} = \frac{6}{1200} = 5 \cdot 10^{-3}\,\textbf{V.s}^{-1}$

— Pendant ce temps, le signal créneau u_L est constant à -2 div. $u_L = -2 \times 110\,\textbf{mV.div}^{-1} = -0,22\,\textbf{V}$

3. Vérification de la valeur de L À partir de la relation établie : $L = -R\frac{u_L}{du_R/dt}$.

$$L = -100 \cdot 10^6 \times \frac{-0,22}{0,005} = 100 \cdot 10^6 \times 44 = 4400 \cdot 10^6\,\text{H}$$

$L = 4,4 \cdot 10^9\,\text{H}$ (La valeur est bien vérifiée)

III. Tester la radio de la voiture NAMX

1.1. Rôle de la partie 1 Il s'agit du circuit d'accord (ou filtre passe-bande). Son rôle est de **sélectionner** l'onde électromagnétique souhaitée (HIT RADIO) parmi l'ensemble des ondes captées par l'antenne, en résonnant à la fréquence de la porteuse.

1.2. Valeur de l'inductance L_0 Pour qu'il y ait résonance, il faut que $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_0}} \implies L_0 = \frac{1}{4\pi^2 F^2 C_0}$.

$$L_0 = \frac{1}{4\pi^2 \times (9,98 \cdot 10^7)^2 \times 10 \cdot 10^{-9}} \approx \frac{1}{39,48 \times 9,96 \cdot 10^{15} \times 10^{-8}}$$

$L_0 \approx 2,54 \cdot 10^{-10}\,\text{H}$

2.1. Fonctions de la partie 2 (Détecteur de crête) Cet ensemble assure la démodulation en deux temps :

— La diode **redresse** le signal en éliminant les alternances négatives.

— Le dipôle RC parallèle **filtre** les hautes fréquences (la porteuse) pour ne conserver que l'enveloppe extérieure du signal.

2.2. Encadrement de la capacité C Pour une bonne détection, on doit respecter $\frac{1}{F} \ll R \cdot C < \frac{1}{f_s}$. Avec $T_p = \frac{1}{9,98 \cdot 10^7} \approx 1,0 \cdot 10^{-8}$ s et $T_s = \frac{1}{450} \approx 2,22 \cdot 10^{-3}$ s. En divisant par $R = 2000\,\Omega$:

$$\frac{1,0 \cdot 10^{-8}}{2000} \ll C < \frac{2,22 \cdot 10^{-3}}{2000}$$

$$5 \cdot 10^{-12}\,\text{F} \ll C < 1,11 \cdot 10^{-6}\,\text{F} \quad (5\,\text{pF} \ll C < 1,11\,\mu\text{F})$$

3. Type de filtre de la partie 3 Il s'agit d'un **filtre passe-haut**. *Justification :* Le condensateur C' bloque la composante continue du signal (fréquence $f = 0$) et laisse passer les variations basse fréquence du signal modulant utile.

EXERCICE IV (4,5 points)

Mouvement d'un projectile et Étude énergétique d'un pendule

I. Étude d'un mouvement projectile d'un pêcheur

1. Équations horaires $x(t)$ et $y(t)$

Le système étudié est la ligne de pêche. Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, l'origine des temps coïncide avec le lancement depuis l'origine $O(0,0)$. La vitesse initiale est $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos\alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin\alpha \end{cases}$. En négligeant les frottements de l'air, la seule force appliquée est le poids $\vec{P}$. D'après la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} = m\vec{a} \implies m\vec{g} = m\vec{a} \implies \vec{a} = \vec{g} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

Par intégration successive :

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos\alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0 \sin\alpha \end{cases} \implies \vec{OM}(t) \begin{cases} x(t) = (v_0 \cos\alpha)t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin\alpha)t \end{cases}$$

En remplaçant par les valeurs ($v_0 = 20\,\text{m.s}^{-1}$, $\alpha = 45°$, $g = 10\,\text{m.s}^{-2}$) : $\cos(45°) = \sin(45°) = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,707$. Ainsi, $v_{0x} = v_{0y} = 20 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \approx 14,14\,\text{m.s}^{-1}$.

$$\begin{cases} x(t) = 14,14 \cdot t \\ y(t) = -5t^2 + 14,14 \cdot t \end{cases}$$

---

2. Équation de la trajectoire

On exprime t en fonction de x à partir de l'équation $x(t)$: $t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$. On injecte cette expression dans $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2 + v_0 \sin\alpha \left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right) = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$$

Application numérique : $y(x) = -\frac{10}{2\times 20^2\times(\frac{\sqrt{2}}{2})^2}x^2 + x\tan(45°) = -\frac{10}{800\times 0{,}5}x^2 + 1\cdot x$.

$$y(x) = -0{,}025x^2 + x$$

---

3. Coordonnées du sommet

Au sommet de la trajectoire (point S), la vitesse verticale s'annule : $v_y(t_S) = 0 \implies -gt_S + v_0\sin\alpha = 0 \implies t_S = \frac{v_0\sin\alpha}{g}$. L'abscisse du sommet est $x_S = \frac{v_0^2\sin(2\alpha)}{2g} = \frac{20^2\times\sin(90°)}{2\times 10} = \frac{400}{20} = 20\,\text{m}$. L'ordonnée du sommet est $y_S = y(x_S) = -0{,}025(20)^2+20 = -10+20 = 10\,\text{m}$.

$$S(20\,\text{m};\,10\,\text{m})$$

---

4. Quel poisson a été pêché ?

L'hameçon touche l'eau lorsque $y = 0$. La distance correspondante est la portée x_P.

$$y(x_P) = 0 \implies x_P(-0{,}025x_P + 1) = 0 \implies x_P = \frac{1}{0{,}025} = 40\,\text{m}$$

Déterminons les positions des poissons sur l'axe des abscisses. On sait que $D = 38\,\text{m}$ (poisson A) et l'intervalle entre chaque poisson est de $0{,}5\,\text{m}$.

- $x_A = 38\,\text{m}$
- $x_B = 38{,}5\,\text{m}$; $x_C = 39\,\text{m}$; $x_D = 39{,}5\,\text{m}$
- $x_E = 40\,\text{m}$

La portée étant exactement de $40\,\text{m}$, la ligne tombe sur le **poisson E**.

---

5. Vitesse maximale pour pêcher le poisson F

Le poisson F se trouve à la position $x_F = x_E + 0{,}5 = 40{,}5\,\text{m}$. Pour l'atteindre, la portée doit être $x_P = 40{,}5\,\text{m}$. L'expression théorique de la portée est $x_P = \frac{v_0^2\sin(2\alpha)}{g}$.

$$v_0^2 = \frac{x_P\cdot g}{\sin(2\alpha)} = \frac{40{,}5\times 10}{\sin(90°)} = 405 \implies v_0 = \sqrt{405}$$

$$v_0 \approx 20{,}12\,\text{m.s}^{-1}$$

II. Étude du mouvement d'un poisson sur un fil de pêche

1. Équation différentielle en fonction de θ

En appliquant la Relation Fondamentale de la Dynamique (RFD) de rotation, ou par conservation de l'énergie mécanique :

$$\sum \mathcal{M}_{(\Delta)} = J_\Delta \ddot{\theta} \implies \mathcal{M}(\vec{P}) + \mathcal{M}(\vec{T}) = J_\Delta \ddot{\theta}$$

Le fil passe par l'axe, donc $\mathcal{M}(\vec{T}) = 0$. Le moment du poids est $\mathcal{M}(\vec{P}) = -mg\ell \sin\theta$.

$$-mg\ell \sin\theta = (m\ell^2)\ddot{\theta}$$

Pour des petits angles, $\sin\theta \approx \theta$. L'équation devient $-mg\ell\theta = m\ell^2\ddot{\theta}$.

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell}\theta = 0$$

---

2. Expression de l'énergie mécanique E_m

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur :

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}^2 + mg\ell(1 - \cos\theta)$$

Avec les approximations pour petits angles : $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ et sachant que $J_\Delta = m\ell^2$.

$$E_m = \frac{1}{2} m\ell^2 \dot{\theta}^2 + mg\ell \left(\frac{\theta^2}{2}\right)$$

$$E_m = \tfrac{1}{2} m\ell^2 \dot{\theta}^2 + \tfrac{1}{2} mg\ell\theta^2$$

Détermination des valeurs à partir du graphe

2.1. Abscisse angulaire maximale θ_{max} D'après le diagramme d'énergie (parabole $E_{pp}(\theta)$), la courbe s'arrête (ou atteint son maximum pour cette oscillation) à l'abscisse $\theta = 1\,\text{rad}$.

$$\theta_{max} = 1\,\text{rad}$$

2.2. L'énergie mécanique E_m Aux positions extrêmes ($\theta = \theta_{max}$), la vitesse est nulle donc $E_c = 0$. L'énergie mécanique est alors égale à l'énergie potentielle maximale. Graphiquement, pour $\theta = 1\,\text{rad}$, l'ordonnée est $10\,\text{J}$.

$$E_m = 10\,\text{J}$$

2.3. L'énergie cinétique E_c **à** $\theta = 0,5\,$**rad** *(Lecture de l'énoncé : la valeur est supposée être $0,5\,$rad par lecture logique du quadrillage).* Sur l'axe des abscisses, $0,5\,$rad correspond à la première grande graduation (1 carreau). À

cette abscisse, la courbe de E_{pp} se situe à une hauteur correspondant à $2,5\,\text{J}$ (1,25 carreau vertical sachant que 5 carreaux $= 10\,\text{J}$). Par calcul : $E_{pp}(\theta) \propto \theta^2$, donc $E_{pp}(0,5) = E_{pp}(1) \times (0,5)^2 = 10 \times 0,25 = 2,5\,\text{J}$. Par conservation de l'énergie : $E_m = E_c + E_{pp} \implies 10 = E_c + 2,5$.

$$E_c = 7,5\,\text{J}$$

---

3. Masse du poisson

L'expression de l'énergie potentielle de pesanteur maximale est $E_{pp,max} = \frac{1}{2}mg\ell\theta_{max}^2$. On a $E_{pp,max} = 10\,\text{J}$, $g = 10\,\text{m.s}^{-2}$, $\ell = 1\,\text{m}$ et $\theta_{max} = 1\,\text{rad}$.

$$10 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 10 \cdot 1 \cdot (1)^2 \implies 10 = 5m \implies m = \frac{10}{5}$$

$$m = 2\,\text{kg}$$

---

4. Abscisses angulaires θ_1 et θ_2 pour lesquelles $E_{pp} = E_c$

Au passage aux points d'abscisses θ_1 et θ_2, on a $E_{pp} = E_c$. La conservation de l'énergie mécanique s'écrit :

$$E_m = E_c + E_{pp} = 2E_{pp} \implies E_{pp} = \frac{E_m}{2}$$

On remplace E_{pp} par son expression et E_m par sa valeur ($10\,\text{J}$) :

$$\frac{1}{2}mg\ell\theta^2 = \frac{10}{2} \implies 5{\cdot}\theta^2 = 5 \implies \theta^2 = \frac{5}{5} \times \frac{E_m}{10} \implies \frac{1}{2}(2)(10)(1)\theta^2 = 5 \implies$$

$$10\theta^2 = 5 \implies \theta^2 = 0,5$$

$$\theta = \pm\sqrt{0,5} = \pm\frac{\sqrt{2}}{2} \approx \pm 0,707\,\text{rad}$$

$$\theta_1 \approx -0,707\,\text{rad} \quad \text{et} \quad \theta_2 \approx +0,707\,\text{rad}$$

Zak Ar yae Chri K i

امتحان وطني تجريبي رقم 5 للبكالوريا
المسالك الدولية
الدورة العادية 2023
- الموضوع -

Royaume du Maroc

Ministère de l'Education Nationale, du Préscolaire et des Sports

3	مدة الإنجاز	الفيزياء و الكيمياء	المادة
7	المعامل	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	الشعبة أو المسلك

INSTRUCTIONS GENERALES

- L'utilisation de la calculatrice non programmable est autorisée ;
- Le candidat peut traiter les exercices de l'épreuve suivant l'ordre qui lui convient ;
- L'utilisation de la couleur rouge lors de la rédaction des solutions est à éviter.

COMPOSANTES DU SUJET

L'épreuve est composée de quatre exercices indépendants entre eux et répartis suivant les domaines comme suit :

Exercice 1	Chimie	7 points
Exercice 2	Ondes	3 points
Exercice 3	Electricite	4.75 points
Exercice 4	Mecanique	5.25points

Exercice 1 Chimie 7 points

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Dans un ballon **vide** , on verse un volume V_A **=75,0ml** dune solution concentrée **d'acide Chlorhydrique($H_3O^+ + Cl^-$)** de concentration en ions oxonium C_A**=0,4mol/L** . À l'instant initial, on introduit une masse de **m=0,6g** de **Zinc** en poudre . Très rapidement, on ferme ce ballon avec un bouchon percé qui permet de relier, par un tuyau, le contenu du ballon avec un manomètre. On note, régulièrement, la valeur de la pression indiquée sur le manomètre **figure 1**.

Données :

- La masse molaire du zinc : **M(Zn)=65,4g/mol**
- Équation d'état des gaz parfaits : **P.V =** n_G**.R.T** , n_G correspondant à la quantité de matière de gaz
- Les couples interviennent sont : $Zn^{2+}/Zn_{(S)}$ et $H_3O^+ / H_{2\,(g)}$.
- On considère que tous les gaz se comportent, au cours de l'expérience, comme des gaz parfaits

1. Citer une technique qui permet de suivre l'évolution temporelle de cette réaction.

2. Ecrire l'équation bilan de la réaction étudié.

3. Calculer ni(H_3O^+) la quantité de matière initiale des ions oxonium et n_i(Zn) la quantité de matière initiale de zinc .

4. Dresser le tableau d'avancement de cette transformation , en considérant x comme l'avancement de cette transformation et x_{max} son avancement maximal . Quelle le réactif limitant.

5. En appliquant l'équation d'état d'un gaz parfait et en utilisant le tableau d'avancement , trouver l' expression de l'avancement x à l'instant t en fonction de R, T, V et P la pression de H_2 à l'instant t .

6. Soit P_{max} la pression maximale de H_2 , montrer que $\mathbf{x(t)} = x_{max} \cdot \frac{P(t)}{P_{max}}$

7. Cette expérience nous a permis de tracer la courbe dans **la figure 2** qui représente la variation de P(t) la pression de H_2 en fonction du temps t .

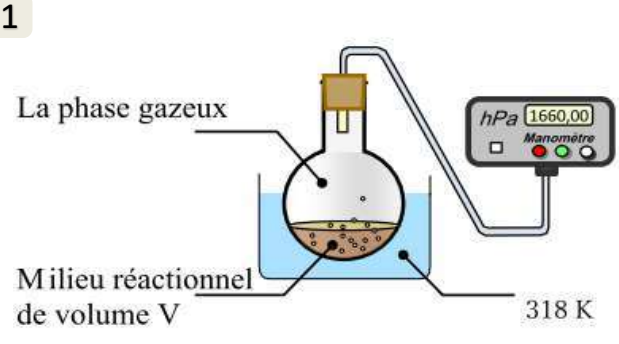
7.1. Montrer que l'expression de la pression $P(t)$ à l'instant de $t_{1/2}$ s'écrit : $P(t_{1/2}) = \frac{P_{max}}{2}$,et déduire la valeur de $t_{1/2}$.

7.2. Monter que l'expression de la vitesse volumique s'écrit: $v(t) = \frac{x_{max}}{V.P_{max}} \frac{dP(t)}{dt}$

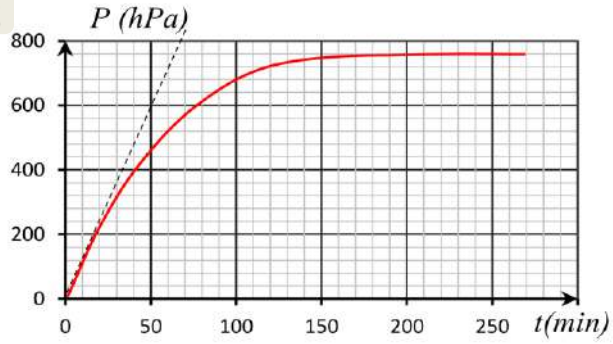
7.3. Vérifier que la valeur la vitesse volumique de la réaction à l'instant t_0 =0 est :

$$v_0 = 1{,}93.\ 10^{-3}\ mol.L^{-1}.min^{-1}$$

1



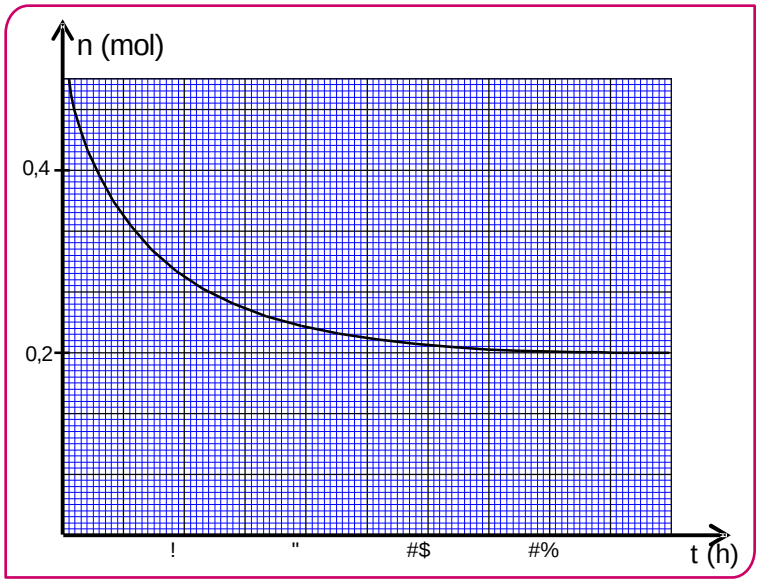
2



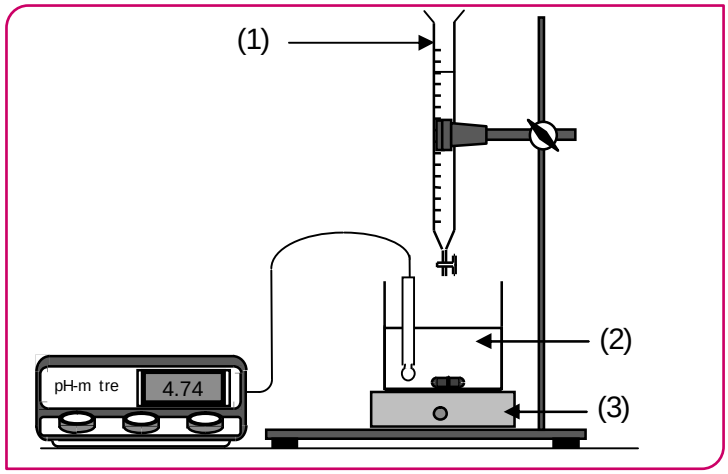
Pour synthétiser l'éthanoate d'éthyle, un technicien de laboratoire a préparé une série de tubes à essai contenant chacun un volume V = 34,5 mL d'éthanol pur et 0,6 mol de l'acide éthanoïque. Après avoir scellé ces tubes, il les a placés simultanément dans un bain-marie régulé à 100°C. Pour suivre l'évolution du système chimique aux divers instants t, le technicien sort un tube du bain- marie et le place dans de l'eau glacée, puis il dose la quantité d'acide restante dans ce tube par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration connue.

La courbe de la figure ci-dessous représente l'évolution de la quantité de matière n de l'acide éthanoïque restante dans le tube en fonction du temps.

Données :
- La masse molaire de l'éthanol:
$M(C_2H_5OH) = 46\,g.mol^{-1}$;
- La masse volumique de l'éthanol : $\rho = 0,8\,g.cm^{-3}$.



1. Quel est l'objectif de l'utilisation de l'eau glacée avant la réalisation du dosage?
2. La figure ci-dessous représente le montage expérimental utilisé pour effectuer un dosage acide-base. Nommer les éléments numérotés sur cette figure.



3. Montrer que le mélange réactionnel dans chaque tube est équimolaire à l'état initial.
4. Ecrire, en utilisant les formules semi développées, l'équation de la réaction produite dans chaque tube.

5. Déterminer, à l'équilibre, la composition du mélange réactionnel dans chaque tube.
6. Montrer que la valeur de la constante d'équilibre est $K = 4$.
7. Le technicien a réalisé de nouveau la même expérience à la même température, en mélangeant cette fois dans chaque tube 0,4 mol d'éthanol et 0,1 mol d'acide éthanoïque.
Trouver, dans ce cas, le rendement r de la réaction.
8. Pour obtenir 100% comme rendement de la synthèse d'éthanoate d'éthyle, le technicien utilise l'anhydride éthanoïque au lieu de l'acide éthanoïque.
Ecrire, en utilisant les formules semi développées, l'équation de la réaction produite.

Un modèle de calcul de la célérité du son dans un gaz diatomique donne la relation suivante :

$$v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot P}{\rho}}$$

Avec P la pression du gaz au repos $\gamma = 1{,}4$ et $\rho = \frac{m}{V}$ la masse volumique du gaz

les valeurs sont en bon accord avec Les valeurs déterminées expérimentalement on admet que ce gaz vérifie la loi des gaz parfaits c'est-à-dire : **P .V= n.R .T**

Où V et le volume occupé par une masse m de gaz de masse molaire M sous la pression P à la température absolue T.

1. L'onde sonore est une onde:

- ❖ Electromagnétique ou mécanique ? Justifier la réponse.
- ❖ Transversale ou longitudinale ? Justifier la réponse.

2. Montrer que l'expression de la célérité s'écrit sous la forme suivante : $\mathbf{V} = \sqrt{\frac{\gamma.R.T}{M}}$

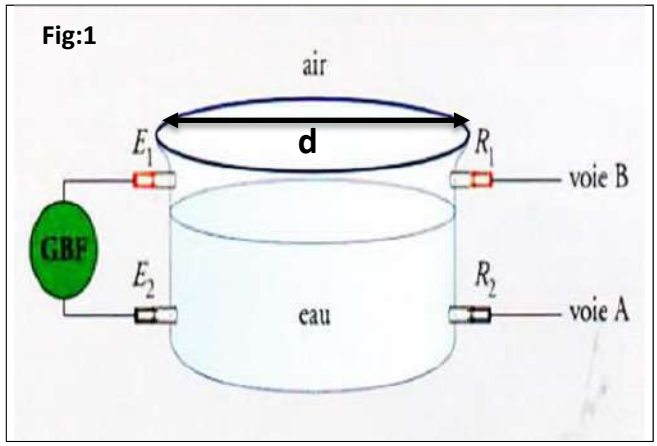
Cette relation peut être utilisée pour répondre à les questions suivantes .

3. Comparer sans calcul la célérité du son dans le gaz dihydrogène $\mathbf{H_2}$ et là célérité du son dans le gaz dioxygène O_2 à la température **20 °c** sachant que $\mathbf{M(O_2) > M(H_2)}$.

4. La célérité du son dans l'air à la température **θ** est **V = 340m /s** .Calculer **T** sachant que la masse molaire de l'air est **M(air)=29g/mol** et **R = 8,31 SI.**

5. Pour comparer les célérités des ultrasons dans l'eau et dans l'air on utilise le dispositif suivant **figure 1** :

Fig:1



Les ultrasons sont des ondes acoustiques dans la célérité et la même que celle du son audible.

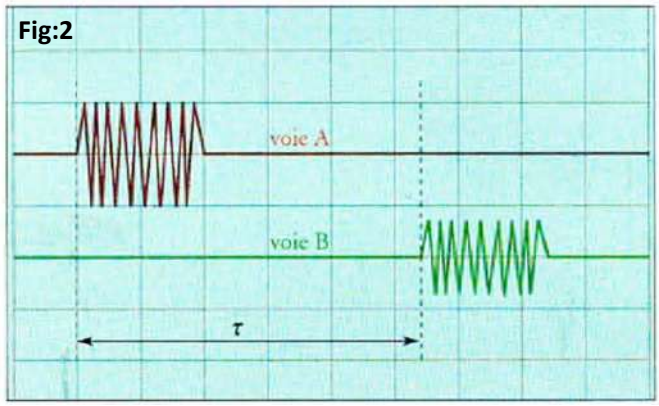
les deux émetteurs d'ultrasons sont synchronisés.

Les voix À et B sont reliés à la carte d'acquisition d'un ordinateur ; elles ont le même coefficient d'amplification. on a obtenu les signaux suivants

5.1. Quelle est la différence entre onde sonore et onde ultrasonore ?

Au cours d'une expérience on a trouvé la valeur du retard temporel **τ** entre les deux ondes reçues **t = 1,14ms** pour une distance **d = 50cm** entre l'émetteur et le récepteur .

Fig:2



5.2. En exploitant la figure 2 déterminer la sensibilité horizontale $\mathbf{S_h}$

5.3. Montrer que l'expression de τ s'écrit sous la forme:

$$\tau = \mathbf{d}.\left(\frac{1}{V_{air}} - \frac{1}{V_{eau}}\right).$$

5.4. Calculer V_{eau} la célérité des ultrasons dans l'eau. On donne $\mathbf{V_{air}}$ **= 340 m/s.**

Exercice 3	Electricite	4.75 points

Les parties 1 ,2 et 3 sont indépendantes

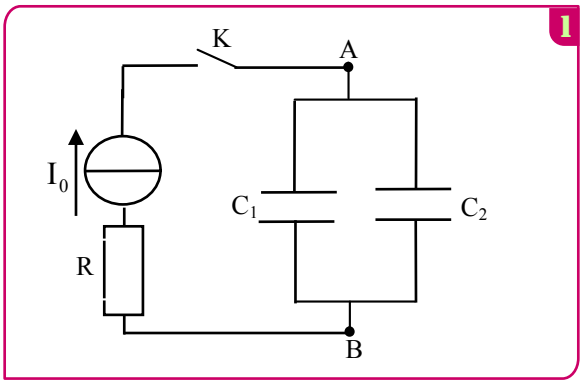
1. En utilisant un générateur de courant

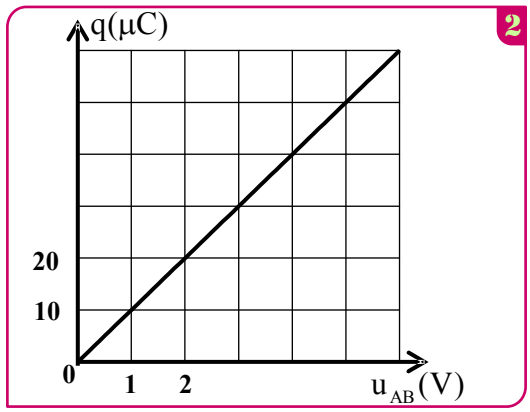
Un premier groupe d'élèves d'une classe réalise, sous les directives du professeur, le montage expérimental de la figure 1 (page suivante) constitué des éléments suivants:

- un générateur idéal de courant qui alimente le circuit par un courant électrique d'intensité I_0;
- un conducteur ohmique de résistance R ;
- deux condensateurs (c_1) et (c_2) montés en parallèle, respectivement de capacités $C_1 = 7{,}5\,\mu F$ et C_2 inconnue ;

- un interrupteur K.

À l'instant $t_0 = 0$, un élève ferme le circuit. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la charge q du condensateur équivalent à l'association des deux condensateurs (c_1) et (c_2) en fonction de la tension u_{AB} (figure 2).





1. Quel est l'intérêt de monter des condensateurs en parallèle ?

2. En exploitant la courbe de la figure 2, déterminer la valeur de la capacité C_{eq} du condensateur équivalent aux deux condensateurs (c_1) et (c_2) .

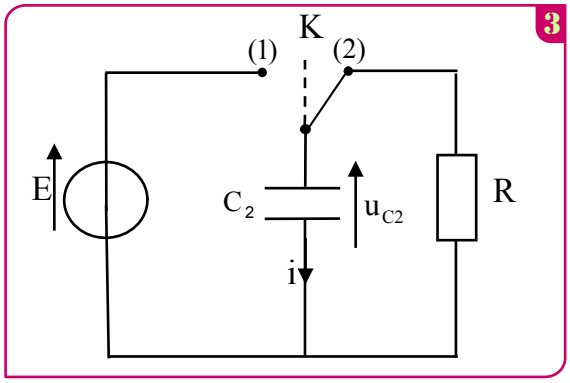
3. En déduire la valeur de la capacité C_2 .

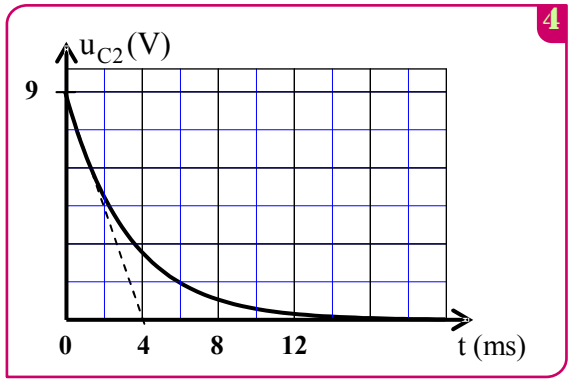
2. En étudiant la réponse du dipôle RC à un échelon de tension

Un deuxième groupe d'élèves de la même classe réalise le montage représenté par la figure 3 constitué par :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 1600\,\Omega$; - Le condensateur précédent de capacité C_2 ;
- Un interrupteur K à double position.

Après avoir chargé totalement le condensateur, un élève bascule l'interrupteur K sur la position (2) à l'instant $t_0 = 0$. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la tension $u_{C_2}(t)$ aux bornes du condensateur (figure 4).





1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{C_2}(t)$ au cours de la décharge du condensateur.

2. La solution de cette équation différentielle est de la forme $u_{C_2}(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$. Trouver l'expression de la constante de temps τ en fonction de R et C_2 .

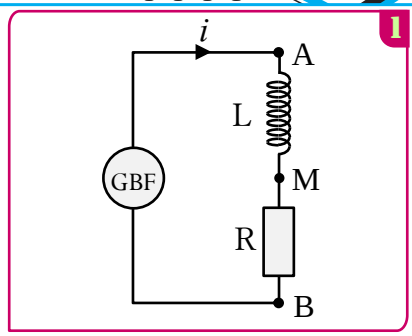
3. Déterminer de nouveau la valeur de la capacité C_2 .

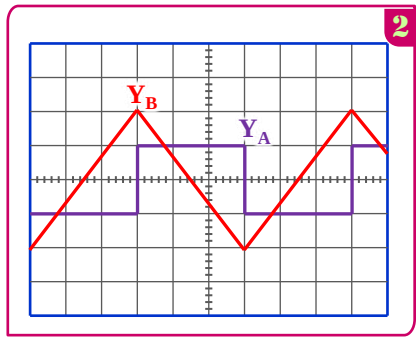
2. Le dipole RL

L'étude électrique ou énergétique de quelques dipôles permet de déterminer certains paramètres qui les caractérisent, et de se rendre compte de leurs effets sur les phénomènes dont ces dipôles sont siège.

Pour déterminer l'inductance L d'une bobine de résistance négligeable, on utilise le montage représenté dans la figure (1), comprenant cette bobine, un conducteur ohmique de résistance $R=1,5.10^3\Omega$, un GBF qui délivre une tension triangulaire de période T et un interrupteur K. On ferme l'interrupteur K à l'instant $t_0=0$, et on visualise à l'aide d'un oscilloscope la tension $u_{AM}(t)$ aux bornes de la bobine, et la tension $u_{BM}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique. On obtient l'oscillogramme de la figure (2)

- sensibilité verticale des deux voies de l'oscilloscope : $2V.div^{-1}$.
- balayage horizontale $0,2\ ms.div^{-1}$





1. Quel est le rôle de la bobine lors de la fermeture du circuit ?

2. Montrer que les tensions $u_{AM}(t)$ et $u_{BM}(t)$ sont liées par la relation $u_{AM}=-\frac{L}{R}.\frac{du_{BM}}{dt}$.

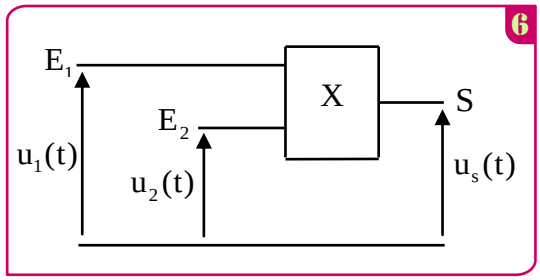
3. En utilisant la figure 1déduire la valeur de L

3- Modulation d'amplitude d'un signal sinusoïdal

Afin d'obtenir un signal modulé en amplitude, on utilise un circuit intégré multiplieur X (fig.6).

On applique à l'entrée :

- E_1 : la tension $u_1(t)=s(t)+U_0$ avec $s(t)=S_m.\cos(2\pi.f_S.t)$ représentant le signal informatif et U_0 une composante continue de la tension.
- E_2 : une tension sinusoïdale représentant la porteuse $u_2(t)=U_m.\cos(2\pi.F_P.t)$.



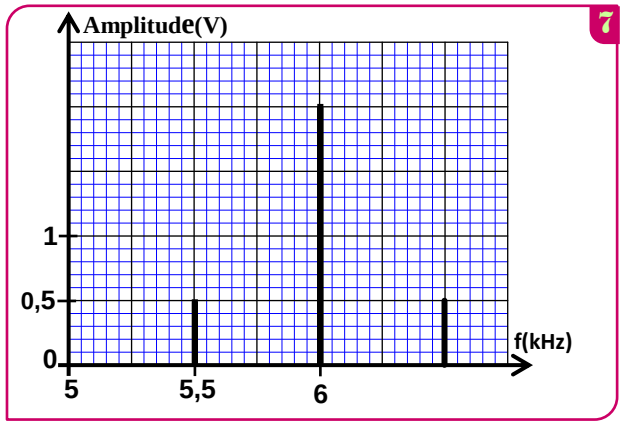
La tension de sortie $u_s(t)$ obtenue est $u_s(t)=k.u_1(t).u_2(t)$;
k est une constante qui dépend du circuit intégré X.

Rappel: $\cos(a).\cos(b)=\frac{1}{2}[\cos(a+b)+\cos(a-b)]$

1. Montrer que $u_s(t)$ s'écrit sous la forme :

$$u_s(t)=\frac{A.m}{2}.\cos(2\pi.f_1.t)+A.\cos(2\pi.f_2.t)+\frac{A.m}{2}.\cos(2\pi.f_3.t)$$

où m est le taux de modulation et A une constante.



2. La figure 7 représente le spectre de fréquences formé de trois raies de la tension modulée $u_s(t)$. Déterminer m et la fréquence f_s .La modulation est-elle bonne ?

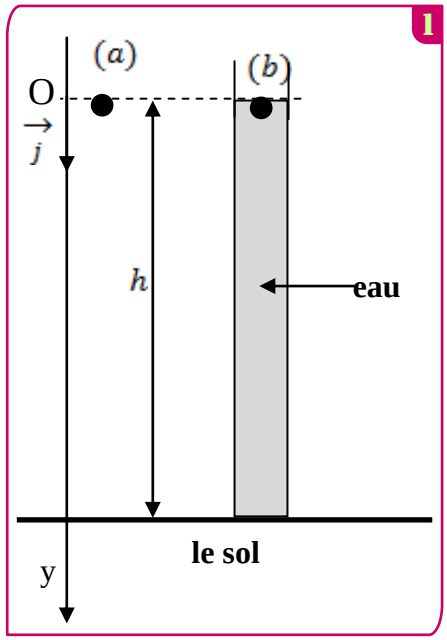
3. Pour une bonne réception du signal modulée, on utilise un circuit bouchon(circuit d'accord) formé d'une bobine d'inductance $L_0=60\,mH$ et de résistance négligeable et de deux condensateurs , montés en série, de capacité $C=10\,\mu F$ et C_0 .Déterminer la valeur de C_0.

Exercice 4 | Mecanique | 5.25points

Partie I :

Zakaryae chriki et Myriam ont décidé de vérifier expérimentalement la déduction de Newton, pour cela ils ont utilisé deux billes en verre (a) et (b) ayant le même volume V et la même masse m .

Ils abandonnent les deux billes au même instant $t=0$ et sans vitesse initiale d'une même hauteur h du sol **(**fig 1**) .**



- Zakaryae chrikia lâché la bille (a) dans l'air
- Myriam a lâché la bille (b) dans un tube transparent contenant de l'eau de hauteur h (fig 1).

A l'aide d'un dispositif convenable Zakaryae et Myriam ont obtenu les résultats suivants :

- La bille (a) atteint le sol à l'instant $t_a = 0,41s$;
- La bille (b) atteint le sol à l'instant $t_b = 1,1s$.

Données : accélération de la pesanteur $g = 9,80 m.s^{-2}$;

$m = 6,0.10^{-3} kg$; $V = 2,57.10^{-6} m^3$;

la masse volumique de l'eau $\rho = 1000 kg.m^{-3}$.

On suppose que la bille (a) n'est soumise au cours de sa chute dans l'air qu' à son poids.

La bille (b) est soumise au cours de sa chute dans l'eau à :

- Son poids d'intensité $P = mg$; - La poussé d'Archimède d'intensité $F_A = \rho.g.V$;

- La force de frottement fluide d'intensité $f = K.v^2$ avec K une constante positive et v vitesse du centre d'inertie de la bille .

1- Étude du mouvement de la bille (a) dans l'air

1. Établir l'équation différentielle que vitrifie la vitesse du centre d'inertie de la bille (a) au cours de la chute**.**

2. Calculer la valeur de la hauteur **h** .

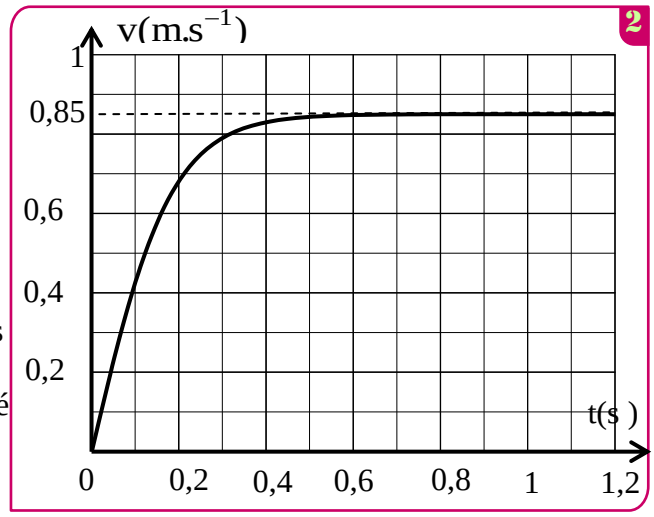
2- Étude du mouvement de la bille (b) dans l'eau

Myriam a enregistré à l'aide d'un dispositif convenable L'évolution de la vitesse de la bille (b) au cours du temps ; Elle a obtenu le graphe représenté dans la figure 2.

3. Établir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse du centre d'inertie de la bille (b) au cours de sa chute dans l'eau en fonction des donnés du texte.

4. A l'aide du graphe de la figure 2,déterminer la valeur de la constant K.

5. Trouver l'expression de l'accélération a_0 du centre d'inertie de la bille (b) à l'instant t = 0 en fonction de g , V , ρ et m . Déterminer le temps caractéristique du mouvement de la bille (b) .



3- la différence entre les durées de chute

Zakaryae chriki et Myriam ont répété leur expérience dans les Conditions précédentes mais cette fois la hauteur D'eau dans le tube est H = 2h .Zakaraye et Myriam ont libéré des deux billes (a) et (b) sans vitesse initiale au même instant $t = 0$ du même hauteur H = 2h.

6. Exprimer Δt qui sépare l'arrivé des deux billes (a) et (b) au sol en fonction de t_a , t_b , g, h et v_0 .

Calculer la valeur de Δt

Partie II : **Détermination du rayon de l'orbite de la lune autour de la terre.**

Le but de cette partie est de déterminer la distance Terre-Lune à partir de l'étude du mouvement de la Terre autour du Soleil et du mouvement de la Lune autour de la Terre.

Dans chaque cas, l'étude du mouvement se fait dans un référentiel considéré galiléen.

On considère que :

- le Soleil, la Terre et la Lune présentent une répartition de masse à symétrie sphérique.
- la Lune n'est soumise qu'à la force de gravitation universelle appliquée par la Terre .
- la Terre n'est soumise qu'à la force de gravitation universelle appliquée par le Soleil .

Données :

- La période de révolution du centre d'inertie G de la Terre autour du soleil : $T = 365,25$ jours ,
- La période de révolution du centre d'inertie G' de la Lune autour de la Terre : $T' = 27,32$ jours ,
- On considère que **:-** dans le référentiel héliocentrique , la trajectoire du centre G est assimilée à un cercle de rayon $R=1,49.10^8$ km centré sur le centre d'inertie du soleil .

  -dans le référentiel géocentrique, la trajectoire du centre G' est assimilée à un cercle de rayon r centré sur le centre G .

On note : M la masse du Soleil, m la masse de la Terre et m' celle de la Lune. On prend $\frac{M}{m} = 3,35.10^5$

1- Définir le référentiel géocentrique.

2- Choisir la proposition juste parmi les affirmations suivantes :

a-La constante de gravitation universelle s'exprime en $m.s^{-2}$.

b-Le vecteur accélération du centre G de la terre est tangent à son orbite circulaire autour du Soleil.

c-Dans un mouvement circulaire uniforme, le vecteur accélération a une direction constante.

d-La vitesse du mouvement circulaire uniforme d'une planète autour du Soleil ne dépend pas de la masse de la planète.

3-Donner l'expression vectorielle de la force d'attraction gravitationnelle exercée par le soleil sur la Terre, dans la base de Freinet $(\vec{u},\vec{n})$.

4-En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que le mouvement du centre d'inertie G de la Terre autour du soleil est circulaire uniforme.

5-Etablir la relation traduisant la troisième loi de Kepler relative au mouvement du centre d'inertie G de la Terre autour du soleil.

6 -Trouver l'expression du rayon r en fonction de m, M, T, T' et R et calculer sa valeur.

CHIMIE : EXERCICE 1 (7 points)

Suivi temporel d'une réaction et Synthèse organique

Partie 1 : Suivi temporel d'une transformation chimique

1. Technique de suivi temporel Puisque la réaction produit un gaz (le dihydrogène $H_{2(g)}$) dans une enceinte fermée, on peut suivre l'évolution temporelle de cette réaction par **manométrie** (mesure de la pression du gaz au cours du temps).

2. Équation bilan de la réaction Les couples mis en jeu sont $Zn^{2+}/Zn_{(s)}$ et $H_3O^+/H_{2(g)}$.

— Oxydation du Zinc : $Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

— Réduction des ions oxonium : $2H_3O^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

$$Zn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

3. Quantités de matière initiales D'après les données de l'énoncé :

$$n_i(H_3O^+) = C_A \cdot V_A = 0,4\,\text{mol/L} \times 75,0 \cdot 10^{-3}\,\text{L} \implies n_i(H_3O^+) = 0,030\,\textbf{mol}$$

$$n_i(Zn) = \frac{m}{M(Zn)} = \frac{0,6\,\text{g}}{65,4\,\text{g/mol}} \implies n_i(Zn) \approx 9,17 \cdot 10^{-3}\,\textbf{mol}$$

4. Tableau d'avancement et réactif limitant

État	**Avancement**	$Zn_{(s)}$	$2H_3O^+_{(aq)}$	$Zn^{2+}_{(aq)}$	$H_{2(g)}$	$2H_2O_{(l)}$
Initial	0	$0,00917$	$0,030$	0	0	Excès
En cours	x	$0,00917 - x$	$0,030 - 2x$	x	x	Excès
Final	x_{max}	$0,00917 - x_{max}$	$0,030 - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	Excès

Détermination du réactif limitant :

— Si Zn est limitant : $0,00917 - x_{max1} = 0 \implies x_{max1} = 9,17 \cdot 10^{-3}$ mol.

— Si H_3O^+ est limitant : $0,030 - 2x_{max2} = 0 \implies x_{max2} = 0,015$ mol.

Puisque $x_{max1} < x_{max2}$, **le réactif limitant est le Zinc** (Zn) et l'avancement maximal est $x_{max} = 9,17 \cdot 10^{-3}$ **mol**.

5. Expression de l'avancement $x(t)$ D'après le tableau d'avancement, la quantité de matière de gaz formée est $n(H_2) = x(t)$. En appliquant l'équation d'état des gaz parfaits : $P(t) \cdot V_{gaz} = n(H_2) \cdot R \cdot T = x(t) \cdot R \cdot T$.

$$x(t) = \frac{P(t) \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}$$

6. Montrer que $x(t) = x_{max}\frac{P(t)}{P_{max}}$ À l'état final, la réaction est totale, donc $x = x_{max}$ et la pression atteint sa valeur maximale P_{max}.

$$x_{max} = \frac{P_{max} \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}$$

En faisant le rapport des deux expressions $\frac{x(t)}{x_{max}}$:

$$\frac{x(t)}{x_{max}} = \frac{\frac{P(t) \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}}{\frac{P_{max} \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}} = \frac{P(t)}{P_{max}} \implies x(t) = x_{max}\frac{P(t)}{P_{max}}$$

---

7. Exploitation de la courbe de pression

7.1. Expression et valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$ Par définition, à $t = t_{1/2}$, l'avancement est $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$. En utilisant l'expression démontrée à la question 6 :

$$\frac{x_{max}}{2} = x_{max}\frac{P(t_{1/2})}{P_{max}} \implies \frac{1}{2} = \frac{P(t_{1/2})}{P_{max}} \implies P(t_{1/2}) = \frac{P_{max}}{2}$$

Graphiquement (figure 2), l'asymptote horizontale indique $P_{max} = 760\,\text{hPa}$. On a donc $P(t_{1/2}) = \frac{760}{2} = 380\,\text{hPa}$. Sur l'axe des abscisses, cette pression correspond à $t \approx 3,2$ divisions. Une division valant $12,5$ min $(50/4)$, on trouve :

$$t_{1/2} \approx 40\,\text{min}$$

7.2. Expression de la vitesse volumique $v(t)$ La vitesse volumique est définie par $v(t) = \frac{1}{V_{sol}}\frac{dx(t)}{dt}$. (Avec $V_{sol} = V = 75,0\,\text{mL}$). À partir de $x(t) = x_{max}\frac{P(t)}{P_{max}}$, on dérive par rapport au temps :

$$\frac{dx(t)}{dt} = \frac{x_{max}}{P_{max}}\frac{dP(t)}{dt}$$

En remplaçant dans l'expression de la vitesse volumique :

$$v(t) = \frac{x_{max}}{V \cdot P_{max}}\frac{dP(t)}{dt}$$

7.3. Vérification de la valeur de v_0 À $t = 0$, le terme $\frac{dP}{dt}$ correspond au coefficient directeur de la tangente à l'origine. Sur la figure 2, la tangente passe par

les points $(0, 0)$ et $(50\,\text{min}, 600\,\text{hPa})$.

$$\left(\frac{dP}{dt}\right)_{t=0} = \frac{600 - 0}{50 - 0} = 12\,\text{hPa/min}$$

On effectue l'application numérique avec $V = 0,075\,\text{L}$, $P_{max} = 760\,\text{hPa}$ et $x_{max} = 9,17 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}$:

$$v_0 = \frac{9,17 \cdot 10^{-3}}{0,075 \times 760} \times 12 \approx \frac{0,11004}{57} \approx 1,93 \cdot 10^{-3}\,\text{mol.L}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

$v_0 \approx 1,93 \cdot 10^{-3}\,\text{mol.L}^{-1}\text{.min}^{-1}$ (Valeur vérifiée)

Partie 2 : Synthèse de l'éthanoate d'éthyle

1. Objectif de l'utilisation de l'eau glacée L'ajout d'eau glacée permet de réaliser une **trempe**. L'objectif est de bloquer (ou ralentir considérablement) la réaction d'estérification à un instant précis t, afin de pouvoir doser l'acide restant sans que la composition du mélange ne continue d'évoluer.

2. Nomenclature du montage de dosage En observant la figure du dosage :

- **(1)** : Burette graduée
- **(2)** : Bécher
- **(3)** : Agitateur magnétique

3. Montrer que le mélange est équimolaire à l'état initial On a introduit $n_0(\text{acide}) = 0,6\,\text{mol}$. Calculons la quantité de matière d'éthanol pur introduit. D'après les données : $V = 34,5\,\text{mL}$, $\rho = 0,8\,\text{g.cm}^{-3} = 0,8\,\text{g/mL}$ et $M = 46\,\text{g.mol}^{-1}$.

$$m(\text{éthanol}) = \rho \cdot V = 0,8 \times 34,5 = 27,6\,\text{g}$$

$$n_0(\text{éthanol}) = \frac{m}{M} = \frac{27,6}{46} = 0,6\,\text{mol}$$

Puisque $n_0(\text{acide}) = n_0(\text{éthanol}) = 0,6\,\text{mol}$, **le mélange initial est bien équimolaire**.

4. Équation de la réaction L'acide éthanoïque réagit avec l'éthanol pour former de l'éthanoate d'éthyle et de l'eau :

$$CH_3-COOH + CH_3-CH_2-OH \rightleftharpoons CH_3-COO-CH_2-CH_3 + H_2O$$

5. Composition du mélange à l'équilibre D'après la courbe, la quantité d'acide restante à l'équilibre (asymptote horizontale) est $n_{acide}(eq) = 0,2\,\text{mol}$.

D'après l'équation, $n_{acide}(eq) = n_0 - x_{eq} \implies 0,2 = 0,6 - x_{eq} \implies x_{eq} = 0,4$ mol. La composition à l'équilibre est donc :

- $n(\text{Acide éthanoïque}) = 0,2$ mol
- $n(\text{Éthanol}) = 0,2$ mol
- $n(\text{Éthanoate d'éthyle}) = x_{eq} = 0,4$ mol
- $n(\text{Eau}) = x_{eq} = 0,4$ mol

6. Montrer que $K = 4$ La constante d'équilibre K s'exprime par le quotient de réaction à l'équilibre. Le volume se simplifiant :

$$K = \frac{[Ester]_{eq} \cdot [Eau]_{eq}}{[Acide]_{eq} \cdot [Alcool]_{eq}} = \frac{n_{ester} \cdot n_{eau}}{n_{acide} \cdot n_{alcool}}$$

$$K = \frac{0,4 \times 0,4}{0,2 \times 0,2} = \frac{0,16}{0,04} \implies K = 4$$

7. Rendement avec un mélange non équimolaire Le nouveau mélange initial contient $0,4$ mol d'éthanol et $0,1$ mol d'acide éthanoïque. Le réactif limitant est l'acide ($0,1$ mol $< 0,4$ mol), donc $x_{max} = 0,1$ mol. La température étant la même, K reste égal à 4. Soit x_f l'avancement final :

$$K = \frac{x_f^2}{(0,1 - x_f)(0,4 - x_f)} = 4 \implies x_f^2 = 4(0,04 - 0,5x_f + x_f^2) \implies 3x_f^2 - 2x_f + 0,16 =$$

Résolution de l'équation du second degré : $\Delta = (-2)^2 - 4(3)(0,16) = 4 - 1,92 = 2,08$.

$$x_f = \frac{2 \pm \sqrt{2,08}}{6} \implies x_f = \frac{2 \pm 1,442}{6}$$

La seule solution physiquement acceptable ($x_f < x_{max}$) est $x_f = \frac{2-1,442}{6} \approx 0,093$ mol. Le rendement r est :

$$r = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{0,093}{0,1} \implies r \approx 0,93 \textbf{ soit } 93\%$$

8. Équation de synthèse avec l'anhydride éthanoïque Pour obtenir un rendement de 100%, on utilise un anhydride d'acide car la réaction devient **totale et rapide**. L'anhydride éthanoïque réagit avec l'éthanol pour former l'ester et de l'acide éthanoïque :

$$CH_3 - CO - O - CO - CH_3 + CH_3 - CH_2 - OH \longrightarrow CH_3 - COO - CH_2 - CH_3 + CH_3 - COOH$$

EXERCICE : ONDES SONORES

Étude de la célérité du son et des ultrasons

Modèle de calcul de la célérité du son

1. Nature de l'onde sonore

— L'onde sonore est une **onde mécanique** car elle nécessite un milieu matériel pour se propager (elle ne se propage pas dans le vide).

— L'onde sonore est une **onde longitudinale** car la direction de la perturbation (succession de compressions et de dilatations) est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

2. Expression de la célérité V Le modèle donne la relation : $v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot P}{\rho}}$. La masse volumique s'exprime par $\rho = \frac{m}{V}$. Le gaz vérifie la loi des gaz parfaits : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$. Or, la quantité de matière n est liée à la masse m et à la masse molaire M par $n = \frac{m}{M}$. L'équation des gaz parfaits devient : $P \cdot V = \frac{m}{M} R \cdot T \implies P = \frac{m}{V}\frac{R \cdot T}{M} \implies P = \rho \frac{R \cdot T}{M}$. On en déduit le rapport : $\frac{P}{\rho} = \frac{R \cdot T}{M}$.

En remplaçant dans la première équation :

$$V = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$$

3. Comparaison des célérités dans le dihydrogène et le dioxygène D'après l'expression établie, à une température T donnée, la célérité V est inversement proportionnelle à la racine carrée de la masse molaire M. Puisque l'on sait que $M(O_2) > M(H_2)$, on en déduit que :

La célérité du son dans le dihydrogène est plus grande que dans le dioxygène : $\mathbf{V(H_2) > V(O_2)}$.

4. Calcul de la température T D'après l'expression $V = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$, on isole T : $T = \frac{M \cdot V^2}{\gamma \cdot R}$. A.N. : avec $V = 340\,\text{m/s}$, $M(\text{air}) = 29\,\text{g/mol} = 0,029\,\text{kg/mol}$, $R = 8,31\,\text{SI}$ et $\gamma = 1,4$:

$$T = \frac{0,029 \times (340)^2}{1,4 \times 8,31} = \frac{3352,4}{11,634} \approx 288,15\,\text{K}$$

$$T \approx 288,15\,\text{K} \quad (\text{soit} \approx 15°\text{C})$$

5. Comparaison des célérités dans l'air et l'eau

5.1. Différence entre onde sonore et onde ultrasonore Les ultrasons sont des ondes de même nature que le son, mais leur fréquence est supérieure à 20 kHz (ce qui les rend inaudibles pour l'oreille humaine), tandis que les ondes sonores audibles ont une fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz.

5.2. Sensibilité horizontale S_h Sur l'oscillogramme (figure 2), on observe que le retard τ entre les deux signaux correspond à $5,7$ divisions horizontales. Puisque $\tau = 1,14\,\text{ms}$:

$$S_h = \frac{\tau}{\text{Nombre de div}} = \frac{1,14\,\text{ms}}{5,7\,\text{div}}$$

$$S_h = 0,2\,\text{ms/div}$$

5.3. Expression du retard τ Soit t_{air} la durée de propagation de l'onde dans l'air : $t_{\text{air}} = \frac{d}{V_{\text{air}}}$. Soit t_{eau} la durée de propagation de l'onde dans l'eau : $t_{\text{eau}} = \frac{d}{V_{\text{eau}}}$. La vitesse dans l'eau étant supérieure à la vitesse dans l'air, le signal dans l'eau arrive en premier, donc $t_{\text{eau}} < t_{\text{air}}$. Le retard τ s'exprime par la différence :

$$\tau = t_{\text{air}} - t_{\text{eau}} = \frac{d}{V_{\text{air}}} - \frac{d}{V_{\text{eau}}}$$

En factorisant par la distance d, on obtient bien : $\tau = d \cdot \left(\frac{1}{V_{\text{air}}} - \frac{1}{V_{\text{eau}}}\right)$

5.4. Calcul de la célérité V_{eau} À partir de l'expression précédente, on isole $\frac{1}{V_{\text{eau}}}$:

$$\frac{\tau}{d} = \frac{1}{V_{\text{air}}} - \frac{1}{V_{\text{eau}}} \Longrightarrow \frac{1}{V_{\text{eau}}} = \frac{1}{V_{\text{air}}} - \frac{\tau}{d}$$

A.N. : avec $V_{\text{air}} = 340\,\text{m/s}$, $d = 50\,\text{cm} = 0,5\,\text{m}$ et $\tau = 1,14\,\text{ms} = 1,14 \cdot 10^{-3}\,\text{s}$.

$$\frac{1}{V_{\text{eau}}} = \frac{1}{340} - \frac{1,14 \cdot 10^{-3}}{0,5} \approx 0,002941 - 0,002280 = 0,000661\,\text{s/m}$$

$$V_{\text{eau}} = \frac{1}{0,000661} \approx 1512,8\,\text{m/s}$$

$$V_{\text{eau}} \approx 1513\,\text{m/s}$$

EXERCICE 3 : ÉLECTRICITÉ (4,75 points)

Charge de condensateurs à courant constant et décharge d'un dipôle RC

1. Utilisation d'un générateur de courant

1. Intérêt de monter des condensateurs en parallèle Monter des condensateurs en parallèle permet d'augmenter la capacité équivalente du circuit ($C_{eq} = C_1 + C_2 + ...$).

2. Capacité équivalente C_{eq} Le graphique (figure 2) montre une droite passant par l'origine, ce qui illustre la relation proportionnelle : $q = C_{eq} \cdot u_{AB}$. La pente de cette droite donne la capacité équivalente $C_{eq} = \frac{\Delta q}{\Delta u_{AB}}$. En choisissant le point de coordonnées ($u_{AB} = 2\,\text{V}$; $q = 20\,\mu\text{C}$) :

$$C_{eq} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{2} = 10 \cdot 10^{-6}\,\text{F}$$

$$C_{eq} = 10\,\mu\text{F}$$

3. Déduction de la capacité C_2 Pour des condensateurs montés en parallèle, la capacité équivalente est la somme des capacités individuelles : $C_{eq} = C_1 + C_2$. Sachant que $C_1 = 7,5\,\mu\text{F}$:

$$C_2 = C_{eq} - C_1 = 10 - 7,5$$

$$C_2 = 2,5\,\mu\text{F}$$

2. Réponse du dipôle RC à un échelon de tension

1. Équation différentielle au cours de la décharge D'après la loi d'additivité des tensions lors de la décharge (circuit fermé ne contenant pas de générateur) :

$$u_{C_2} + u_R = 0$$

D'après la loi d'Ohm, la tension aux bornes du résistor est $u_R = R \cdot i$. Le courant est lié à la charge par $i = \frac{dq}{dt}$, et avec $q = C_2 \cdot u_{C_2}$, on a $i = C_2 \frac{du_{C_2}}{dt}$. En remplaçant dans la première équation :

$$R \cdot C_2 \frac{du_{C_2}}{dt} + u_{C_2} = 0$$

2. Expression de la constante de temps τ On donne la solution $u_{C_2}(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$. En dérivant cette solution par rapport au temps : $\frac{du_{C_2}}{dt} = -\frac{E}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$. On remplace dans l'équation différentielle :

$$R \cdot C_2 \left(-\frac{E}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \right) + E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

En factorisant par $E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$:

$$E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \left(1 - \frac{R \cdot C_2}{\tau}\right) = 0$$

Puisque $E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ n'est pas nul à tout instant, il faut nécessairement que :

$$\tau = R \cdot C_2$$

3. Nouvelle détermination de la capacité C_2 D'après la figure 4, l'intersection de la tangente à l'origine avec l'axe des abscisses donne la constante de temps τ. On lit graphiquement : $\tau = 4\,\text{ms} = 4 \cdot 10^{-3}\,\text{s}$. Connaissant $R = 1600\,\Omega$, on peut déterminer C_2 :

$$C_2 = \frac{\tau}{R} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{1600} = 2,5 \cdot 10^{-6}\,\text{F}$$

$C_2 = 2,5\,\mu\text{F}$ (La valeur est bien confirmée)

2. Le dipôle RL

Détermination de l'inductance d'une bobine

Analyse du circuit RL soumis à une tension triangulaire

1. Rôle de la bobine lors de la fermeture du circuit

La bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant électrique dans le circuit. Lors de la fermeture, elle retarde l'établissement du courant.

---

2. Relation entre $\mathbf{u_{AM}(t)}$ et $\mathbf{u_{BM}(t)}$

D'après le schéma du montage (figure 1), le courant i circule du point A vers le point B. La tension u_{BM} mesurée aux bornes du conducteur ohmique s'écrit, par définition :

$$u_{BM} = V_B - V_M$$

Cependant, selon la convention récepteur, la tension aux bornes de la résistance (flèche opposée au courant) est $u_R = V_M - V_B = R \cdot i$. On en déduit que :

$$u_{BM} = -u_R = -R \cdot i \implies i = -\frac{u_{BM}}{R}$$

La tension u_{AM} mesurée aux bornes de la bobine (de résistance interne négli-

geable) est :

$$u_{AM} = V_A - V_M = L\frac{di}{dt}$$

En remplaçant l'expression de i dans cette équation, on obtient :

$$u_{AM} = L\frac{d}{dt}\left(-\frac{u_{BM}}{R}\right) = -\frac{L}{R}\frac{du_{BM}}{dt}$$

$$u_{AM} = -\frac{L}{R}\frac{du_{BM}}{dt}$$

---

3. Déduction de la valeur de L

On exploite l'oscillogramme (figure 2). La voie Y_B visualise la tension u_{BM} (signal triangulaire) et la voie Y_A visualise la tension u_{AM} (signal en créneaux). Considérons une demi-période où la tension u_{BM} est croissante :

— **Calcul de la pente $\frac{du_{BM}}{dt}$:** Sur la figure 2, lors de la montée, la tension u_{BM} passe d'un minimum à un maximum. L'écart vertical crête-à-crête est de 6 divisions (de -3 div à $+3$ div). Avec une sensibilité verticale de $2\,\text{V.div}^{-1}$, la variation est $\Delta u_{BM} = 6 \times 2 = 12\,\text{V}$. Cette variation s'effectue sur une durée correspondant à $2,5$ divisions horizontales. Avec un balayage de $0,2\,\text{ms.div}^{-1}$, on a $\Delta t = 2,5 \times 0,2 = 0,5\,\text{ms} = 0,5 \cdot 10^{-3}\,\text{s}$.

$$\frac{du_{BM}}{dt} = \frac{\Delta u_{BM}}{\Delta t} = \frac{12}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 24\,000\,\text{V.s}^{-1}$$

— **Relevé de u_{AM} :** Pendant cette même demi-période (où la pente est positive), la tension u_{AM} (voie Y_A, signal violet) est constante et négative, valant -1 division.

$$u_{AM} = -1 \times 2\,\text{V.div}^{-1} = -2\,\text{V}$$

À partir de la relation établie à la question 2 :

$$L = -R\frac{u_{AM}}{\frac{du_{BM}}{dt}}$$

Avec $R = 1,5 \cdot 10^3\,\Omega$:

$$L = -1500 \times \frac{-2}{24\,000} = \frac{3000}{24\,000} = \frac{3}{24} = 0,125\,\text{H}$$

$$L = 0,125\,\text{H} = 125\,\text{mH}$$

3. Modulation d'amplitude d'un signal sinusoïdal

Étude mathématique, spectrale et circuit de réception

Analyse du signal modulé en amplitude

1. Expression de $u_s(t)$ sous forme d'une somme

Le multiplieur délivre la tension de sortie : $u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$. En remplaçant par les expressions des tensions d'entrée :

$$u_s(t) = k\,(S_m \cos(2\pi f_s t) + U_0) \cdot U_m \cos(2\pi F_p t)$$

On factorise par la composante continue U_0 :

$$u_s(t) = k \cdot U_0 \cdot U_m \left[1 + \frac{S_m}{U_0} \cos(2\pi f_s t)\right] \cos(2\pi F_p t)$$

En posant la constante $A = k \cdot U_0 \cdot U_m$ et le taux de modulation $m = \frac{S_m}{U_0}$:

$$u_s(t) = A\,[1 + m \cos(2\pi f_s t)] \cos(2\pi F_p t)$$

$$u_s(t) = A \cos(2\pi F_p t) + A \cdot m \cos(2\pi f_s t) \cos(2\pi F_p t)$$

On applique la formule trigonométrique rappelée $\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$:

$$u_s(t) = A \cos(2\pi F_p t) + \frac{A \cdot m}{2} \cos\left(2\pi (F_p - f_s) t\right) + \frac{A \cdot m}{2} \cos\left(2\pi (F_p + f_s) t\right)$$

En identifiant les fréquences ($f_2 = F_p$, $f_1 = F_p - f_s$ et $f_3 = F_p + f_s$), on retrouve bien la forme demandée :

$$u_s(t) = \tfrac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi f_1 t) + A \cos(2\pi f_2 t) + \tfrac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi f_3 t)$$

---

2. Détermination de m et de f_s, et qualité de la modulation

Le spectre de fréquences (figure 7) montre trois raies :

- Une raie centrale à la fréquence de la porteuse $F_p = f_2 = 6\,\text{kHz}$, avec une amplitude $A = 1,5\,\text{V}$.
- Deux raies latérales aux fréquences $f_1 = 5,5\,\text{kHz}$ et $f_3 = 6,5\,\text{kHz}$, avec une amplitude $\frac{A \cdot m}{2} = 0,5\,\text{V}$.

Calcul de f_s : On sait que $f_3 = F_p + f_s$, donc :

$$f_s = f_3 - F_p = 6,5 - 6,0 = 0,5\,\text{kHz}$$

$$f_s = 500\,\text{Hz}$$

Calcul de m : À partir de l'amplitude des raies latérales :

$$\frac{A \cdot m}{2} = 0,5 \implies A \cdot m = 1 \implies m = \frac{1}{A}$$

Puisque $A = 1,5\,\text{V}$:

$$m = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3} \approx 0,67$$

$$m \approx 0,67$$

Qualité de la modulation : Pour qu'une modulation soit de bonne qualité (sans surmodulation), deux conditions doivent être vérifiées : 1. Le taux de modulation doit être inférieur à 1 ($m < 1$). Ici, $m \approx 0,67$, la condition est remplie. 2. La fréquence de la porteuse doit être très supérieure à la fréquence du signal modulant ($F_p \gg f_s$). Ici $6000\,\text{Hz} \gg 500\,\text{Hz}$ ($F_p > 10 f_s$), la condition est remplie. **Conclusion : La modulation est bonne.**

---

3. Détermination de la valeur de C_0 pour le circuit bouchon

Pour capter le signal, le circuit bouchon LC doit être accordé sur la fréquence de la porteuse, soit $f_0 = F_p = 6000\,\text{Hz}$. La fréquence propre du circuit est :

$$F_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_{eq}}} \implies F_p^2 = \frac{1}{4\pi^2 L_0 C_{eq}} \implies C_{eq} = \frac{1}{4\pi^2 L_0 F_p^2}$$

Avec $L_0 = 60\,\text{mH} = 60 \cdot 10^{-3}\,\text{H}$ (et en utilisant l'approximation usuelle $\pi^2 \approx 10$) :

$$C_{eq} = \frac{1}{4 \times 10 \times 60 \cdot 10^{-3} \times (6000)^2} = \frac{1}{2,4 \times 36 \cdot 10^6} \approx 1,157 \cdot 10^{-8}\,\text{F}$$

Les deux condensateurs C et C_0 sont montés en série, la capacité équivalente s'écrit donc :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_0} \implies \frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_{eq}} - \frac{1}{C}$$

On a $C = 10\,\mu\text{F} = 10^{-5}\,\text{F}$, soit $\frac{1}{C} = 10^5\,\text{F}^{-1}$.

$$\frac{1}{C_{eq}} = 4\pi^2 L_0 F_p^2 = 4 \times 10 \times 60 \cdot 10^{-3} \times 36 \cdot 10^6 = 86,4 \cdot 10^6\,\text{F}^{-1}$$

$$\frac{1}{C_0} = 86\,400\,000 - 100\,000 = 86\,300\,000\,\text{F}^{-1}$$

$$C_0 = \frac{1}{86\,300\,000} \approx 1,158 \cdot 10^{-8}\,\text{F}$$

$C_0 \approx 11,6\,\text{nF}$

(Note : sans l'approximation $\pi^2 \approx 10$, on trouverait $C_0 \approx 11,7\,\text{nF}$).

[14pt]extarticle [utf8]inputenc [T1]fontenc [french]babel amsmath,amssymb,amsfonts geometry xcolor tikz enumitem [locale=FR, per-mode=symbol, number-unit-product=]siunitx fancyhdr graphicx tcolorbox skins,breakable times

a4paper, margin=2cm

2. Le dipôle RL

Détermination de l'inductance d'une bobine

Analyse du circuit RL soumis à une tension triangulaire

1. Rôle de la bobine lors de la fermeture du circuit

La bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant électrique dans le circuit. Lors de la fermeture, elle retarde l'établissement du courant.

---

2. Relation entre $\mathbf{u_{AM}(t)}$ et $\mathbf{u_{BM}(t)}$

D'après le schéma du montage (figure 1), le courant i circule du point A vers le point B. La tension u_{BM} mesurée aux bornes du conducteur ohmique s'écrit, par définition :

$$u_{BM} = V_B - V_M$$

Cependant, selon la convention récepteur, la tension aux bornes de la résistance (flèche opposée au courant) est $u_R = V_M - V_B = R \cdot i$. On en déduit que :

$$u_{BM} = -u_R = -R \cdot i \implies i = -\frac{u_{BM}}{R}$$

La tension u_{AM} mesurée aux bornes de la bobine (de résistance interne négligeable) est :

$$u_{AM} = V_A - V_M = L\frac{di}{dt}$$

En remplaçant l'expression de i dans cette équation, on obtient :

$$u_{AM} = L\frac{d}{dt}\left(-\frac{u_{BM}}{R}\right) = -\frac{L}{R}\frac{du_{BM}}{dt}$$

$u_{AM} = -\frac{L}{R}\frac{du_{BM}}{dt}$

3. Déduction de la valeur de L

On exploite l'oscillogramme (figure 2). La voie Y_B visualise la tension u_{BM} (signal triangulaire) et la voie Y_A visualise la tension u_{AM} (signal en créneaux). Considérons une demi-période où la tension u_{BM} est croissante :

— **Calcul de la pente $\frac{du_{BM}}{dt}$:** Sur la figure 2, lors de la montée, la tension u_{BM} passe d'un minimum à un maximum. L'écart vertical crête-à-crête est de 6 divisions (de -3 div à $+3$ div). Avec une sensibilité verticale de $2\,\text{V.div}^{-1}$, la variation est $\Delta u_{BM} = 6 \times 2 = 12\,\text{V}$. Cette variation s'effectue sur une durée correspondant à $2,5$ divisions horizontales. Avec un balayage de $0,2\,\text{ms.div}^{-1}$, on a $\Delta t = 2,5 \times 0,2 = 0,5\,\text{ms} = 0,5 \cdot 10^{-3}\,\text{s}$.

$$\frac{du_{BM}}{dt} = \frac{\Delta u_{BM}}{\Delta t} = \frac{12}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 24\,000\,\text{V.s}^{-1}$$

— **Relevé de u_{AM} :** Pendant cette même demi-période (où la pente est positive), la tension u_{AM} (voie Y_A, signal violet) est constante et négative, valant -1 division.

$$u_{AM} = -1 \times 2\,\text{V.div}^{-1} = -2\,\text{V}$$

À partir de la relation établie à la question 2 :

$$L = -R\frac{u_{AM}}{\frac{du_{BM}}{dt}}$$

Avec $R = 1,5 \cdot 10^3\,\Omega$:

$$L = -1500 \times \frac{-2}{24\,000} = \frac{3000}{24\,000} = \frac{3}{24} = 0,125\,\text{H}$$

$$L = 0,125\,\text{H} = 125\,\text{mH}$$

3. Modulation d'amplitude d'un signal sinusoïdal

Étude mathématique, spectrale et circuit de réception

Analyse du signal modulé en amplitude

1. Expression de $u_s(t)$ sous forme d'une somme

Le multiplieur délivre la tension de sortie : $u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$. En remplaçant par les expressions des tensions d'entrée :

$$u_s(t) = k\,(S_m \cos(2\pi f_s t) + U_0) \cdot U_m \cos(2\pi F_p t)$$

On factorise par la composante continue U_0 :

$$u_s(t) = k \cdot U_0 \cdot U_m \left[1 + \frac{S_m}{U_0} \cos(2\pi f_s t)\right] \cos(2\pi F_p t)$$

En posant la constante $A = k \cdot U_0 \cdot U_m$ et le taux de modulation $m = \frac{S_m}{U_0}$:

$$u_s(t) = A\,[1 + m \cos(2\pi f_s t)] \cos(2\pi F_p t)$$

$$u_s(t) = A \cos(2\pi F_p t) + A \cdot m \cos(2\pi f_s t) \cos(2\pi F_p t)$$

On applique la formule trigonométrique rappelée $\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$:

$$u_s(t) = A \cos(2\pi F_p t) + \frac{A \cdot m}{2} \cos\left(2\pi (F_p - f_s) t\right) + \frac{A \cdot m}{2} \cos\left(2\pi (F_p + f_s) t\right)$$

En identifiant les fréquences ($f_2 = F_p$, $f_1 = F_p - f_s$ et $f_3 = F_p + f_s$), on retrouve bien la forme demandée :

$$u_s(t) = \tfrac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi f_1 t) + A \cos(2\pi f_2 t) + \tfrac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi f_3 t)$$

---

2. Détermination de m et de f_s, et qualité de la modulation

Le spectre de fréquences (figure 7) montre trois raies :

- Une raie centrale à la fréquence de la porteuse $F_p = f_2 = 6\,\text{kHz}$, avec une amplitude $A = 1,5\,\text{V}$.
- Deux raies latérales aux fréquences $f_1 = 5,5\,\text{kHz}$ et $f_3 = 6,5\,\text{kHz}$, avec une amplitude $\frac{A \cdot m}{2} = 0,5\,\text{V}$.

Calcul de f_s : On sait que $f_3 = F_p + f_s$, donc :

$$f_s = f_3 - F_p = 6,5 - 6,0 = 0,5\,\text{kHz}$$

$$f_s = 500\,\text{Hz}$$

Calcul de m : À partir de l'amplitude des raies latérales :

$$\frac{A \cdot m}{2} = 0,5 \implies A \cdot m = 1 \implies m = \frac{1}{A}$$

Puisque $A = 1,5\,\text{V}$:

$$m = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3} \approx 0,67$$

$$m \approx 0,67$$

Qualité de la modulation : Pour qu'une modulation soit de bonne qualité (sans surmodulation), deux conditions doivent être vérifiées : 1. Le taux de modulation doit être inférieur à 1 ($m < 1$). Ici, $m \approx 0,67$, la condition est remplie. 2. La fréquence de la porteuse doit être très supérieure à la fréquence du signal modulant ($F_p \gg f_s$). Ici $6000\,\text{Hz} \gg 500\,\text{Hz}$ ($F_p > 10 f_s$), la condition est remplie. **Conclusion : La modulation est bonne.**

---

3. Détermination de la valeur de C_0 pour le circuit bouchon

Pour capter le signal, le circuit bouchon LC doit être accordé sur la fréquence de la porteuse, soit $f_0 = F_p = 6000\,\text{Hz}$. La fréquence propre du circuit est :

$$F_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_{eq}}} \implies F_p^2 = \frac{1}{4\pi^2 L_0 C_{eq}} \implies C_{eq} = \frac{1}{4\pi^2 L_0 F_p^2}$$

Avec $L_0 = 60\,\text{mH} = 60 \cdot 10^{-3}\,\text{H}$ (et en utilisant l'approximation usuelle $\pi^2 \approx 10$) :

$$C_{eq} = \frac{1}{4 \times 10 \times 60 \cdot 10^{-3} \times (6000)^2} = \frac{1}{2,4 \times 36 \cdot 10^6} \approx 1,157 \cdot 10^{-8}\,\text{F}$$

Les deux condensateurs C et C_0 sont montés en série, la capacité équivalente s'écrit donc :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_0} \implies \frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_{eq}} - \frac{1}{C}$$

On a $C = 10\,\mu\text{F} = 10^{-5}\,\text{F}$, soit $\frac{1}{C} = 10^5\,\text{F}^{-1}$.

$$\frac{1}{C_{eq}} = 4\pi^2 L_0 F_p^2 = 4 \times 10 \times 60 \cdot 10^{-3} \times 36 \cdot 10^6 = 86,4 \cdot 10^6\,\text{F}^{-1}$$

$$\frac{1}{C_0} = 86\,400\,000 - 100\,000 = 86\,300\,000\,\text{F}^{-1}$$

$$C_0 = \frac{1}{86\,300\,000} \approx 1,158 \cdot 10^{-8}\,\text{F}$$

$$C_0 \approx 11,6\,\text{nF}$$

(Note : sans l'approximation $\pi^2 \approx 10$, on trouverait $C_0 \approx 11,7\,\text{nF}$).

EXERCICE 4 : MÉCANIQUE

Chute verticale avec et sans frottement, Mouvement planétaire

Partie I : Étude de la chute verticale des billes

1- Étude du mouvement de la bille (a) dans l'air

1. Équation différentielle de la vitesse Le système étudié est la bille (a). Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la bille (a) est soumise uniquement à son poids $\vec{P}$ au cours de sa chute dans l'air. D'après la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$$

En projetant sur l'axe vertical (Oy) orienté vers le bas :

$$a_y = g \implies \frac{dv_a}{dt} = g$$

$$\frac{dv_a}{dt} = 9,80$$

2. Calcul de la valeur de la hauteur h En intégrant l'équation différentielle avec une vitesse initiale nulle à $t = 0$: $v_a(t) = g \cdot t$. En intégrant une seconde fois avec $y(0) = 0$ (origine en O) : $y(t) = \frac{1}{2}g \cdot t^2$. La bille (a) atteint le sol ($y = h$) à l'instant $t_a = 0,41$ s :

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_a^2 = \frac{1}{2} \times 9,80 \times (0,41)^2 \approx 4,9 \times 0,1681$$

$$h \approx 0,82\,\text{m}$$

2- Étude du mouvement de la bille (b) dans l'eau

3. Équation différentielle vérifiée par la vitesse La bille (b) est soumise à trois forces : son poids $\vec{P}$, la poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ et la force de frottement fluide $\vec{f}$. D'après la 2ème loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = m\vec{a}$. Projection sur (Oy) orienté vers le bas : $P - F_A - f = m \cdot a_y$.

$$m \cdot g - \rho \cdot g \cdot V - K \cdot v^2 = m\frac{dv}{dt}$$

En divisant par m, on obtient l'équation différentielle :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v^2 = g\left(1 - \frac{\rho \cdot V}{m}\right)$$

4. Valeur de la constante K En régime permanent, la vitesse limite v_ℓ est constante, donc $\frac{dv_\ell}{dt} = 0$. L'équation devient :

$$\frac{K}{m}v_\ell^2 = g\left(1 - \frac{\rho \cdot V}{m}\right) \implies K = \frac{g(m - \rho \cdot V)}{v_\ell^2}$$

D'après l'asymptote de la figure 2, $v_\ell = 0,85\,\text{m.s}^{-1}$. Calculons d'abord le terme $(m - \rho \cdot V)$ avec $\rho = 1000\,\text{kg.m}^{-3}$, $V = 2,57 \cdot 10^{-6}\,\text{m}^3$ et $m = 6,0 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$:

$$\rho \cdot V = 1000 \times 2,57 \cdot 10^{-6} = 2,57 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$$

$$K = \frac{9,80 \times (6,0 \cdot 10^{-3} - 2,57 \cdot 10^{-3})}{(0,85)^2} = \frac{9,80 \times 3,43 \cdot 10^{-3}}{0,7225} = \frac{0,033614}{0,7225}$$

$$K \approx 0,0465\,\text{kg.m}^{-1}$$

5. Accélération a_0 et temps caractéristique τ À l'instant $t = 0$, la vitesse est nulle ($v = 0$). L'équation différentielle donne :

$$a_0 = \left(\frac{dv}{dt}\right)_{t=0} = g\left(1 - \frac{\rho \cdot V}{m}\right)$$

Application numérique : $a_0 = 9,80 \times \left(1 - \frac{2,57}{6,0}\right) \approx 9,80 \times 0,5717 \approx 5,60\,\text{m.s}^{-2}$. Le temps caractéristique τ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote $v = v_\ell$. L'équation de la tangente est $v = a_0 \cdot t$. À $v = v_\ell$, $t = \tau = \frac{v_\ell}{a_0} = \frac{0,85}{5,60} \approx 0,15\,\text{s}$. (Valeur vérifiable graphiquement sur la figure 2).

$$a_0 = g(1 - \tfrac{\rho \cdot V}{m}) \approx 5,60\,\text{m.s}^{-2} \quad \text{et} \quad \tau \approx 0,15\,\text{s}$$

3- La différence entre les durées de chute

6. Expression et calcul de Δt La nouvelle hauteur est $H = 2h$.

- **Pour la bille (a) :** Elle est en chute libre. La nouvelle durée t'_a vérifie $2h = \frac{1}{2}g(t'_a)^2$. Sachant que $h = \frac{1}{2}gt_a^2$, on a $(t'_a)^2 = 2t_a^2 \implies t'_a = t_a\sqrt{2}$.
- **Pour la bille (b) :** Elle a parcouru la hauteur h en $t_b = 1,1\,\text{s}$. Puisque $\tau \approx 0,15\,\text{s}$, le régime permanent (vitesse constante $v_\ell = 0,85\,\text{m.s}^{-1}$) est largement atteint à $t = 1,1\,\text{s}$ (car $5\tau \approx 0,75\,\text{s} < 1,1\,\text{s}$). La distance restante h est donc parcourue à la vitesse constante v_ℓ. Le temps supplémentaire est $\Delta t_b = \frac{h}{v_\ell}$. La durée totale est $t'_b = t_b + \frac{h}{v_\ell}$.

L'écart de temps est $\Delta t = t'_b - t'_a = \left(t_b + \frac{h}{v_\ell}\right) - t_a\sqrt{2}$. Calcul numérique : $t'_a = 0,41 \times \sqrt{2} \approx 0,58\,\text{s}$. $t'_b = 1,1 + \frac{0,82}{0,85} \approx 1,1 + 0,965 = 2,065\,\text{s}$.

$$\Delta t = 2,065 - 0,58 = 1,485\,\text{s}$$

$$\Delta t \;=\; t_b + \frac{h}{v_\ell} - t_a\sqrt{2} \;\approx\; 1,49\,\text{s}$$

Partie II : Détermination du rayon de l'orbite de la lune

1. Définir le référentiel géocentrique Le référentiel géocentrique est un référentiel dont l'origine coïncide avec le centre d'inertie de la Terre, et dont les trois axes pointent vers des étoiles lointaines considérées comme fixes. Il est supposé galiléen pour l'étude des satellites terrestres comme la Lune.

2. Proposition juste La proposition juste est la **d** : "La vitesse du mouvement circulaire uniforme d'une planète autour du Soleil ne dépend pas de la masse de la planète". (En effet, $v = \sqrt{\frac{G\cdot M_{soleil}}{r}}$).

3. Expression vectorielle de la force d'attraction Dans la base de Frenet $(\vec{u}, \vec{n})$ où $\vec{n}$ est le vecteur unitaire normal dirigé vers le centre attracteur (Soleil), la force exercée par le Soleil de masse M sur la Terre de masse m est :

$$\vec{F} \;=\; G\frac{M\cdot m}{R^2}\vec{n}$$

4. Mouvement circulaire uniforme En appliquant la deuxième loi de Newton à la Terre : $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G \implies G\frac{M\cdot m}{R^2}\vec{n} = m\vec{a}_G$. Dans le repère de Frenet, $\vec{a}_G = \frac{dv}{dt}\vec{u} + \frac{v^2}{R}\vec{n}$. Par identification : $\frac{dv}{dt} = 0$, donc la vitesse v est **constante** (mouvement uniforme). Le vecteur accélération est purement normal (centripète) $\vec{a}_G = \frac{G\cdot M}{R^2}\vec{n}$, ce qui confirme la trajectoire circulaire de rayon R.

5. Troisième loi de Kepler Pour le mouvement de la Terre autour du Soleil, $v = \frac{2\pi R}{T}$. Or on sait que $\frac{v^2}{R} = \frac{G\cdot M}{R^2} \implies v^2 = \frac{G\cdot M}{R}$. En égalisant les deux expressions : $\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 = \frac{G\cdot M}{R} \implies \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{G\cdot M}{R}$.

$$\frac{T^2}{R^3} \;=\; \frac{4\pi^2}{G\cdot M}$$

6. Expression et calcul du rayon r De manière analogue, pour la Lune en orbite de rayon r et de période T' autour de la Terre de masse m, on a : $\frac{T'^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G\cdot m}$. On exprime G depuis l'équation de la Terre : $G = \frac{4\pi^2 R^3}{M\cdot T^2}$. On injecte dans l'équation de la Lune :

$$\frac{T'^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{m}\left(\frac{M\cdot T^2}{4\pi^2 R^3}\right) = \frac{M\cdot T^2}{m\cdot R^3}$$

En isolant r^3 : $r^3 = R^3\frac{m}{M}\left(\frac{T'}{T}\right)^2 \implies r = R\cdot\left[\frac{m}{M}\left(\frac{T'}{T}\right)^2\right]^{1/3}$. Application numérique : $R = 1,49\cdot 10^8$ km, $T = 365,25$ jours, $T' = 27,32$ jours, et le

rapport de masse $\frac{M}{m} = 3,35 \cdot 10^5 \implies \frac{m}{M} = \frac{1}{3{,}35 \cdot 10^5}$.

$$r = 1,49 \cdot 10^8 \times \left[\frac{1}{3,35 \cdot 10^5} \times \left(\frac{27,32}{365,25} \right)^2 \right]^{1/3}$$

$$r = 1,49 \cdot 10^8 \times \left[2,985 \cdot 10^{-6} \times (0,07479)^2 \right]^{1/3} \approx 1,49 \cdot 10^8 \times (1,67 \cdot 10^{-8})^{1/3}$$

$$r \approx 1,49 \cdot 10^8 \times 0,002556 \approx 380\,844 \text{ km}$$

$$r = R \left[\frac{m}{M} \left(\frac{T'}{T} \right)^2 \right]^{1/3} \approx 3,81 \cdot 10^5 \text{ km}$$

الصفحة 1 / 9

الامتحان التجريبي الموحد 2023

المسالك الدولية

دورة 2023

– الموضوع –

IPEP | Mr SABOUR

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

3h	مدة الإنجاز	الفيزياء والكيمياء	المادة
7	المعامل	شعبة العلوم التجريبية: مسلك العلوم الفيزيائية - خيار فرنسية	الشعبة أو المسلك

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte quatre exercices

Chimie (7 points):

- Dosage de l'acide éthanoïque (3,5pts)

-synthèse d'un ester (3,5pts)

Radioactivité (3,5 points):

Radioactivité du Radon (3pts)

Eléctricité (5 points):

- Charge d'un condensateur (1,25pts)
- Oscillations libres dans un circuit LC série (2pts)
- Réception d'une onde modulée en amplitude (1,75pts)

Mécanique (5 points):

- Etude du mouvement d'un système mécanique (2,5pts)
- Etude du mouvement d'une particule chargé dans un champs magnétique uniforme (2,5pts)

Barème

Baccalauréat BLANC en physique chimie pour les élèves de l'IPEP 2023

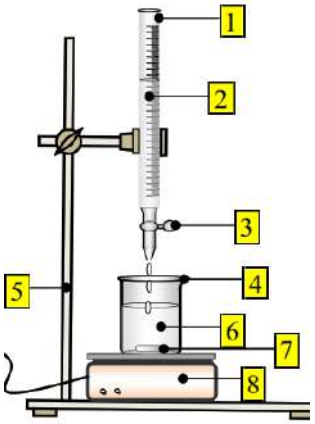
CHIMIE (7points)

L'acide éthanoïque de masse molaire $M_A = 60g/mol$ connu, sous le nom d'acide acétique, est utilisé comme conservateur des aliments et des boissons, dans la fabrication du vinaigre, pour traiter les infections , ainsi que dans la production des ester qui sont des arômes artificiels dans l'industrie alimentaire et la parfumerie. Dans le cadre de cette étude, nous avons comme objectif de déterminer le degré d'acidité d'un vinaigre ainsi que la synthèse d'un ester

Partie I :Détermination du degré d'acidité du vinaigre (3,5 points) On dose un volume $V_A = 10mL$ d'une solution S_A de concentration C_A, par une solution de soude $(Na^+ + HO^-)$ de concentration $C_B = 10^{-1}mol/L$.
La solution S_A à été préparée en diluant 10 fois une solution commerciale de vinaigre.
le suivi du dosage par pH-mètrie nous a permis de tracer la courbe (à la fin de l'exercice) qui représente le $pH = f(V_B)$ ainsi que les concentration des l'acide acétique noté AH et sa base conjuguée notée A^-.

1. Légender le schémas du titrage, en donnant le nom de chaque numéro.

0,5 pt



0,5 pt 2. Écrire l'équation support du dosage et rappeler ses caractéristiques.

0,25 pt 3. Trouver les coordonnées du point d'équivalence (méthode sur la courbe à rendre avec la copie).

0,25 pt 4. Définir l'équivalence et calculer la concentration C_A.

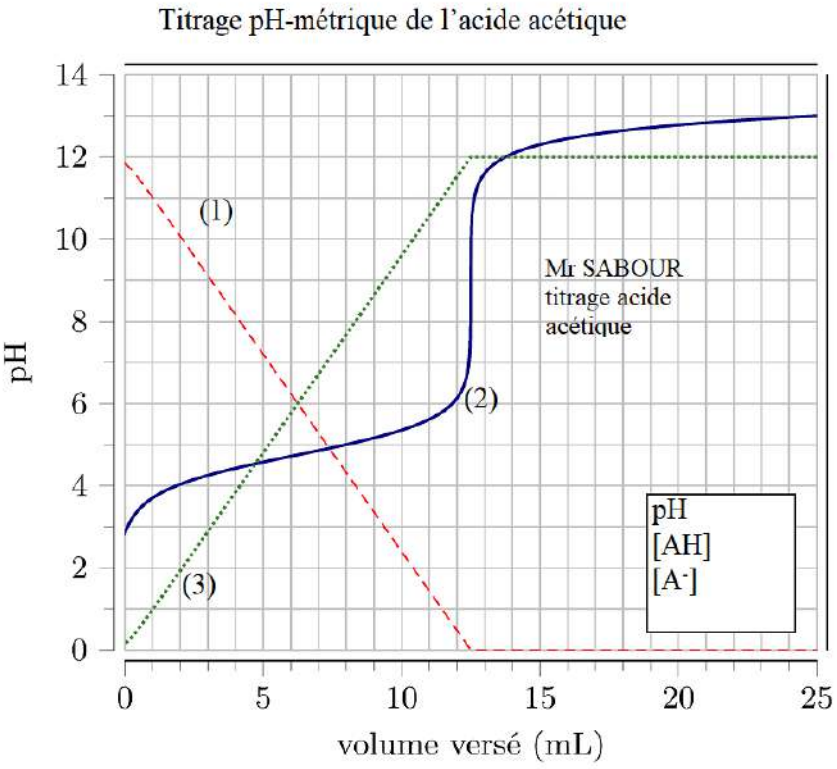
0,25 pt 5. Justifier le caractère acido-basique du mélange obtenu à l'équivalence?

0,75 pt 6. Le degré d'acidité d'un vinaigre est égal à la masse d'acide acétique en gramme, contenue dans 100g du vinaigre? Calculer le degré d'acidité du vinaigre étudié sachant que sa masse volumique est $\rho = 1020kg/m^3$.

0,5 pt 7. Identifier, en justifiant, la courbe qui représente l'acide $[AH]$ et préciser le domaine dans lequel l'acide prédomine.

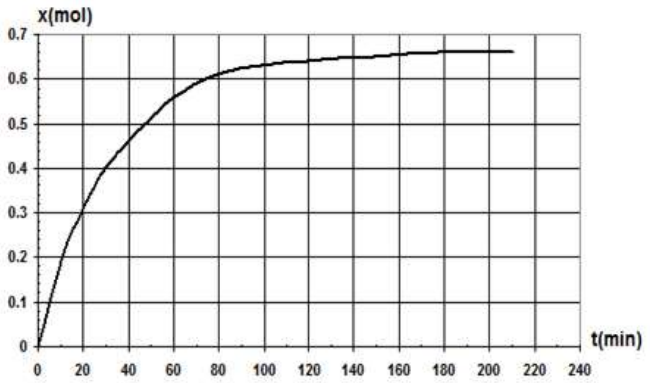
0,5 pt 8. Exploiter les 3 courbes pour déterminer la valeur de la constante d'acidité pK_A , graphiquement. Expliquer clairement la méthode utilisée.

Barème	**NOM :..... prénom :..... Classe :IPEP .....**



PARTIE II: synthèse d'un ester (3,5 points)

On mélange dans un ballon, à la date $t = 0s$, $n_0 = 1mol$ d'un acide acétique de masse volumique $\rho_A = 1,05g.cm^{-3}$ et $n_0 = 1mol$ d'un alcool B de masse molaire $M_B = 46g/mol$ contenant deux atomes de carbone, de masse volumique $\rho_B = 0,789g.cm^{-3}$
On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique(de volume négligeable)concentré et on chauffe à température constante, avec le temps il se forme un ester E. On réalise, au cours du temps, des prélèvements de volume $V = 11,5mL$ grâce auxquels on déduit par titrage, avec une solution de soude, la quantité de matière n_a d'acide restant dans le mélange.
Les résultats ont permis de tracer le graphe, de l'évolution de la quantité de matière totale d'ester formé au cours du temps. (voir figure ci-dessous):



Barème	Baccalauréat BLANC en physique chimie pour les élèves de l'IPEP 2023

0,75 pt

0,5 pt

0,75 pt

0,5 pt

1 pt

1. Écrire l'équation de la réaction d'estérification notée (1) en utilisant les formules semi-développés et nommer l'ester$E$ formé
2. Déterminer le rendement de la transformation (1), comment pourrait-on l'augmenter?
3. On réalise un mélange équimolaire $n = 1mol$ de l'acide acétique ,d'éthanol, d'ester et d'eau de Trouver la composition du mélange lorsque l'équilibre est atteint?
4. Comment évolue la vitesse de la réaction au cours du temps ? pourquoi?
5. Calculer le volume de la solution de soude de concentration $Cb = 2mol.L^{-1}$ qu'on doit verser dans le prélèvement à l'équivalence à la date $t = 2 \times t_{1/2}$. Expliciter clairement la démarche. (méthode sur la courbe à rendre avec la copie).

Radioactivité du Radon (3 points)

Le radon étant un gaz radioactif, l'inhalation prolongée de radon peut augmenter le risque de cancer du poumon, en particulier chez les fumeurs. Il est donc important de surveiller les niveaux de Radon. Le but de cet exercice est d'étudier sa radioactivité et de déterminer sa demi-vie

Le Radon $^{A}_{Z}\text{Rn}$ radioactif α se transforme en polonium $^{A'}_{Z'}\text{Po}$ il est représenté dans le diagramme de Segré (Z, N) (page 4)
Données :La constante d'Avogadro $N_A = 6 \times 10^{23} mol^{-1}$ et $1u = 931,5 Mev/c^2$.

- L'énergie de liaison par nucléon du Radon est: $\xi(^{A}_{Z}\text{Rn}) = 7,98 Mev/nucleon$
- masse du proton $m(p) = 1,0073u$
- masse du neutron $m(n) = 1,0087u$

0,25 pt

1. Remplir le tableau suivant

	noyau père $^{A}_{Z}\text{Rn}$	particule α	noyau fils $^{A'}_{Z'}\text{Po}$
Z			
N			
A			

0,25 pt

2. Représenter par une flèche,cette désintégration naturelle et spontanée dans le diagramme de Segré (page suivante à rendre avec la copie)

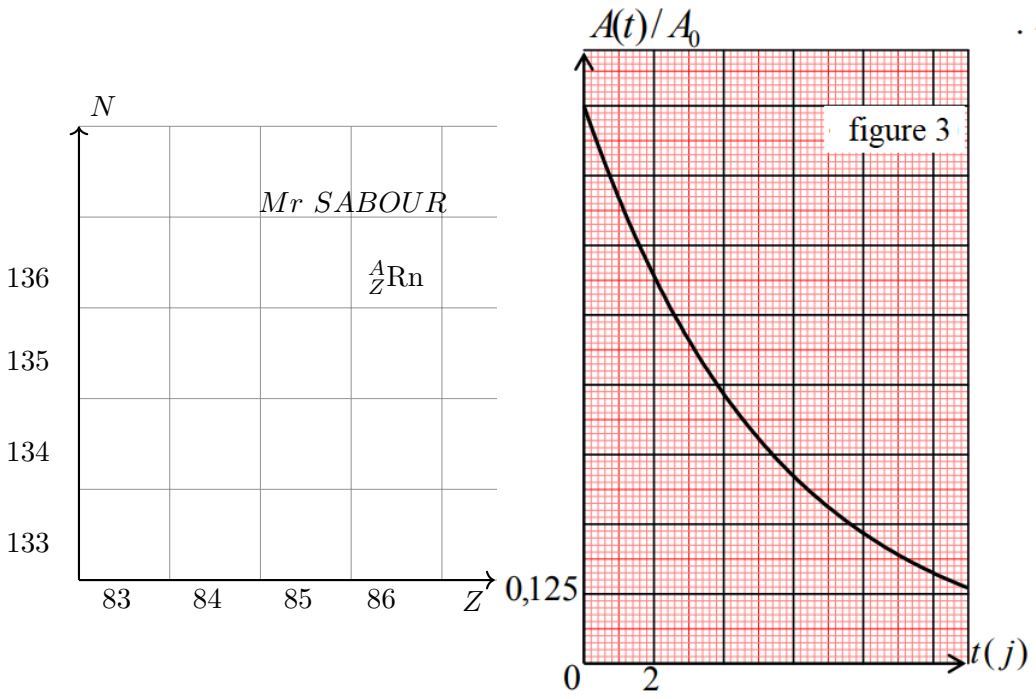
0,5 pt

3. Rappeler la définition de l'énergie de liaison, et trouver la masse d'un noyau de Radon en unité de masse atomique.

0,5 pt

4. Une ampoule contient à la date$t = 0s$ un volume $V = 2cm^3$ du gaz Radon dans les conditions où le volume molaire vaut $V_M = 25L/mol$. On noté $A(t)$ l'activité de l'échantillon à la date t et A_0 son activité initial. La courbe de la (figure 3), représente la variation du rapport $\frac{A(t)}{A_0}$ en fonction du temps (t est en jours).

Barème	**NOM :..... prénom :..... Classe :IPEP .....**



0,25 pt — 4.1 Calculer le nombre de noyaux initial N_0 du Radon .

0,25 pt — 4.2 Écrire la loi de décroissance radioactive et établir l'expression le rapport $\frac{A(t)}{A_0} = f(t)$ en fonction du temps.

0,5 pt — 4.3 Définir le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et calculer sa valeur à partir du graphe .

0,5 pt — 4.4 Trouver la valeur de l'activité A_1 = la date $t_1 = 2t_{1/2}$.

ÉLECTRICITÉ (5 points)

Les condensateurs et les bobines sont deux composants couramment utilisés dans les circuits électroniques, notamment pour, stabiliser les tensions d'alimentation, filtrer les signaux, stocker de l'énergie et créer des oscillateurs.
On se propose, dans cet exercice, de déterminer la capacité d'un condensateur, l'inductance d'une bobine, d'étudier les oscillations électriques et mettre en évidence leur rôle de filtres dans la réception d'un signal modulé en amplitude.

Pour déterminer la capacité C d'un condensateur et l'inductance L d'une bobine on réalise le montage de la figure 1, qui comporte :

- Un générateur idéal de courant qui donne un courant constant d'intensité I_0.
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 500\Omega$, un voltmètre numérique.
- Un condensateur de capacité C initialement non chargé.
- Une bobine idéal d'inductance L et un interrupteur K .

Barème	**Baccalauréat BLANC en physique chimie pour les élèves de l'IPEP 2023**

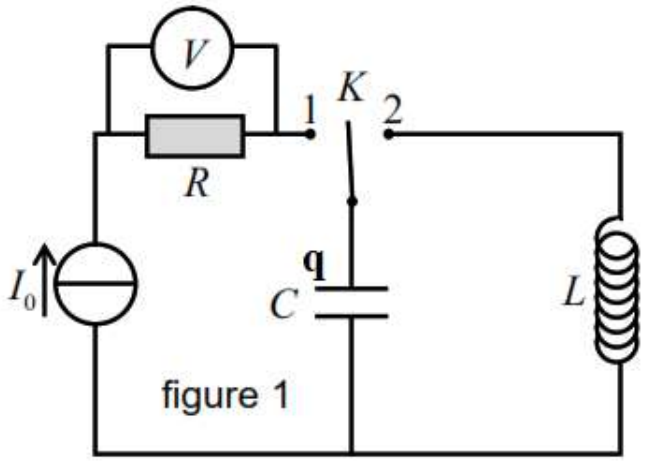


figure 1

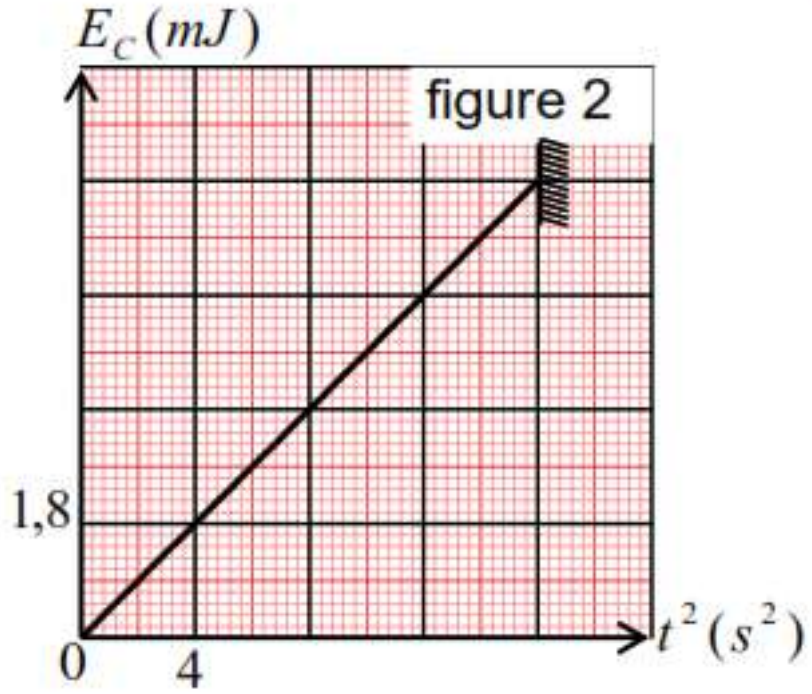
I-Charge du condensateur

A la date $t = 0s$, on bascule l'interrupteur K dans la position (1).
Le suivi de l'évolution de la tension aux bornes du condensateur nous a permis de tracer la courbe qui représente la variation de l'énergie E_C qu'il emmagasine au cours du temps (figure 2).

0,25 pt 1. Sachant que la valeur indiqué par le voltmètre est $V = 150mV$ calculer I_0.

0,5 pt 2. Exprimer l'énergie , E_C, emmagasinée dans le condensateur en fonction de I_0, C et t.

0,5 pt 3. Montrer que $C = 100\mu F$.



Barème	**Baccalauréat BLANC en physique chimie pour les élèves de l'IPEP 2023**

II- oscillations électrique leavevmode

On charge le condensateur de nouveau puis on bascule l'interrupteur K dans la position (2) à une date prise comme nouvelle origine des dates $t = 0s$. la courbe de la figure 3 représente la variation de la charge du condensateur en fonction du temps $q(t)$.

0,5 pt

1. Reproduire le schéma sur votre copie et représenter le courant et les tentions u_C et u_L en convention récepteur puis établir l'équation différentielle vérifiée par $q(t)$.

0,5 pt

2. La solution de l'équation précédente est de la forme :

$$q(t) = Q_m \times \cos(\frac{2\pi}{T_0} \times t + \varphi)$$

Q_m étant l'amplitude et T_0 est la période propre des oscillations .

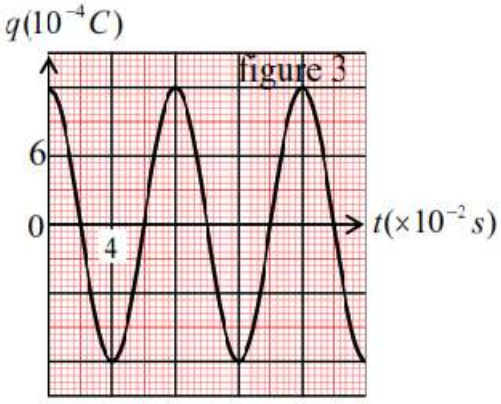
Trouver l'expression de T_0 en fonction de L et C et montrer, par analyse dimensionnelle, qu'elle est homogène à un temps.

0,5 pt

3. Déterminer T_0 graphiquement et vérifier que $L = 1,6H$

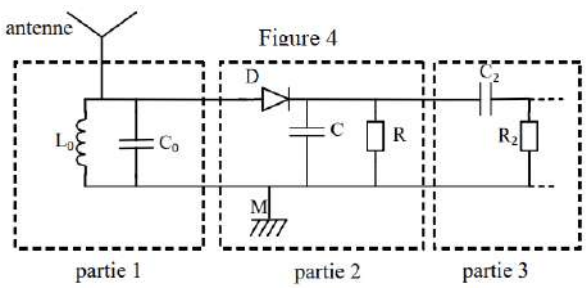
0,5 pt

4. On considère l'intervalle de temps $4 \times 10^{-2}s < t < 6 \times 10^{-2}s$; le condensateur est-il entrain de se charger ou de se décharger? justifier la réponse.



III-Réception d'une onde modulée en amplitude

Pour capter une onde électromagnétique de fréquence $N_0 = 4 \times 10^4 Hz$ modulée en amplitude, et transportant le signal modulant $N = 4KHz$, on utilise le dispositif représenté sur la figure 4:



Barème	**Baccalauréat BLANC en physique chimie pour les élèves de l'IPEP 2023**

0,75 pt

1. Quel est le rôle de chaque partie

0,25 pt

2. Quelle doit être l'inductance L_0 de la bobine pour capter le signal modulée en amplitude si la valeur de la capacité du condensateur est $C_0 = 20nF$

0,75 pt

3. Dans la partie 2 est $C = 20nF$ et le conducteur ohmique est $R = 1k\Omega$, pour avoir un bonne détection d'enveloppe on monte avec le condensateur de capacité $C = 20nF$ un autre condensateur de capacité C' comment doit-on monter les condensateur, en série ou en dérivation?Trouver la (ou les) valeur possible de C'?

   On rappelle que la condition d'une bonne démodulation est :

$$N \leq \frac{1}{\tau} \leq \frac{N_0}{10}$$

   , avec $\tau = R \times C_{eq}$ la constante du temps du filtre.

MECANIQUE (5points)

Les deux parties sont indépendante

partie I : mouvement d'un système mécanique

On modélise une machine qui sert à soulever des charges par un système mécanique représenté sur la figure 1 . Elle est constitué de :

- Un solide (S) de masse $m = 20kg$ susceptible de glisser, sans frottement, sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 45°$ par rapport au plan horizontal
- D'une poulie (P) de rayon $r = 10cm$ et de moment d'inertie $J_\Delta = 5 \times 10^{-3} kg.m^2$, par rapport à l'axe horizontal (Δ) passant par son centre . La poulie est susceptible de tourner autour de l'axe (Δ) sous l'effet d'un couple moteur de moment $M = 22,34N.m$ constant ;
- D'un fil inextensible de masse négligeable qui s'enroule sans glissement sur la gorge de la poulie et attaché au solide (S). On étudie le mouvement du système mécanique: solide(S) ; poulie(P), dans un repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

  On prend l'accélération de la pesanteur $g = 10m.s^{-2}$ et on considère que tous les frottements sont négligeables.

  A la date $t = 0s$ on lâche le système de l'origine des espaces sans vitesse initiale.

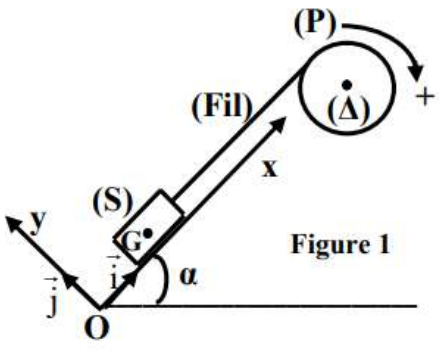


Figure 1

Barème	**Baccalauréat BLANC en physique chimie pour les élèves de l'IPEP 2023**

On repère la position d'un point de la poulie à chaque instant t par son abscisse angulaire θ et la position du centre d'inertie G de (S) par son abscisse x dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

0,75 pt 1. en appliquant la 2ème loi de Newton, trouver la relation (1) entre l'accélération a du solide (S), la tension du fil T, la masse m, g et de l'angle α.(faire un schémas, représenter les forces agissant sur S.

0,75 pt 2. Appliquer la relation fondamentale de la rotation sur la poulie (P) pour trouver la relation(2) entre l'accélération angulaire $\frac{d^2\theta}{dt^2}$, J_Δ, la tension T du fil et le moment du couple moteur M.(schématiser les forces agissant sur la poulie)

0,5 pt 3. A partir des équation (1) et (2), montrer que $a = 4m.s^{-2}$. quel est la nature du mouvement de la poulie

0,5 pt 4. . calculer la vitesse linéaire de S lorsque la poulie fait$n = 10$ tours.

partie II : mouvement d'une particule chargé dans un champ magnétique uniforme

Un préparateur inattentif a oublier de marquer les nom sur 3 échantillons radioactif de faible activités ; une source de Carbone $^{14}_{6}C$ radioactif β^- une autre de Radon $^{222}_{86}Rn$ radioactif α et une troisième de Potassium $^{40}_{19}K$ radioactif β^+. Il prend une source qui émet une particule charge q et de masse m ,et l'oriente sur un filtre de vitesse qui ne laisse passer que les charges ayant une vitesses $\vec{V_0}$ horizontales (de valeur $V_0 = 10^6 m.s^{-1}$) qu'il fait pénétrer dans une zone où règne un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme, perpendiculaire au plan vertical (π). La trajectoire de la particule est un demi-cercle de centre O' et de diamètre OP (figure 2). L'intensité du poids de la particule est négligeable devant celle de la force de Lorentz qui s'exerce sur celle-ci.

0,5 pt 1. Rappeler l'expression vectorielle de la force de Lorentz? l'appliquer pour trouver le signe de la charge q de la particule.

0,75 pt 2. Par application de la deuxième loi de Newton, montrer que le mouvement de la particule est circulaire uniforme dans la zone où règne le champ $\vec{B}$.

0,75 pt 3. Exprimer le diamètre OP en fonction de m , q , B et V_0. identifier la source sachant que OP= 41,5 cm.(détailler les calculs).

0,5 pt 4. Quelles serait la distance P_1P_2 qui séparerait les sorties des charges émises par $^{40}_{19}K$ et par $^{14}_{6}C$; s'ils rentrent à la même vitesse V_0 par le point O.

on donne :

- masse de l'électron : $m = 9,1 \times 10^{-31} kg$
- masse de la particule α : $m = 6,64 \times 10^{-27} kg$
- la gharge élémentaire est $e = 1,6 \times 10^{-19} C$
- la valeur du champ magnétique est $B = 0,1T$

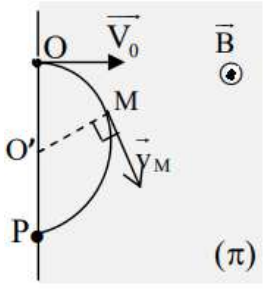


Figure 2

CHIMIE (7 points)

Détermination du degré d'acidité d'un vinaigre et Synthèse d'un ester

Partie I : Détermination du degré d'acidité du vinaigre

1. Légende du schéma du titrage En se référant au dispositif expérimental fourni :

- **1** : Burette graduée.
- **2** : Solution titrante de soude ($Na^+ + HO^-$).
- **3** : Robinet de la burette.
- **4** : Bécher.
- **5** : Potence (ou support).
- **6** : Solution titrée S_A d'acide acétique.
- **7** : Barreau aimanté.
- **8** : Agitateur magnétique.

2. Équation support du dosage et caractéristiques L'acide éthanoïque (noté AH) réagit avec les ions hydroxyde (HO^-) de la solution de soude :

$$CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

Caractéristiques : C'est une réaction **totale**, **rapide** et **unique**.

3. Coordonnées du point d'équivalence D'après la courbe $pH = f(V_B)$ (courbe 2), on repère le saut de pH. Par la méthode des tangentes ou de la dérivée (visuellement au point d'inflexion du saut) :

$$E(V_{BE} = 12,5\,\text{mL} \; ; \; pH_E \approx 8,2)$$

4. Définition de l'équivalence et calcul de C_A Définition : L'équivalence est atteinte lorsque les réactifs titrant et titré ont été mélangés dans les proportions stchiométriques de l'équation de dosage. **Calcul de C_A :** À l'équivalence, on a $n_A = n_{HO^-} \implies C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$.

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{10^{-1} \times 12,5}{10} = 0,125\,\text{mol/L}$$

$$C_A = 0,125\,\text{mol/L}$$

5. Caractère acido-basique du mélange à l'équivalence Le pH à l'équivalence est basique ($pH_E \approx 8,2 > 7$). **Justification :** À l'équivalence, l'acide

acétique a été entièrement consommé pour former sa base conjuguée, l'ion acétate (CH_3COO^-). Cet ion est une base faible qui réagit avec l'eau pour libérer des ions HO^-, rendant ainsi le mélange basique.

6. Calcul du degré d'acidité du vinaigre La solution S_A ayant été préparée par une dilution d'un facteur 10, la concentration commerciale C_0 est :

$$C_0 = 10 \times C_A = 10 \times 0,125 = 1,25\,\text{mol/L}$$

La masse molaire de l'acide acétique est $M_A = 60\,\text{g/mol}$. La masse d'acide dans 1 L de vinaigre est :

$$m_{acide} = C_0 \times M_A = 1,25 \times 60 = 75\,\text{g}$$

La masse volumique du vinaigre est $\rho = 1020\,\text{kg/m}^3 = 1020\,\text{g/L}$. La masse d'un litre de vinaigre est donc $m_{vinaigre} = 1020\,\text{g}$. Le degré d'acidité (masse d'acide pour 100g de vinaigre) s'obtient par un produit en croix :

$$\text{Degré} = \frac{m_{acide}}{m_{vinaigre}} \times 100 = \frac{75}{1020} \times 100 \approx 7,35$$

Degré d'acidité $\approx 7,35°$

7. Identification de la courbe de l'acide [AH] et domaine de prédominance Lors de l'ajout de la solution de soude, la concentration de l'acide [AH] diminue progressivement puisqu'il est consommé par la réaction. **Identification :** C'est donc la courbe décroissante, à savoir la **courbe (1)**, qui représente la concentration de l'acide [AH]. **Prédominance :** L'acide [AH] prédomine lorsque $[AH] > [A^-]$, ce qui correspond sur le graphe à $V_B < 6,25\,\text{mL}$ (soit $pH < 4,8$).

8. Détermination de la constante d'acidité pK_A Méthode : Au point de demi-équivalence, le volume versé est $V_B = \frac{V_{BE}}{2} = \frac{12,5}{2} = 6,25\,\text{mL}$. À cet instant, la moitié de l'acide a été transformée en base, donc $[AH] = [A^-]$. Graphiquement, cela correspond à l'intersection de la courbe (1) et de la courbe (3). En lisant l'ordonnée sur la courbe du pH (courbe 2) pour cette abscisse de $6,25\,\text{mL}$, on détermine le pK_A puisque $pH = pK_A + \log\left(\frac{[A^-]}{[AH]}\right) = pK_A + \log(1) = pK_A$.

$pK_A \approx 4,8$

PARTIE II : Synthèse d'un ester

1. Équation de la réaction et nom de l'ester E L'alcool B contenant 2 atomes de carbone est l'éthanol (CH_3CH_2OH). Il réagit avec l'acide acétique (CH_3COOH).

$$CH_3COOH_{(l)} + CH_3CH_2OH_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

Le nom de l'ester formé est **l'éthanoate d'éthyle**.

2. Rendement de la transformation et méthode pour l'augmenter Le mélange initial est équimolaire : $n_0 = 1\,\text{mol}$ pour chaque réactif. L'avancement maximal théorique est donc $x_{max} = 1\,\text{mol}$. D'après le graphe de l'avancement x en fonction du temps, l'asymptote horizontale indique un avancement final $x_f \approx 0,67\,\text{mol}$. Le rendement est :

$$r = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{0,67}{1} = 0,67$$

$$r = 67\%$$

Pour augmenter le rendement : On peut introduire l'un des réactifs en large excès (par exemple l'alcool), ou éliminer un des produits (comme l'eau ou l'ester) au fur et à mesure de sa formation.

3. Composition à l'équilibre pour le nouveau mélange Le nouveau mélange initial est $n = 1\,\text{mol}$ pour les 4 constituants (acide, alcool, ester, eau). Le quotient de réaction initial est $Q_{r,i} = \frac{[E]_i \cdot [H_2O]_i}{[Ac]_i \cdot [Al]_i} = \frac{1\times1}{1\times1} = 1$. La constante d'équilibre de l'estérification d'un alcool primaire est $K \approx \frac{0,67^2}{0,33^2} \approx 4$. Comme $Q_{r,i} < K$, le système va évoluer dans le sens direct (formation d'ester). Soit y l'avancement à l'équilibre :

$$K = \frac{(1+y)^2}{(1-y)^2} = 4 \implies \frac{1+y}{1-y} = \sqrt{4} = 2 \implies 1+y = 2-2y \implies 3y = 1 \implies y = \frac{1}{3} \approx$$

Composition à l'équilibre :

- $n_{\text{acide}} = n_{\text{alcool}} = 1 - 0,33 = \mathbf{0,67}\,\text{mol}$
- $n_{\text{ester}} = n_{\text{eau}} = 1 + 0,33 = \mathbf{1,33}\,\text{mol}$

4. Évolution de la vitesse de la réaction Au cours du temps, la vitesse de la réaction **diminue**. **Pourquoi ?** Cela est dû à la diminution de la concentration des réactifs, qui est un facteur cinétique. Les chocs efficaces entre les molécules deviennent de moins en moins fréquents.

5. Volume de solution de soude versé à $\mathbf{t = 2 \times t_{1/2}}$ Démarche : 1. **Trouver** $t_{1/2}$ **:** $t_{1/2}$ est le temps pour lequel $x = \frac{x_f}{2} = \frac{0,67}{2} = 0,335\,\text{mol}$. D'après le graphe, $x = 0,335\,\text{mol}$ correspond à $t_{1/2} \approx 20\,\text{min}$. 2. **Trouver l'avancement**

à $t = 2 \times t_{1/2}$: On se place à $t = 40$ min. D'après la courbe, à 40 min, $x \approx 0,46$ mol. 3. **Calculer la quantité d'acide restante totale :** $n_A(t = 40) = n_0 - x = 1 - 0,46 = 0,54$ mol. 4. **Calculer le volume total du mélange V_{tot} :**

$$V_{\text{acide}} = \frac{m_A}{\rho_A} = \frac{n_0 \cdot M_A}{\rho_A} = \frac{1 \times 60}{1,05} \approx 57,14\,\text{mL}$$

$$V_{\text{alcool}} = \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{n_0 \cdot M_B}{\rho_B} = \frac{1 \times 46}{0,789} \approx 58,30\,\text{mL}$$

$$V_{tot} = 57,14 + 58,30 = 115,44\,\text{mL}$$

5. **Quantité d'acide dans le prélèvement :** Le volume prélevé est $V = 11,5$ mL. Le rapport est $V/V_{tot} \approx 11,5/115,44 \approx \frac{1}{10}$. La quantité d'acide dans le prélèvement est $n_a = \frac{0,54}{10} = 0,054$ mol. 6. **Volume de soude à l'équivalence :** À l'équivalence du titrage $CH_3COOH + HO^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$, on a $C_b \cdot V_{bE} = n_a$.

$$V_{bE} = \frac{n_a}{C_b} = \frac{0,054}{2} = 0,027\,\text{L} = 27\,\text{mL}$$

$$V_{bE} = 27\,\text{mL}$$

EXERCICE : RADIOACTIVITÉ DU RADON (3 points)

Désintégration alpha, Énergie de liaison et Décroissance radioactive

1. Composition des noyaux et Diagramme de Segré

1. Remplissage du tableau

D'après le diagramme de Segré fourni, le noyau père, le Radon ($^{A}_{Z}$Rn), se situe aux coordonnées $Z = 86$ et $N = 136$. Le nombre de masse A se calcule par la relation $A = Z + N$. Ainsi, $A = 86 + 136 = 222$. Le noyau est donc le $^{222}_{86}$Rn.
Le Radon subit une désintégration de type α. La particule α correspond à un noyau d'Hélium $^{4}_{2}$He, ayant pour caractéristiques $Z = 2$, $N = 2$ et $A = 4$.
Le noyau fils formé est le Polonium ($^{A'}_{Z'}$Po). D'après les lois de conservation de Soddy (conservation du nombre de charge Z et du nombre de masse A) :

- $Z' = Z - 2 = 86 - 2 = 84$
- $N' = N - 2 = 136 - 2 = 134$
- $A' = A - 4 = 222 - 4 = 218$

Le tableau complété est le suivant :

	noyau père ${}^{A}_{Z}$Rn	particule α	noyau fils ${}^{A'}_{Z'}$Po
Z	**86**	**2**	**84**
N	**136**	**2**	**134**
A	**222**	**4**	**218**

---

2. Représentation sur le diagramme de Segré

La désintégration α se traduit par la perte de deux protons (-2 sur l'axe des abscisses Z) et de deux neutrons (-2 sur l'axe des ordonnées N). Sur le diagramme de Segré, cela correspond à une flèche partant de la case du ${}^{222}_{86}$Rn (coordonnées $86, 136$) et pointant en diagonale vers le bas et la gauche pour arriver à la case de coordonnées $(84, 134)$.

2. Énergie de liaison et masse du noyau

3. Définition de l'énergie de liaison et calcul de la masse

Définition : L'énergie de liaison d'un noyau, notée E_l, est l'énergie minimale qu'il faut fournir à un noyau au repos pour le dissocier en ses nucléons constitutifs (protons et neutrons) isolés et au repos.

Calcul de la masse d'un noyau de Radon : L'énergie de liaison se calcule à partir de l'énergie de liaison par nucléon ξ donnée par l'énoncé $\xi = 7,98\,\text{MeV/nucléon}$:

$$E_l = A \times \xi = 222 \times 7,98 = 1771,56\,\text{MeV}$$

L'énergie de liaison est aussi reliée au défaut de masse Δm par la relation $E_l = \Delta m \cdot c^2$. On en déduit le défaut de masse en unité de masse atomique (u), sachant que $1\,\text{u} = 931,5\,\text{MeV}/c^2$:

$$\Delta m = \frac{E_l}{c^2} = \frac{1771,56}{931,5} \approx 1,90184\,\text{u}$$

Le défaut de masse est défini par $\Delta m = [Z \cdot m(p) + N \cdot m(n)] - m(\text{Rn})$. On isole la masse du noyau de Radon $m(\text{Rn})$:

$$m(\text{Rn}) = Z \cdot m(p) + N \cdot m(n) - \Delta m$$

En utilisant les données de l'énoncé ($m(p) = 1,0073\,\text{u}$ et $m(n) = 1,0087\,\text{u}$) :

$$m(\text{Rn}) = (86 \times 1,0073) + (136 \times 1,0087) - 1,90184$$

$$m(\text{Rn}) = 86,6278 + 137,1832 - 1,90184$$
$$m(\text{Rn}) = 223,811 - 1,90184$$

$$m(\text{Rn}) \approx 221,91\,\text{u}$$

3. Étude de l'activité de l'échantillon

4.1 Calcul du nombre de noyaux initial $\mathbf{N_0}$ Le volume initial de gaz est $V = 2\,\text{cm}^3 = 2 \cdot 10^{-3}\,\text{L}$ et le volume molaire est $V_M = 25\,\text{L/mol}$. La quantité de matière initiale est :

$$n_0 = \frac{V}{V_M} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{25} = 8 \cdot 10^{-5}\,\text{mol}$$

Le nombre initial de noyaux se déduit avec la constante d'Avogadro $N_A = 6 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$:

$$N_0 = n_0 \times N_A = 8 \cdot 10^{-5} \times 6 \cdot 10^{23}$$

$$N_0 = 4,8 \cdot 10^{19} \text{ noyaux}$$

4.2 Loi de décroissance et rapport $\frac{\mathbf{A(t)}}{\mathbf{A_0}}$ La loi de décroissance radioactive pour le nombre de noyaux s'écrit : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$. L'activité $A(t)$ correspond au nombre de désintégrations par seconde, soit $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda \cdot N(t)$. En remplaçant $N(t)$ par son expression :

$$A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

On en déduit l'expression du rapport :

$$\frac{A(t)}{A_0} = e^{-\lambda t}$$

4.3 Définition du temps de demi-vie $\mathbf{t_{1/2}}$ et calcul Définition : Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon se désintègre. À cette date, l'activité est divisée par deux : $\frac{A(t_{1/2})}{A_0} = 0,5$.

Calcul à partir du graphe : Sur le graphe (figure 3), l'axe des ordonnées comporte 8 grandes divisions entre 0 et 1. La valeur 0,5 correspond donc à 4 grandes divisions. On lit l'abscisse correspondante sur l'axe des temps (en jours). Une grande division sur l'axe des abscisses représente 2 jours, divisée en 5 petits carreaux (1 petit carreau = 0,4 jour). La courbe passe par l'ordonnée 0,5 à une

abscisse de 9,5 petits carreaux environ, ce qui correspond à $9,5 \times 0,4 = 3,8$.

$$t_{1/2} = 3,8 \text{ jours}$$

4.4 Valeur de l'activité A_1 à la date $t_1 = 2 \cdot t_{1/2}$ À une date $t = n \cdot t_{1/2}$, l'activité est donnée par la relation $A(t) = \frac{A_0}{2^n}$. Ici, $n = 2$, donc $A_1 = \frac{A_0}{2^2} = \frac{A_0}{4} = 0,25 \cdot A_0$.
Calculons d'abord l'activité initiale $A_0 = \lambda \cdot N_0 = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot N_0$. Il faut convertir $t_{1/2}$ en secondes : $t_{1/2} = 3,8 \times 24 \times 3600 = 328\,320$ s.

$$A_0 = \frac{\ln(2)}{328\,320} \times 4,8 \cdot 10^{19} \approx 2,111 \cdot 10^{-6} \times 4,8 \cdot 10^{19} \approx 1,01 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$$

On en déduit A_1 :

$$A_1 = \frac{1,01 \cdot 10^{14}}{4} \approx 2,53 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

$$A_1 \approx 2,53 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

ÉLECTRICITÉ (5 points)

Charge d'un condensateur, Oscillations électriques et Démodulation

I - Charge du condensateur

1. Calcul de l'intensité I_0

Le voltmètre est branché en dérivation aux bornes du conducteur ohmique de résistance R. Il mesure donc la tension U_R. D'après la loi d'Ohm, on a : $U_R = R \cdot I_0$. On isole I_0 et on remplace par les valeurs de l'énoncé ($R = 500\,\Omega$ et $V = 150\,\text{mV} = 0,15\,\text{V}$) :

$$I_0 = \frac{U_R}{R} = \frac{0,15}{500} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

$$I_0 = 0,3\,\text{mA}$$

---

2. Expression de l'énergie E_C emmagasinée

Le condensateur est chargé par un courant constant I_0. La charge électrique q accumulée s'exprime donc par : $q = I_0 \cdot t$ (puisque le condensateur est initialement déchargé). L'énergie emmagasinée dans un condensateur est donnée par

la relation :

$$E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

En remplaçant q par son expression en fonction du temps :

$$E_C = \frac{I_0^2}{2C} \cdot t^2$$

---

3. Montrer que C = 100 μF

D'après le graphe de la figure 2 (variation de E_C en fonction de t^2), on observe une droite passant par l'origine. Son équation s'écrit $E_C = k \cdot t^2$, où k est le coefficient directeur. Calculons ce coefficient directeur k en choisissant le point $(4\,\text{s}^2; 1,8\,\text{mJ})$:

$$k = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} - 0}{4 - 0} = 0,45 \cdot 10^{-3}\,\text{J.s}^{-2}$$

Par identification avec l'expression théorique trouvée à la question précédente ($E_C = \frac{I_0^2}{2C} \cdot t^2$), on a :

$$k = \frac{I_0^2}{2C} \implies C = \frac{I_0^2}{2k}$$

Application numérique :

$$C = \frac{(3 \cdot 10^{-4})^2}{2 \times 0,45 \cdot 10^{-3}} = \frac{9 \cdot 10^{-8}}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 10 \cdot 10^{-5}\,\text{F} = 10^{-4}\,\text{F}$$

C = 100 μF (La valeur est vérifiée)

II - Oscillations électriques

1. Schéma et équation différentielle

Note pour le schéma : Reproduire le circuit composé uniquement du condensateur C et de la bobine L en série. Indiquer le sens arbitraire du courant i. Flécher les tensions u_C et u_L dans le sens opposé au courant (convention récepteur).
D'après la loi d'additivité des tensions pour une maille fermée :

$$u_L + u_C = 0$$

On sait que la bobine est idéale (résistance nulle), donc $u_L = L\frac{di}{dt}$. Par définition, l'intensité est $i = \frac{dq}{dt}$, ce qui implique $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$. La tension aux bornes du

condensateur s'exprime par $u_C = \frac{q}{C}$. En remplaçant dans la première équation :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$$

En divisant par L, on obtient l'équation différentielle :

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$$

---

2. Expression de T_0 et analyse dimensionnelle

On donne la solution $q(t) = Q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. La dérivée seconde est : $\frac{d^2q}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 Q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 q(t)$. En injectant dans l'équation différentielle :

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 q + \frac{1}{LC}q = 0 \implies \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{1}{LC} \implies T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

Analyse dimensionnelle : On cherche la dimension de $\sqrt{LC}$.

- De $u_L = L\frac{di}{dt}$, on tire $[L] = \frac{[U]\cdot[T]}{[I]}$.
- De $i = C\frac{du_C}{dt}$, on tire $[C] = \frac{[I]\cdot[T]}{[U]}$.

Le produit s'exprime alors par : $[LC] = \left(\frac{[U]\cdot[T]}{[I]}\right) \times \left(\frac{[I]\cdot[T]}{[U]}\right) = [T]^2$. Par conséquent, $[\sqrt{LC}] = [T]$.

La période propre T_0 est bien homogène à un temps.

---

3. Détermination de T_0 et de L

Sur le graphe de la figure 3, la courbe part d'un maximum de charge à $t = 0$. Elle atteint son premier minimum (charge $-Q_m$) à $t = 4 \times 10^{-2}\,\text{s}$. Cela correspond à une demi-période ($\frac{T_0}{2}$). Donc : $\frac{T_0}{2} = 4 \times 10^{-2}\,\text{s} \implies T_0 = 8 \times 10^{-2}\,\text{s}$. À partir de l'expression $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, on isole L :

$$L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$$

Avec l'approximation usuelle $\pi^2 \approx 10$, on calcule :

$$L = \frac{(8\cdot10^{-2})^2}{4 \times 10 \times 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{64\cdot10^{-4}}{4000\cdot10^{-6}} = \frac{64\cdot10^{-4}}{4\cdot10^{-3}} = 16\cdot10^{-1} = 1,6\,\text{H}$$

$$L = 1,6\,\text{H} \quad \text{(La valeur est vérifiée)}$$

---

4. État du condensateur dans l'intervalle $4 \times 10^{-2}\,\text{s} < t < 6 \times 10^{-2}\,\text{s}$

À $t = 4 \times 10^{-2}$ s, la charge q est minimale ($q = -Q_m$). Cela signifie que le condensateur est **pleinement chargé**, mais avec une polarité inversée. Entre $t = 4 \times 10^{-2}$ s et $t = 6 \times 10^{-2}$ s, la charge q remonte vers 0. La valeur absolue de la charge ($|q|$) est donc en train de diminuer.

Puisque la quantité de charges accumulées sur les armatures diminue, **le condensateur est en train de se décharger**.

III - Réception d'une onde modulée en amplitude

1. Rôle de chaque partie

Dans le circuit de réception (figure 4) :

- **Partie 1 (Circuit LC parallèle ou circuit d'accord) :** Sert à **sélectionner** l'onde électromagnétique souhaitée en s'accordant sur sa fréquence porteuse N_0.
- **Partie 2 (Détecteur d'enveloppe) :** Constitué d'une diode (redressement) et d'un circuit RC parallèle (filtrage). Son rôle est d'**extraire l'enveloppe** du signal modulé en éliminant la haute fréquence.
- **Partie 3 (Filtre passe-haut) :** Constitué d'un condensateur C_2 et d'une résistance R_2. Son rôle est d'**éliminer la composante continue** de la tension pour ne conserver que le signal modulant utile.

---

2. Inductance L_0 pour capter le signal

Pour que le circuit d'accord sélectionne le signal modulé de porteuse $N_0 = 4 \cdot 10^4$ Hz, il faut qu'il résonne à cette fréquence. La condition de résonance est : $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_0}} \implies L_0 = \frac{1}{4\pi^2 N_0^2 C_0}$. On remplace avec $C_0 = 20\,\text{nF} = 20 \cdot 10^{-9}\,\text{F}$ et $\pi^2 \approx 10$:

$$L_0 = \frac{1}{4 \times 10 \times (4 \cdot 10^4)^2 \times 20 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{40 \times 16 \cdot 10^8 \times 20 \cdot 10^{-9}}$$

$$L_0 = \frac{1}{1280} \approx 7,81 \cdot 10^{-4}\,\text{H}$$

$$L_0 \approx 0,781\,\text{mH}$$

3. Modification du condensateur pour une bonne détection

La condition pour une bonne détection d'enveloppe est donnée par :

$$N \leq \frac{1}{\tau} \leq \frac{N_0}{10}$$

Où $N = 4\,\text{kHz} = 4000\,\text{Hz}$ est la fréquence du signal modulant, et $N_0 = 4 \cdot 10^4\,\text{Hz}$ est la fréquence de la porteuse. On calcule le terme supérieur : $\frac{N_0}{10} = \frac{40\,000}{10} = 4000\,\text{Hz}$. La double inégalité devient donc : $4000 \leq \frac{1}{\tau} \leq 4000$. Il n'y a qu'une seule valeur possible : $\frac{1}{\tau} = 4000\,\text{s}^{-1} \implies \tau = \frac{1}{4000} = 2,5 \cdot 10^{-4}\,\text{s}$.
La constante de temps s'exprimant par $\tau = R \times C_{eq}$, on trouve la capacité équivalente nécessaire avec $R = 1\,\text{k}\Omega = 10^3\,\Omega$:

$$C_{eq} = \frac{\tau}{R} = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{10^3} = 2,5 \cdot 10^{-7}\,\text{F} = 250\,\text{nF}$$

Actuellement, nous avons un condensateur de $C = 20\,\text{nF}$. Pour obtenir une capacité équivalente plus grande ($250\,\text{nF} > 20\,\text{nF}$), il faut ajouter le condensateur C' en **dérivation (parallèle)**.
En dérivation, les capacités s'additionnent : $C_{eq} = C + C'$.

$$C' = C_{eq} - C = 250 - 20 = 230\,\text{nF}$$

Montage : **En dérivation**
Valeur : $C' = 230\,\textbf{nF}$

MÉCANIQUE (5 points)

Mouvement d'un système mécanique et particule chargée dans un champ magnétique

Partie I : Mouvement d'un système mécanique

1. Relation (1) en appliquant la 2ème loi de Newton sur (S)

Le système étudié est le solide (S) de masse $m = 20\,\text{kg}$ glissant sur le plan incliné d'un angle $\alpha = 45°$. Bilan des forces extérieures exercées sur (S) :

- Son poids $\vec{P}$.
- La réaction du plan $\vec{R}$ (perpendiculaire au plan car les frottements sont négligeables).
- La tension du fil $\vec{T}'$.

Dans le repère galiléen $(O, \vec{i}, \vec{j})$, l'axe $(O, \vec{i})$ est dirigé vers le haut selon la ligne de plus grande pente. La deuxième loi de Newton s'écrit : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T}' = m\vec{a}_G$. Projetons cette relation sur l'axe $(O, \vec{i})$:

$$-P\sin\alpha + 0 + T' = m \cdot a$$

Le fil étant de masse négligeable, sa tension est uniforme : $T' = T$ (où T est la tension du fil côté poulie). On obtient la relation (1) :

$$T - mg\sin\alpha = m \cdot a$$

---

2. Relation (2) par application de la relation fondamentale de la dynamique sur (P)

Le système étudié est la poulie (P) de rayon $r = 10\,\text{cm}$ et de moment d'inertie J_Δ. Bilan des forces et couples exercés sur la poulie :

- Son poids et la réaction de l'axe de rotation (leurs moments par rapport à Δ sont nuls).
- Le couple moteur de moment $M > 0$.
- L'action du fil modélisée par la tension $\vec{T}$, qui exerce un moment résistant : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) = -T \cdot r$.

La relation fondamentale de la dynamique en rotation s'écrit $\sum \mathcal{M}_\Delta = J_\Delta \ddot{\theta}$:

$$M - T \cdot r = J_\Delta \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

---

3. Accélération a et nature du mouvement de la poulie

Le fil étant inextensible et s'enroulant sans glisser sur la gorge de la poulie, on a la relation cinématique liant le mouvement de translation et de rotation :

$$a = r\frac{d^2\theta}{dt^2} \implies \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{a}{r}$$

De la relation (2), on tire l'expression de la tension T :

$$T = \frac{M - J_\Delta \frac{a}{r}}{r} = \frac{M}{r} - J_\Delta \frac{a}{r^2}$$

En remplaçant T dans la relation (1) ($T = m \cdot a + mg\sin\alpha$) :

$$\frac{M}{r} - J_\Delta \frac{a}{r^2} = m \cdot a + mg\sin\alpha \implies a\left(m + \frac{J_\Delta}{r^2}\right) = \frac{M}{r} - mg\sin\alpha$$

En multipliant par r, on obtient l'expression de l'accélération a :

$$a = \frac{M - mgr\sin\alpha}{mr + \frac{J_\Delta}{r}}$$

Application numérique avec $M = 22,34\,\text{N.m}$, $m = 20\,\text{kg}$, $g = 10\,\text{m.s}^{-2}$, $r = 0,1\,\text{m}$, $\alpha = 45°$, et $J_\Delta = 5 \cdot 10^{-3}\,\text{kg.m}^2$:

$$mgr\sin\alpha = 20 \times 10 \times 0,1 \times \sin(45°) = 20 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \approx 14,142\,\text{N.m}$$

$$mr = 20 \times 0,1 = 2\,\text{kg.m} \quad \text{et} \quad \frac{J_\Delta}{r} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 0,05\,\text{kg.m}$$

$$a = \frac{22,34 - 14,142}{2 + 0,05} = \frac{8,198}{2,05} \approx 3,999 \approx 4\,\text{m.s}^{-2}$$

$$a = 4\,\text{m.s}^{-2}$$

Nature du mouvement de la poulie : L'accélération angulaire est $\ddot{\theta} = \frac{a}{r} = \frac{4}{0,1} = 40\,\text{rad.s}^{-2}$. Puisque l'accélération angulaire est constante et non nulle, le mouvement de la poulie est un **mouvement de rotation uniformément accéléré**.

---

4. Vitesse linéaire de S lorsque la poulie fait 10 tours

Lorsque la poulie fait $n = 10$ tours, l'angle balayé est $\Delta\theta = 10 \times 2\pi = 20\pi$ rad. La distance parcourue par le solide S est $x = r \cdot \Delta\theta = 0,1 \times 20\pi = 2\pi\,\text{m}$. Le solide S partant sans vitesse initiale ($v_0 = 0$), on utilise la relation indépendante du temps :

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot x \implies v = \sqrt{2 \cdot a \cdot x}$$

$$v = \sqrt{2 \times 4 \times 2\pi} = \sqrt{16\pi} = 4\sqrt{\pi} \approx 7,09\,\text{m.s}^{-1}$$

$$v \approx 7,09\,\text{m.s}^{-1}$$

Partie II : Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique

1. Expression de la force de Lorentz et signe de la charge q

L'expression vectorielle de la force de Lorentz s'écrit :

$$\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$$

Pour trouver le signe de la charge q : La particule entre en O avec une vitesse $\vec{V_0}$ horizontale orientée vers la droite. La trajectoire s'incurve vers le bas (vers P), la force $\vec{F}$ est donc orientée vers le bas. Le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ est représenté par un point ($\odot$), il est donc sortant (vers l'observateur). D'après la règle de la main droite (ou du produit vectoriel), le vecteur $\vec{V_0} \wedge \vec{B}$ est dirigé vers le bas. Comme $\vec{F} = q(\vec{V_0} \wedge \vec{B})$ et que $\vec{F}$ et $(\vec{V_0} \wedge \vec{B})$ sont de même sens (vers le bas), la charge q est **positive** ($q > 0$).

---

2. Mouvement circulaire uniforme

On applique la deuxième loi de Newton (le poids de la particule étant négligeable devant la force magnétique) :

$$\sum \vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B} = m\vec{a}$$

L'accélération $\vec{a}$ est orthogonale à la vitesse $\vec{v}$ (propriété du produit vectoriel). Ainsi, l'accélération tangentielle est nulle : $a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \implies v = V_0 = \text{cste}$. **Le mouvement est donc uniforme**. Dans le repère de Frenet $(\vec{t}, \vec{n})$, on a $\vec{a} = a_n\vec{n} = \frac{v^2}{R}\vec{n}$. La norme de la force donne : $|q|vB = m\frac{v^2}{R} \implies R = \frac{m \cdot v}{|q|B}$. Puisque m, v, q et B sont constants, le rayon R est constant. **Le mouvement est donc circulaire**.

---

3. Expression du diamètre OP et identification de la source

Le diamètre de la trajectoire est $OP = 2R$:

$$OP = \frac{2mV_0}{|q|B}$$

Vérifions quelle source correspond à $OP = 41,5\,\text{cm} = 0,415\,\text{m}$. Nous savons déjà que $q > 0$, la source émettant des particules β^- ($^{14}_{6}$C, $q = -e$) est exclue. Testons la source de Radon $^{222}_{86}$Rn qui émet des particules α. La particule α a une masse $m = 6,64 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$ et une charge $q = +2e = +2 \times 1,6 \cdot 10^{-19}\,\text{C}$. Avec $B = 0,1\,\text{T}$ et $V_0 = 10^6\,\text{m.s}^{-1}$:

$$OP = \frac{2 \times 6,64 \cdot 10^{-27} \times 10^6}{2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 0,1} = \frac{13,28 \cdot 10^{-21}}{3,2 \cdot 10^{-20}} = \frac{13,28}{32} = 0,415\,\text{m}$$

La valeur correspond parfaitement à celle de l'énoncé ($41,5\,\text{cm}$). La source est donc le **Radon $^{222}_{86}$Rn** (source de particules α).

---

4. Distance P_1P_2 séparant les sorties des charges émises par $^{40}_{19}$K et $^{14}_{6}$C

La source de Potassium $^{40}_{19}$K émet des particules β^+ (positrons) de masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg et de charge $q = +e$. La source de Carbone $^{14}_{6}$C émet des particules β^- (électrons) de masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg et de charge $q = -e$. Elles ont le même diamètre de trajectoire D_e mais de courbures opposées (le positron s'incurve vers le bas en P_1 et l'électron vers le haut en P_2) :

$$OP_1 = OP_2 = D_e = \frac{2m_eV_0}{eB}$$

$$D_e = \frac{2 \times 9,1 \cdot 10^{-31} \times 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \times 0,1} = \frac{18,2 \cdot 10^{-25}}{1,6 \cdot 10^{-20}} = 1,1375 \cdot 10^{-4}\,\text{m}$$

La distance séparant leurs points de sortie sur l'axe vertical est $P_1P_2 = OP_1 + OP_2 = 2 \cdot D_e$.

$$P_1P_2 = 2 \times 1,1375 \cdot 10^{-4} = 2,275 \cdot 10^{-4}\,\text{m}$$

$$P_1P_2 \approx 0,228\,\text{mm}$$

Examen normalisé du baccalauréat - 2er semestre

Année 2024-2025

MAI 2025

Matière	Niveau	Durée	Coefficient
Physique-chimie	2ème Bac SM	4 h	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

- ***Exercice 1 : Chimie (7 points)***

Partie 1 :Suivi temporel d'une transformation chimique.(1,25pts)
Partie 2 : Titrage d'une solution d'ammoniaque. (1,75pts).
Partie3:Réaction de l'ammoniaque avec l'eau. (1,75pts)
Partie 4 : Pile « Plomb- Etain » (2,25pts)

- ***Exercice 2 : (4 points)***

Partie 1 : ondes mécaniques et ondes lumineuses (2,5pts)
Partie 2 : transformations nucléaires (1,5 pts)

- ***Exercice 3 : (4 points)***

Parie 1 :Détermination expérimentale de l'inductance d'une bobine(1,5 pt)
Partie 2 : Oscillateur electrique en regime libre (1,5 pts)pts)
Partie 3 : Oscillateur électrique RLC en régime sinusoïdale forcé (1pt)

- ***Exercice 4 : (5points)***

Partie 1 : Mouvement d'une balle.(3pts)
Partie 2 : Etude d'un oscillateur mécanique non amorti (2pts)

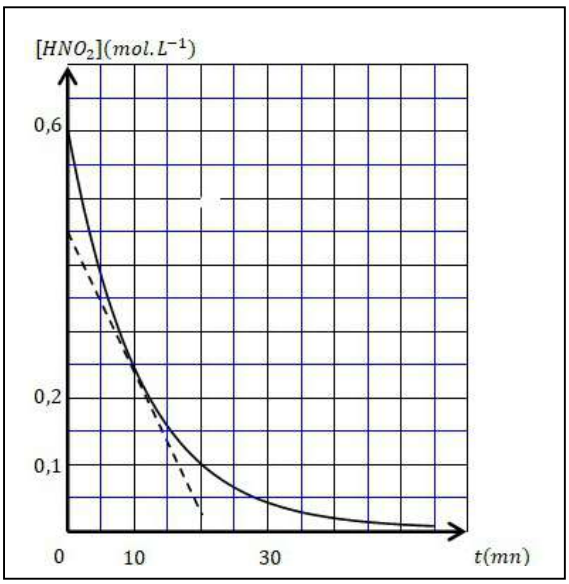
Exercice 1 **Chimie (7 points)**

Partie I :suivi temporel d'une transformation chimique.(1,25points)

L`acide nitreux $\boldsymbol{HNO_2}$ est peu stable en solution aqueuse, il se transforme selon cette réaction suivante :

$$\boldsymbol{3HNO_2(aq) \rightarrow 2NO(g) + H_3O^+(aq) + NO_3^-(aq)}$$

Le suivie temporel de cette transformation a permis de tracer la courbe $[\boldsymbol{HNO_2}]$=f(t).



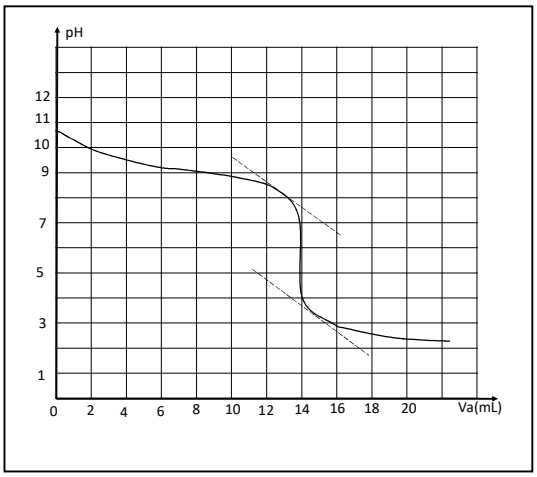
1. Dresser un tableau descriptif de l`évolution du système. (0,25pt)
2. Déterminer la valeur de la vitesse volumique de la réaction à l'instant t=10mn. (0,5pt)
3. Déterminer le temps de demi-réaction $t_{1\backslash 2}$. (0,5pt)

Partie 2 : Titrage d'une solution d'ammoniaque. (1,75pts).

L'ammoniac NH_3 est un gaz incolore et irritant, d'odeur piquante à faible dose ; il brûle les yeux et les poumons en concentration plus élevée et soluble dans l'eau et donne une solution basique .les solutions commerciales d'ammoniac sont concentrées utilisées dans la production d'engrais.

Une solution commerciale S_0 d'ammoniaque $NH_3(aq)$ de concentration C_0 peut être utilisée , après dilution, .

On se propose d'étudier la solution (S) d'ammoniac de concentration C_b : S est 100 fois plus diluée que S_0 . la solution (S) est titrée par une solution d'acide chlorhydrique $(H_3O^+ + C\ell^-)$ de concentration $C_a = 1{,}5.10^{-2} mol.L^{-1}$. Dans unvolume V_b = 20 mL de la solution S, on verse progressivement, à l'aide d'une burette graduée, la solution d'acide chlorhydrique et on mesure après chaque ajout le pH du mélange. À l'aide d'un logiciel approprié, on trace la courbe d'évolution du pH en fonction du volume Va de solution d'acide ajoutée (figure 1).



1. Écrire l'équation bilan de la réaction du titrage. (0,25pt)
2. Déterminer la valeur de la concentration C_b de la solution diluée S (0,25pt)

3. Dans la suite de cette partie on pose $r = \frac{V_a}{V_{aE}}$, avec V_{aE} le volume versé à l'équivalence, pour 0 < r < 1.

a. À l'aide de tableau d'avancement montrer que le taux d'avancement de la réaction s'écrit sous la forme: $\tau = 1 - 10^{-p}\left(\frac{1}{C_a} + \frac{1}{r.C_b}\right)$ (0,5pt)

b. calculer sa valeur pour Va = 10mL et conclure.(0,25pt)

c. Montrer $pH = pKa + \log(\frac{1-r}{r})$ et déduire que la valeur de pK_Adu couple $NH_4^+(aq)/NH_3$ est pK_A=9,2. (0,5pt)

Partie3:Réaction de l'ammoniaque avec l'eau. (1,25pts)

On étudie dans cette partie la solution aqueuse précédente (S_1) de l'ammoniaque de concentration C_b=10,5mmol/L et de pH=pH_0.

1. Écrire l'équation modélisant la réaction de l'ammoniac avec l'eau.(0,25pt)
2. On considère que l'ammoniaque est faiblement dissociée dans l'eau $[NH_3]éq \approx Cb$.

   Montrer que $pH_0 = \frac{1}{2}(pKe + pK_A + \log C_b)$. Calculer pH_0 . (0,5pt)
3. On prélève un volume V_0=10mL de la solution (S_1) et on y ajoute un volume Ve=190mL de l'eau distillée , on obtient une solution (S) diluée de pH = pH_1 . On admet qu'après la dilution l'ammoniac reste faiblement dissociée dans l'eau.

   Monter que $pH_1 = pH_0 - \frac{1}{2}\log(1 + \frac{V_e}{V_0})$. Calculer pH_1. (0,5pt)

Partie 4 : Pile « Plomb- Etain » (2,25pts)

Le plomb Pb est un métal malléable et gris bleuâtre, il blanchit lentement en s'oxydant. Rare à l'état natif les chimistes utilisent des procédés pour l'extraire de certains minerais comme la galène (PbS) qui en contient 86,6 % en masse.
L'étain Sn est un métal connu depuis l'antiquité, utilisé pour protéger la vaisselle de l'oxydation et pour préparer le bronze.
on propose une expérience mettant en jeu ces deux métaux ; pour cela il utilise :
Un bécher (a) contenant une solution aqueuse de nitrate d'étain ($Sn^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$) de volume V =100mL tel que $[Sn^{2+}]_0 = 20mmo\ell.L^{-1}$, dans lequel il a trempé une plaque d'étain
Un bécher (b) contenant une solution aqueuse de nitrate de plomb ($Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$) de volume V=100mL tel que $[Pb^{2+}]_0$= 10mmoℓ. L^{-1}, dans lequel il a trempé une plaque de plomb.
Un pont salin contenant une solution gélifiée de nitrate de potassium qui relie les deux béchers
Les deux électrodes sont reliées par une petite résistance et un ampèremètre.

L'évolution du système est modélisée par la réaction d'équation suivante : $Sn_{(s)} + pb^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Sn^{2+}_{(aq)} + Pb_{(S)}$.
La constante associée à cette équation est K = 1,47.

1- Calculer la valeur du quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial. Prévoir le sens de l'évolution spontanée du système chimique .(0,5pt)

2- On ferme l'interrupteur K à l'instant t = 0 . L'ampèremètre indique une intensité constante I= 450 mA.

2-1. Donner le schéma conventionnel de la pile étudiée. (0,5pt)

2.2. Montrer que la concentration, à l'état final, des ions stanneux s'écrit :

$$[Sn^{2+}]_f = \frac{K}{1+K}([Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}]_0).$$ Calculer sa valeur.(0,75pt)

2.3. sachant que l'intensité du courant reste constante durant le fonctionnement de la pile
Calculer la valeur de la durée Δt_{max} nécessaire pour que la pile soit consommée. (0,5pt)
On donne :F = 96500 C.mol^{-1}

Exercice 2

Partie 1 : Ondes mécaniques et ondes lumineuses (2,5pts)

1- Choisir le nombre de réponses justes dans les propositions suivantes : (0,5pt)

a- Les ondes sonores ne peuvent pas se diffracter.

b- Une onde sonore se propage moins vite dans l'eau que dans la glace

c- Dans un milieu non dispersif , la longueur d'onde d'une onde périodique augmente lorsque la fréquence de l'onde diminue

d- Dans l'air ,une radiation violette (λ_v=4100nm) se propage plus vite qu'une radiation rouge (λ_R=780nm)

2- Ondes mécaniques

Une source S émet une onde sonore qui se propage dans l'eau, se trouvant dans une colonne munie d'un robinet R . Cette onde est captée par deux récepteurs (R_1) et (R_2) placés dans la même direction que S (figure 1).

Lorsque la distance entre (R_1) et (R_2)est nulle (d=0), on enregistre l'oscillogramme de la figure 2.

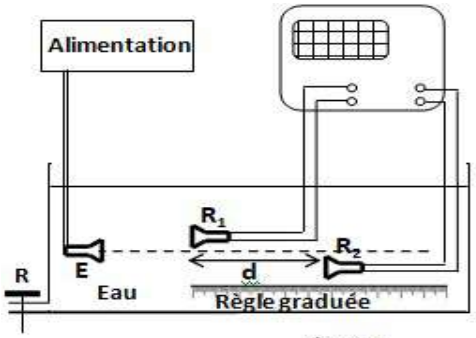


Figure 1

-La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est 0,2 ms/division .

On éloigne (R_2) de (R_1) , (R_1) étant fixe . On obtient l'oscillogramme de la figure 3 lorsque la distance d est d_0=30 cm .

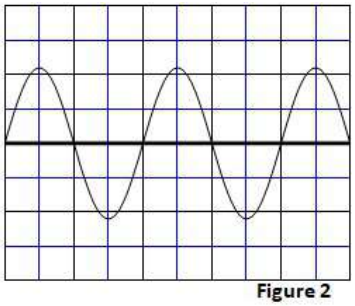


Figure 2

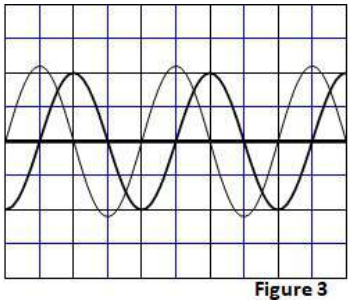


Figure 3

2.1- Déterminer la vitesse de propagation V_e de l'onde dans l'eau. (0,25 pt)

2.2- A l'aide du robinet (R) on évacue l'eau ; la colonne contient alors de l'air . Les éléments de montage sont gardés dans les mêmes positions (d_0= 30 cm).

Les signaux obtenus sont alors décalés.

-La vitesse du son dans l'air est V_A=340ms^{-1}.

On approche (R_2) de (R_1) lentement , les deux courbes deviennent en phase lorsque (R_2) est déplacé d'une distance x . Trouver la valeur de x. (0,75 pt)

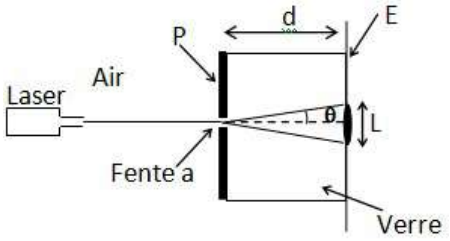
3- Ondes lumineuses

Une source Laser émet une lumière rouge monochromatique de longueur d'onde dans l'air λ_0 = 633nm.

Cette onde se propage horizontalement dans l'air et passe à travers une fente fine de largeur a =5.10^{-2} mm se trouvant dans une plaque P en plastique opaque, accolée à un cube en verre dont l'arête est d=20 cm.

Sur l'autre face du verre est accolé un écran . (figure ci- contre)

La tache centrale obtenue sur l'écran a pour largeur L=3,42 mm .



Données :

- Vitesse de la lumière dans l'air : c = 3.10^8 m.s^{-1}.
- On prendra tanθ ≈ θ .

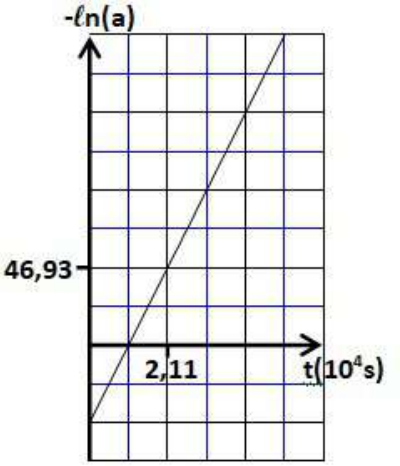
3.1- les résultats obtenus mettent en évidence quel aspect de la lumière ? (0,25pt)

3.2- Exprimer l'indice n du verre en fonction des données utiles . (0,5 pt)

3.3- Calculer la valeur de l'indice n . (0,25pt)

Partie 2 : Transformations nucléaires (1,5 pt)

A l'aide d'un compteur Geiger, on suit l'activité a d'un échantillon du phosphore radioactif $^{30}_{15}P$ .On obtient le graphe ci-contre :



On donne :

	$^{27}_{13}Al$	$^{A}_{Z}Si$	$^{4}_{2}He$	$^{1}_{0}n$	β^+
Masse m (en u)	**26,97439**	**29,96607**	**4,00150**	**1,00866**	**0,00055**

1u=931,5MeV.c^{-2}

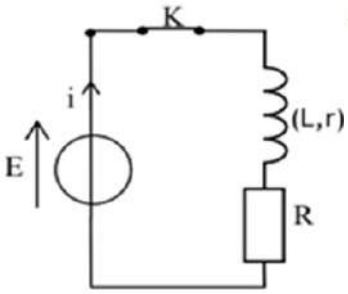
1. Montrer que $-\ell n(a) = \alpha.t + \beta$ où α et β sont des constantes à exprimer en fonction des gradeurs physique nécessaires.(0,5pt)
2. En exploitant le graphe :
   2.1- Déterminer la valeur de demi-vie $t_{1/2}$ de l'élément radioactif $^{30}_{15}P$. (0,25pt)
   2.2- Déterminer le nombre N_0 de noyaux dans l'échantillon à l'état initial.(0,5pt)
3. Quelle est la durée nécessaire à la désintégration de 95% de cet échantillon (0,25pt)

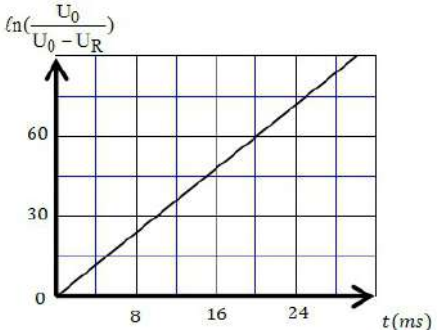
Exercice 3 **ELECTRICITE** **(4points)**

Parie 1 :Détermination expérimentale de l'inductance d'une bobine

On réalise le montage suivant constitué : d'un conducteur ohmique de résistance R =70 Ω , d'une bobine d'inductance L et de résistance r =20 Ω , d'un générateur idéal de tension de force électromotrice E=10 V et d'un interrupteur K.

A t=0, considéré comme origine des dates, on ferme l'interrupteur K.

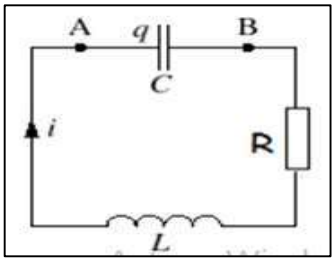




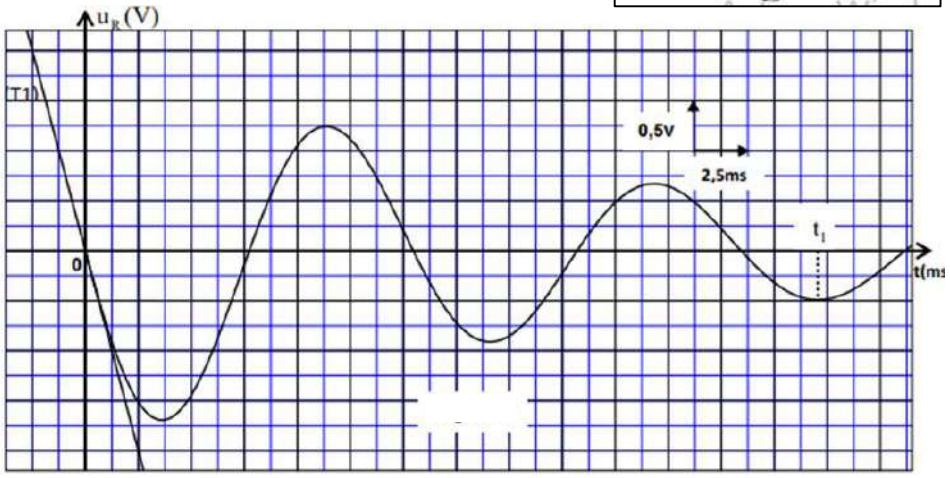
1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $U_R(t)$. (0,5 pt)
2. La solution de cette équation différentielle s'écrit sous forme : $U_R(t)=U_0(1- e^{-t/\tau})$. Exprimer U_0 et τ en fonction des paramètres du circuit . (0,5pt)
3. A l'aide de la courbe $\text{Ln}\dfrac{U_0}{U_0 - U_R(t)} = f(t)$, calculer la valeur de L. (0,5pt)

Partie 2 : Oscillateur électrique RLC en régime libre.

Le circuit suivant est constitué d'un condensateur de capacité C=10μF , d'une bobine d'inductance L=0,6H et de résistance negligeable et d'un resistor de resistance R=40Ω .



La figure ci-dessous représente les variations de la tension u_R aux bornes du résistor. (T_1) étant la tangente à la courbe à t=0.



1- Etablir l'équation différentielle des oscillations vérifiée par la tension u_R. (0,25pt)

2- Trouver l'expression de la variation de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit entre les instants t=0 et t_1 .

Calculer sa valeur .(0,75 pt)

Partie 3 : Oscillateur électrique RLC en régime sinusoïdale forcé

On considère un circuit électrique de la *figure1* constitué d'une bobine d'inductance L et de résistance r =10Ω, d'un résistor de résistance réglable R et d'un GBF qui délivre une tension sinusoïdale : $u(t) = U_m \cos(\omega t)$ de fréquence N réglable et d'amplitude U_m constante.

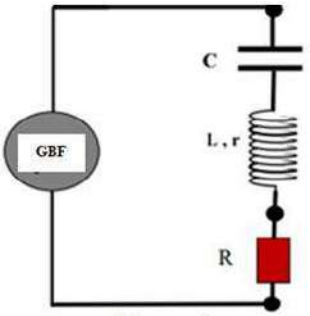
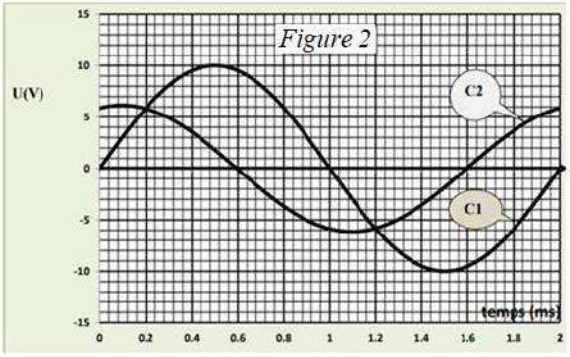


Figure 1



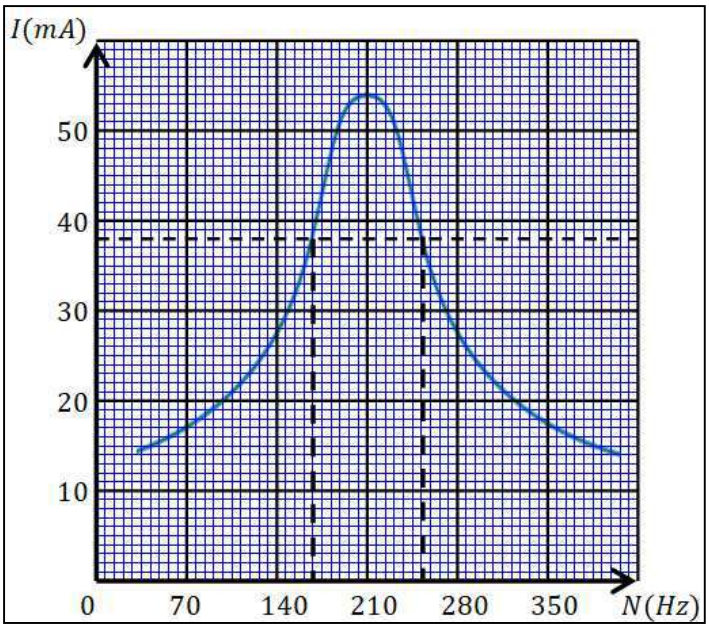
1. On visualise les tensions u(t) aux bornes du GBF et $u_R(t)$ aux bornes du résistor dont la résistance est fixée sur R=2kΩ. On obtient les courbes C_1 et C_2 de la *figure 2.*

1.1. Montrer que la courbe C_1 correspond à celle de u(t).(0,25pt)

1.2. L'intensité du courant dans le circuit s'ecrit sou la forme $i(t) = I_m.\cos(\omega t + \varphi)$. Déterminer la valeur de φ. (0,25 pt)

1.3. Calculer, en utilisant les courbes, la valeur de l'impédance Z du circuit . (0,5 pt)

2. La tension efficace U du GBF étant fixée, on fait varier sa fréquence N et on note les valeurs de l'intensité efficace I du courant qui circule dans le circuit RLC. Les résultats des mesures pour la valeur de R=170 Ω ont permis de représenter la courbe de la figure ci-contre .



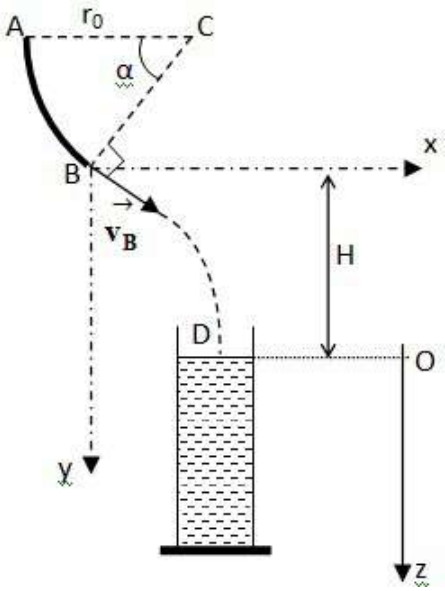
Déterminer la valeur du facteur de qualité Q.

(0,5 pt)

Exercice 4 Mécanique (5 pts)

Partie 1 : Mouvement d'une balle. (3 point)

L'objectif de cet exercice est l'étude du mouvement d'une petite balle en bois dans trois parcours différents .
La balle st sphérique de masse m=40g et de rayon r=2,5 cm .



1- <u>Parcours sur un glissière métallique (0,5 pt)</u>

La balle est abandonnée sans vitesse initiale au point A sur une glissière de forme circulaire , de rayon r_0=40 cm et de centre O.
La balle glisse sans frottement sur la glissière dans un plan vertical et la quitte au point B.
La vitesse du centre d'inertie G de la balle au passage par le point B s'exprime par la relation $V_B = \sqrt{2g.r_0.\sin\alpha}$.

Données : α=30° ; g=10m.s^{-2}

Exprimer le module de l'accélération $\vec{a}_B$ du mouvement de G au point B ,à l'aide de g et α. (0,5 pt)

2- Chute libre de balle dans l'air (1pt)

La balle quitte la glissière au point B à la vitesse $V_B=2m.s^{-1}$ à un instant pris comme origine des dates (t=0).

On néglige l'action de l'air et on étudie le mouvement du centre d'inertie de la balle dans le repère vertical (B,x,y), considéré galiléen .

2.1- En utilisant le deuxième loi de Newton, montrer que les équations horaires du mouvement de G dans l'air s'écrivent : $x(t)=(V_B.\sin\alpha)t$ et $y(t)=\frac{1}{2}gt^2+(V_B\cos\alpha)t$. (0,5 pt)

2.2- Le centre d'inertie G de la balle atteint le point D à la surface libre d'un liquide se trouvant dans un tube à la vitesse $V_D=4m.s^{-1}$ .Vérifier que H≈60 cm .(0,5 pt)

3- Chute verticale de la balle dans un liquide (2pts)

Arrivée au point D à la vitesse $v_D=4m.s^{-1}$ la balle prend un mouvement de chute , considérée verticale, dans le liquide organique de masse volumique $\rho_0 = 790\ kg.m^{-3}$.

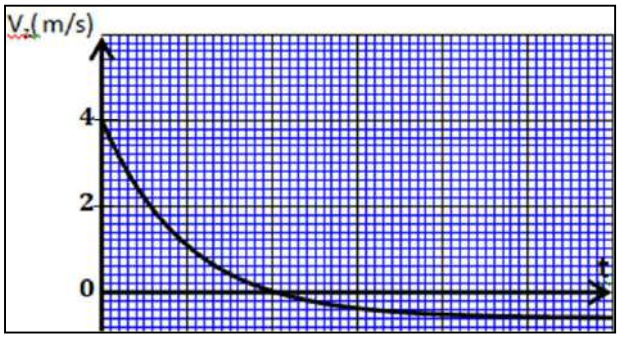
La masse volumique de la balle est $\rho=360\ kg.m^{-3}$.

Les frottements dans le liquide sont modélisés par une force $\vec{f}=-k.\vec{v}$, $\vec{v}$ étant la vitesse du centre d'inertie G d la balle et k une constante positive .

3.1- En appliquant la deuxième loi de Newton , dans le repère (O,z) considéré galiléen , montrer que le mouvement de G vérifie l'équation différentielle : $\frac{dv_z}{dt}+\frac{1}{\tau}v_z=g(1-\frac{\rho_0}{\rho})$, avec $\tau=\frac{m}{k}$ (0,5 pt)

3.2- La solution de l'équation différentielle précédente peut s'exprimer par : $v_z(t)=Ae^{-\frac{t}{\tau}}+B$.

Montrer que : $B=g.\tau(1-\frac{\rho_0}{\rho})$ et $A=v_D-v_{z,\ell}$ avec $v_{Z,\ell}$ vitesse limite de la balle . (0,5 pt)



3.3- La courbe ci- contre représente les variations de $v_z(t)$ en fonction du temps .

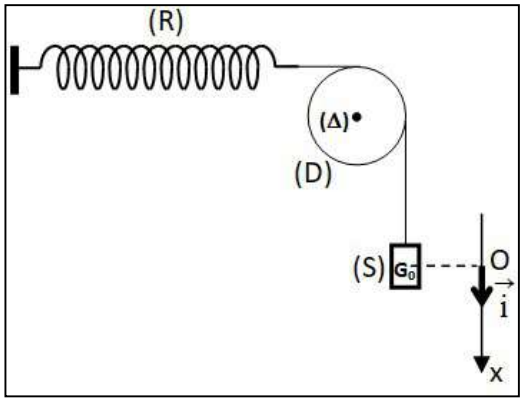
Déterminer à partir de ce graphe la valeur de la vitesse limite $v_{z,\ell}$. (0,25 pt)

3.4- Trouver la valeur de la distance d parcourue par G pendant la descente de la balle dans le liquide. On donne τ=50 ms (0,75 pt)

Partie 2 : Etude d'un oscillateur mécanique non amorti (2pts)

On considère l'oscillateur mécanique de la figure suivante composé des parties suivantes :

- Un disque homogène (D) de rayon r , mobile autours d'un axe fixe et horizontal (Δ) passant par son centre . Son moment d'inertie par rapport à cet axe est J_Δ.
- Un solide (S) de masse m , suspendue à un fil inextensible et de masse négligeable .
- Un ressort (R) à spires non jointives , de masse négligeable et de constante de raideur K et de longueur à vide ℓ_0. Le ressort est fixé à un support et lié par l'autre extrémité au fil portant le corps (S) et passant par la gorge du disque .



Avant de suspendre de corps (S) au fil , le fil n'est pas déformé .

A l'équilibre , le ressort (R) est allongé de $\Delta\ell_e$, et le centre de gravité G_0 de(S) coïncide avec l'origine O de l'axe $(O,\vec{i})$.

Données :

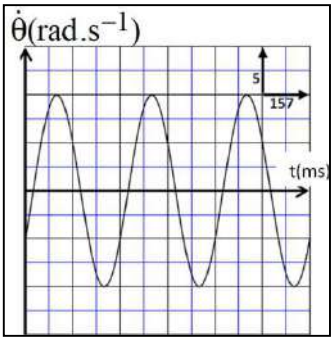
m= 400g , r=10 cm , $K = 200N.m^{-1}$

Les frottements sont négligeables.

1- Exprimer $\Delta\ell_c$ l'allongement du ressort à l'équilibre en fonction de m, g et K . (0,25pt)

2- On écarte (S) de sa position d'équilibre et on l'abandonne . on constate que le système effectue des oscillations périodiques autours de sa position d'équilibre .
Au cours des oscillations , la position du disque à une date t est déterminée par rapport à la position d'équilibre à l'aide de l'abscisse angulaire θ.
En appliquant la deuxième loi de Newton et la relation fondamentale de la dynamique de rotation , établir l'équation différentielle suivante : $\ddot{\theta} + \frac{Kr^2}{J_\Delta + m.r^2}\theta = 0$. (0,5 pt)

3- La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme $\theta=\theta_m\cos(\omega_0 t +\varphi)$ avec $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$, T_0 période propre des oscillations .



La figure ci- contre représente la vitesse angulaire $\dot{\theta}(t)$ du disque en fonction du temps .
En vous aidant de cette figure , déterminer :

3.1- La valeur de φ . (0,25 pt).

3.2- La valeur de l'amplitude θ_m des oscillations du disque . (0,25 pt)

3.3- La valeur de J_Δ, moment d'inertie du disque (D) . (0,25pt)

CORRECTION CHIMIE

Partie 1 : Cinétique

1. Tableau d'avancement :

équation Réaction		$3HNO_2 \rightarrow 2NO + H_3O^+ + NO_3^-$			
état	avancement	Quantité de matière (mol)			
initial	0	n_0	0	0	0
intermédiaire	x	$n_0 - 3x$	$2x$	x	x
final	x_f	$n_0 - 3x_f$	$2x_f$	x_f	x_f

2. Vitesse volumique :

$$v = \frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt}$$

$$n(HNO_2) = n_0 - 3x$$
$$[HNO_2] \cdot V = n_0 - 3x$$
$$[HNO_2] = \frac{n_0}{V} - \frac{3x}{V}$$
$$[HNO_2] = [HNO_2]_0 - \frac{3x}{V}$$

Dérivée :

$$\frac{d[HNO_2]}{dt} = 0 - \frac{3}{V} \cdot \left(\frac{dx}{dt}\right)$$
$$\frac{d[HNO_2]}{dt} = -\frac{3}{V} \cdot \frac{dx}{dt} \qquad \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{a}{b} \times \frac{d}{c}$$
$$\frac{dx}{dt} = \frac{d[HNO_2]}{dt} \times \left(-\frac{V}{3}\right)$$

Expression finale de la vitesse :

$$v = \frac{1}{V_T} \times \frac{-V_T}{3} \cdot \frac{d[HNO_2]}{dt} = -\frac{d[HNO_2]}{3dt} = -\frac{1}{3} \cdot \frac{d[HNO_2]}{dt}$$

Application numérique à $t = 10$ min :

$$v(t = 10\text{ min}) = -\frac{1}{3} \times \frac{\Delta[HNO_2]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{1}{3} \times \frac{0.05 - 0.25}{10 - 0} = \frac{0.2}{30} = 6.6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

3. Temps de demi-réaction :

$$[HNO_2]_t = [HNO_2]_i - \frac{3x}{V}$$

$$[HNO_2]_{t_{1/2}} = [HNO_2]_i - \frac{3x_{1/2}}{V} \quad \text{avec } x_{1/2} = \frac{x_m}{2}$$

Le réactif limitant est HNO_2 :

$$n_0 - 3x_m = 0 \implies x_m = \frac{n_0}{3} = \frac{[HNO_2]_i \cdot V_T}{3}$$

$$[HNO_2]_{t_{1/2}} = [HNO_2]_i - \frac{3x_m}{2V_T}$$

$$= [HNO_2]_i - \frac{3}{2} \cdot \frac{[HNO_2]_i \cdot V_T}{3 \cdot V_T}$$

$$= [HNO_2]_i - \frac{[HNO_2]_i}{2}$$

$$= \frac{2[HNO_2]_i - [HNO_2]_i}{2}$$

$$= \frac{[HNO_2]_i}{2} = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ mol/L} \quad \text{Graphiquement}$$

Par projection : $t_{1/2} = 8$ min

Partie 2 : Dosage

1. Équation de dosage :

$$NH_3 + H_3O^+ \rightarrow NH_4^+ + H_2O$$

2. À l'équivalence :

$$C_A \cdot V_{AE} = C_b \cdot V_b$$

$$C_b = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V_b} = \frac{1.5 \times 10^{-2} \times 14 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}} = 1.05 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

3.a. Tableau du dosage :

Equation	$NH_3 + H_3O^+ \rightarrow NH_4^+ + H_2O$				
état	avancement	Quantité de matière (mol)			
initial	0	$C_b \cdot V_b$	$C_A \cdot V_A$	0	3*excès
en cours	x	$C_b \cdot V_b - x$	$C_A \cdot V_A - x$	x	
final	x_{eq}	$C_b \cdot V_b - x_{eq}$	$C_A \cdot V_A - x_{eq}$	x_{eq}	

Taux d'avancement τ ($r = \frac{V_a}{V_{aE}}$, $0 < r < 1$) : Pour $V_A < V_{AE}$, le R.L est $H_3O^+ \implies x_m = C_A \cdot V_A$

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_m}$$

$$\begin{cases} n(H_3O^+)_{eq} = C_A \cdot V_A - x_{eq} \\ x_m = C_A \cdot V_A \end{cases}$$

$$x_{eq} = C_A \cdot V_A - n(H_3O^+)_{eq} = C_A \cdot V_A - [H_3O^+]_{eq}(V_a + V_b)$$
$$x_{eq} = C_A \cdot V_A - 10^{-pH}(V_a + V_b)$$

$$\tau = \frac{C_A \cdot V_A - 10^{-pH}(V_A + V_b)}{C_A \cdot V_A} \qquad \frac{a-b}{c} = \frac{a}{c} - \frac{b}{c}$$

$$\tau = \frac{C_A \cdot V_A}{C_A \cdot V_A} - \frac{10^{-pH}}{C_A \cdot V_A}(V_A + V_b)$$

$$\tau = 1 - \frac{10^{-pH}}{C_A \cdot V_A}(V_A + V_b) = 1 - \frac{10^{-pH} \cdot V_A}{C_A \cdot V_A} + \frac{10^{-pH} \cdot V_b}{C_A \cdot V_A}$$

$$= 1 - 10^{-pH}\left(\frac{V_A}{C_A \cdot V_A} + \frac{V_b}{C_A \cdot V_A}\right)$$

$$= 1 - 10^{-pH}\left(\frac{1}{C_A} + \frac{V_b}{C_A \cdot V_A}\right)$$

À l'équivalence $V_b = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{C_b}$:

$$\tau = 1 - 10^{-pH}\left(\frac{1}{C_A} + \frac{C_A \cdot V_{AE}}{C_b \cdot C_A \cdot V_A}\right) \quad \text{avec } \frac{V_{AE}}{V_A} = \frac{1}{r}$$

$$\boxed{\tau = 1 - 10^{-pH}\left(\frac{1}{C_A} + \frac{1}{r \cdot C_b}\right)}$$

Partie 3 : Équilibre Acido-Basique

1. Réaction :

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \qquad NH_4^+/NH_3 \text{ et } H_2O/OH^-$$

2. Constante d'acidité K_A :

$$K_A = \frac{[NH_3] \times [H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

D'après le tableau d'avancement (DTA) :

$$[NH_3] = C_B - [OH^-] \simeq C_B$$

$$[NH_4^+] = [OH^-]$$

$$K_A = \frac{C_B \times [H_3O^+]}{[OH^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]}$$

$$K_A(\underbrace{[OH^-] \cdot [H_3O^+]}_{K_e}) = C_B \times [H_3O^+]^2$$

$$K_A \cdot K_e = C_B \cdot [H_3O^+]^2$$

$$[H_3O^+]^2 = \frac{K_A \cdot K_e}{C_B}$$

Passage au log :

$$-\log[H_3O^+]^2 = -\log K_A - \log K_e - \log C_B$$

$$-2\log[H_3O^+] = -\log K_A - \log K_e - \log C_B$$

Sachant que $pH = -\log[H_3O^+]$:

$$2 \cdot pH_0 = pK_A + pK_e - \log C_B$$

$$pH_0 = \frac{1}{2}(pK_A + pK_e - \log C_B)$$

Application Numérique (A.N) :

$$pH_0 = \frac{1}{2}(9.2 + 14 - \log(1.05 \times 10^{-2})) = 12.58$$

3. Calcul de pH_1 (Dilution) :

$$pH_1 = \frac{1}{2}(pK_A + pK_e + \log(C_1))$$

$$V_1 = V_0 + V_e = 10 + 190 = 200 \text{ mL}$$

$$F = \frac{V_1}{V_i} = \frac{V_0 + V_e}{V_0} = \frac{200}{10} = 20$$

$$F = \frac{C_i}{C_f} = \frac{C_0}{C_1} \implies 20 = \frac{C_0}{C_1} \implies C_1 = \frac{C_0}{20}$$

Remplacement dans l'expression :

$$pH_1 = \underbrace{\frac{1}{2}(pK_A + pK_e + \log(C_0))}_{pH_0} - \frac{1}{2}\log(20)$$

$$= pH_0 - \frac{1}{2}\log 20$$

$$= pH_0 - \frac{1}{2}\log\frac{V_1}{V_0}$$

$$pH_1 = pH_0 - \frac{1}{2}\log\frac{V_e + V_0}{V_0}$$

$$pH_1 = pH_0 - \tfrac{1}{2}\log\left(1 + \tfrac{V_e}{V_0}\right)$$

Partie 4 : Piles

1. Quotient de réaction initial :

$$Q_{r,i} = \frac{[Sn^{2+}]_i}{[Pb^{2+}]_i} = \frac{20}{10} = 2$$

$Q_{r,i} = 2 > K = 1.47 \implies$ sens d'évolution est le sens indirecte.

$$Sn^{2+} + Pb \rightarrow Sn + Pb^{2+}$$

2.1. Équations aux électrodes :

— Oxydation → anode : $Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e^-$

— Réduction → cathode : $Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$

Schéma conventionnel :

$$\ominus\ Pb/Pb^{2+} \parallel Sn^{2+}/Sn\ \oplus$$

2.2. Constante d'équilibre et concentrations :

$$K = \frac{[Sn^{2+}]_{eq}}{[Pb^{2+}]_{eq}} = \frac{\frac{[Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_{eq}}{V}}{\frac{[Pb^{2+}]_0 \cdot V + x_{eq}}{V}}$$

$$K = \frac{[Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_{eq}}{[Pb^{2+}]_0 \cdot V + x_{eq}}$$

Développement :

$$K([Pb^{2+}]_0 \cdot V + x_{eq}) = [Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_{eq}$$

$$K \cdot [Pb^{2+}]_0 \cdot V + K \cdot x_{eq} = [Sn^{2+}]_0 \cdot V - x_{eq}$$

$$K \cdot x_{eq} + x_{eq} = [Sn^{2+}]_0 \cdot V - K \cdot [Pb^{2+}]_0 \cdot V$$

$$x_{eq}(1+K) = [Sn^{2+}]_0 \cdot V - K \cdot [Pb^{2+}]_0 \cdot V$$

$$x_{eq} = \frac{V}{1+K}\left([Sn^{2+}]_0 - K \cdot [Pb^{2+}]_0\right)$$

Concentration finale :

$$[Sn^{2+}]_f = [Sn^{2+}]_0 - \frac{x_{eq}}{V}$$

$$= [Sn^{2+}]_0 - \frac{V}{V(1+K)}\left([Sn^{2+}]_0 - K \cdot [Pb^{2+}]_0\right)$$

$$= \frac{[Sn^{2+}]_0 + K \cdot [Sn^{2+}]_0 - [Sn^{2+}]_0 + K \cdot [Pb^{2+}]_0}{1+K}$$

$$\boxed{[Sn^{2+}]_f = \frac{K}{K+1}\left([Sn^{2+}]_0 + [Pb^{2+}]_0\right)}$$

Application numérique :

$$[Sn^{2+}]_f = \frac{1.47}{1.47+1}(20 \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-3}) = 0.01 \text{ mol/L}$$

2.3. Quantité d'électricité :

$$n(e^-) = 2x_m \qquad Q = n(e^-) \cdot F = I \cdot \Delta t$$

$$x_m = \frac{I \cdot \Delta t_{max}}{2F}$$

$$[Pb^{2+}]_0 \cdot V = \frac{I \cdot \Delta t_{max}}{2F}$$

Recherche du réactif limitant :

$$n(Pb^{2+}) < n(Sn^{2+})$$

$$\text{R.L est } Pb^{2+} \implies x_m = [Pb^{2+}]_0 \cdot V$$

$$\implies \boxed{\Delta t_{max} = \frac{2F[Pb^{2+}]_0 \cdot V}{I}}$$

ondes.

CORRECTION PHYSIQUE

Ondes

1.a. Faux
1.b. **Vrai**
c. **Vrai** $\tau \nearrow \quad N \searrow$
d. Faux.

Partie 2 :

1.

$$v = \frac{d}{\tau} = \frac{30 \times 10^{-2}}{0.2 \times 10^{-3}} = 1500 \text{ m/s}$$

2.

$$v_a = \lambda_a \cdot N$$

$$\lambda_a = \frac{v_a}{N} = v_a \cdot T = 340 \times 0.8 \times 10^{-3} = 0.272 \text{ m}$$

$$\frac{d}{\lambda_a} = \frac{30 \times 10^{-2}}{0.272} = 1.10 \implies d = 1.10\lambda_a$$

$$d = 1\lambda_a + 0.10\lambda_a$$

$$d_{min} = d - x = 1\lambda + 0.10\lambda - 1\lambda = 0.10\lambda$$

$$d_{min} = 0.10 \times 0.272 = 2.72 \text{ cm}$$

$$x = d - d_{min} = 30 - 2.72 = 27.28 \text{ cm}$$

3-1 nature ondulatoire de lumière.

3-2.

$$\tan\theta = \frac{L}{2D}$$

$$\tan\theta \simeq \theta \quad \implies \quad \theta = \frac{L}{2D} \text{ et } \theta = \frac{\lambda_1}{a}$$

$$\frac{L}{2D} = \frac{\lambda_1}{a} \qquad n = \frac{\lambda_0}{\lambda_1} \implies \lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\frac{L}{2D} = \frac{\lambda_0}{n \cdot a} \implies n = \frac{2D \cdot \lambda_0}{a \cdot L} = \frac{2 \times 20 \times 10^{-2} \times 633 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-5} \times 3.42 \times 10^{-2}}$$

$$n = 1.48$$

Partie 2 : Nucléaire

1.

$$a = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$$
$$\ln a = \ln(a_0 \cdot e^{-\lambda t})$$
$$\Longrightarrow \ln a = \ln a_0 + \ln e^{-\lambda t}$$
$$\Longrightarrow \ln a = \ln a_0 - \lambda t$$
$$\Longrightarrow -\ln a = -(\ln a_0 - \lambda t)$$
$$\Longrightarrow \boxed{-\ln a = \lambda t - \ln a_0}$$

Par analogie $\alpha = \lambda$ et $\beta = -\ln a_0$

2-1.

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

on a λ représente le coefficient directeur de courbe $-\ln a = f(t)$

$$\lambda = \frac{\Delta(-\ln a)}{\Delta t} = \frac{0 - (-46.93)}{(1.055 - 0) \times 10^4} = 4.44 \times 10^{-3}\ \text{s}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{4.44 \times 10^{-3}} = 156\ \text{s}$$

2.2.

$$a_0 = \lambda \cdot N_0$$
$$\ln a_0 = \ln \lambda + \ln N_0$$
$$\beta \leftarrow \quad -\ln a_0 = -\ln \lambda - \ln N_0$$
$$-46.93 = -\ln(4.44 \times 10^{-3}) - \ln N_0$$
$$\ln N_0 = -\ln(4.44 \times 10^{-3}) + 46.93$$
$$\ln N_0 = 52.3$$
$$\boxed{N_0 = e^{52.3}} = 5.17 \times 10^{22}$$

3.

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Pour désintégrer 95% des noyaux initiaux il faut qu'il reste 5% du noyaux initiaux.

$$5\% N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$
$$\frac{5}{100} = e^{-\lambda t} \Longrightarrow \ln\left(\frac{5}{100}\right) = -\lambda t$$

$$t = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{5}{100}\right)$$
$$t = \frac{-1}{4.44\times 10^{-3}}\times \ln\left(\frac{5}{100}\right)$$
$$t = 675\ \mathbf{s}$$

Électricité

partie 1 :

1. Loi d'additivité des tensions :

$$u_L + u_R = E$$
$$L\cdot\frac{di}{dt} + r\cdot i + R\cdot i = E$$
$$\frac{L}{R+r}\cdot\frac{d(R\cdot i)}{dt} + R\cdot i = \frac{ER}{R+r}$$
$$\frac{L}{R+r}\cdot\frac{du_R}{dt} + u_R = \frac{RE}{R+r}$$

2.

$$u_R(t) = U_0(1-e^{-t/\tau})$$
$$= U_0 - U_0\cdot e^{-t/\tau}$$

$$\frac{L}{R+r}\left(\frac{U_0}{\tau}\cdot e^{-t/\tau}\right) + U_0 - U_0\cdot e^{-t/\tau} = \frac{RE}{R+r}$$
$$U_0\cdot e^{-t/\tau}\underbrace{\left(\frac{L}{R+r}\times\frac{1}{\tau} - 1\right)}_{=0} = \frac{RE}{R+r} - U_0$$

$$\begin{cases}\frac{L}{R+r}\times\frac{1}{\tau} - 1 = 0\\ U_0 = \frac{RE}{R+r}\end{cases} \Longrightarrow \begin{cases}\tau = \frac{L}{R+r}\\ U_0 = \frac{RE}{R+r}\end{cases}$$

3.

$$u_R = U_0 - U_0\cdot e^{-t/\tau}$$
$$e^{-t/\tau} = \frac{U_0 - u_R}{U_0}$$
$$e^{t/\tau} = \frac{U_0}{U_0 - u_R}$$

$$\frac{t}{\tau} = \ln\left(\frac{U_0}{U_0 - u_R}\right) \iff \ln\left(\frac{U_0}{U_0 - u_R}\right) = \frac{1}{\tau} \cdot t$$

on a $\ln\left(\frac{U_0}{U_0 - u_R}\right) = k \cdot t$ est une fonction linéaire tel que par analogie $k = \frac{1}{\tau}$ (le coefficient directeur)

$$\tau = \frac{1}{k} = \frac{1}{\frac{60-0}{(24-0)\times 10^{-3}}} = \frac{24 \times 10^{-3}}{60} = 0.4 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

$$\tau = \frac{L}{R+r} \iff L = \tau(R+r)$$

$$L = 0.4 \times 10^{-3}(70 + 20)$$

$$L = 0.036\ \mathbf{H}$$

Partie 2 :

1.

$$u_L + u_R + u_c = 0$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i + u_c = 0$$

$$L \cdot \frac{d^2i}{dt^2} + R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{du_c}{dt} = 0$$

$$LC \cdot \frac{d^2i}{dt^2} + RC \cdot \frac{di}{dt} + C \cdot \frac{du_c}{dt} = 0$$

$$LC \cdot \frac{d^2(R \cdot i)}{dt^2} + RC \cdot \frac{d(R \cdot i)}{dt} + R \cdot i = 0$$

$$LC \cdot \frac{d^2u_R}{dt^2} + RC \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R = 0$$

2.

$$E_T(t=0) = \frac{1}{2}Cu_c^2$$

à $t = 0 : u_{L_0} + u_{R_0} + u_{c_0} = 0$

$$u_{c_0} = -u_{L_0} = -L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{L}{R} \cdot \left(\frac{du_R}{dt}\right)_0$$

$$u_{c_0} = -\frac{0.6}{40} \times \left(\frac{-2-0}{(2.5-0)\times 10^{-3}}\right) = 12\ \text{V}$$

$$E_{T_0} = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 12^2 = 7.2 \times 10^{-4}\ \text{J}$$

$$E_{T_1} = E_{e_1} + E_{m_1}$$

$$E_{m_1} = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}L\left(\frac{u_{R_1}}{R}\right)^2$$

$$E_{m_1} = \frac{1}{2} \times 0.6 \left(\frac{-0.5}{40}\right)^2 = 4.69 \times 10^{-5}\ \text{J}$$

$$E_{e_1} = \frac{1}{2}C \cdot u_{c_1}^2$$

$$u_{c_1} + u_{R_1} + u_{L_1} = 0$$

$$u_{c_1} = -u_{R_1} - u_{L_1}$$

$$= -u_{R_1} - \underbrace{L \cdot \frac{di}{dt}}_{\to 0}$$

$$= -(-0.5) = 0.5\ \text{V}$$

$$E_{e_1} = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 0.5^2 = 1.25 \times 10^{-6}\ \text{J}$$

$$E_{T_1} = 4.69 \times 10^{-5} + 1.25 \times 10^{-6} = 5.94 \times 10^{-5}\ \text{J}$$

$$\Delta E_T = E_{T_1} - E_{T_0} = 5.94 \times 10^{-5} - 7.2 \times 10^{-4} = -6.6 \times 10^{-4}\ \text{J}$$

Partie 3 :

1-1.

$$U = U_R + U_C + U_L$$

$$\Longrightarrow\ U_R = U - (U_C + U_L)$$

$$U_{max_1} > U_{max_2}$$

alors $C_1 \to U_1(t)$

1-2.

$$\varphi = \frac{2\pi}{T_0} \times \tau = \frac{2\pi}{10} \times 2 = \frac{4\pi}{10} = \frac{2\pi}{5}$$

puisque $i(t)$ en avance que $u(t)$ donc $\varphi = \frac{2\pi}{5}$ rad

1-3.

$$U_1 = Z \cdot I$$

$$I = \frac{U_2}{R} \text{ donc } U_1 = \frac{Z}{R} \cdot U_2$$

$$Z = R \cdot \frac{U_1}{U_2} = 2 \times \frac{10}{5} = 4\,\text{k}\Omega$$

2.

$$Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{210}{252 - 168} = 2.5$$

CORRECTION MÉCANIQUE

Partie 1 :

1.

$$\vec{a}_G = a_T \cdot \vec{u} + a_N \cdot \vec{n}$$

$$a_N = \frac{V_B^2}{R} = \frac{V_B^2}{r_0} = \frac{2g \cdot AB \sin\alpha}{AB}$$

on projette sur $(B, \vec{i})$

$$0R_T + P_T = ma_T \implies mg\sin(\beta) = m \cdot a_T$$

$$a_T = g\sin(\beta)$$

$$\alpha + \beta = \frac{\pi}{2} \iff \beta = \frac{\pi}{2} - \alpha$$

$$\vec{a} = g\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)\vec{u} + g\sin(\alpha) \cdot \vec{n}$$

$$a = \sqrt{g\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)^2 + (2g\sin\alpha)^2}$$

$$a = \sqrt{g^2\cos^2\alpha + 4g^2\sin^2(\alpha)} = g\sqrt{\cos^2(\alpha) + 4\sin^2(\alpha)}$$

2.1.

$$\vec{P}\left|\begin{array}{l} P_x = 0 \\ P_y = mg \end{array}\right. \qquad \vec{V_0}\left|\begin{array}{l} V_{0x} = V_B\sin\alpha \\ V_{0y} = V_B\cos\alpha \end{array}\right. \qquad B\left|\begin{array}{l} x_B = 0 \\ y_B = 0 \end{array}\right.$$

système étudié : {la balle}
bilan forces : $\vec{P}$ le Poids
en appliquant 2ème loi de Newton $\vec{P} = m \cdot \vec{a}$
on projette sur (Bx) et (By)

$$\begin{cases} P_x = ma_x \\ P_y = ma_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = g \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = g \end{cases}$$

Par intégration :

$$V_x = V_B \sin\alpha$$

$$V_y = gt + V_B \cos\alpha$$

Par intégration

$$\begin{cases} x(t) = V_B \sin(\alpha)t \\ y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + V_B \cos(\alpha)t \end{cases}$$

2-2.

$$H = y_D = \frac{1}{2}gt_D^2 + V_B \cos(\alpha) \cdot t_D$$

$$V_D = \sqrt{V_{Dx}^2 + V_{Dy}^2} = \sqrt{(V_B \sin\alpha)^2 + (-gt_D + V_B \cos\alpha)^2}$$

$$V_D^2 = V_B^2 \sin^2(\alpha) + \left(g^2t_D^2 + 2gt_D V_B \cdot \cos\alpha + V_B^2 \cos^2(\alpha)\right)$$

$$= V_B^2 + g^2t_D^2 + 2gt_D \cdot V_B \cdot \cos\alpha$$

$$g^2t_D^2 - 2gt_D \cdot V_B \sin\alpha + V_B^2 - V_D^2 = 0$$

$$a = g^2 = 100$$

$$b = 2gV_B \cos\alpha = 2 \times 10 \times 2\cos(30) = 34.64$$

$$c = V_B^2 - V_D^2 = 4 - 16 = -12$$

$$V_B = \sqrt{2gr\sin\alpha} = 2 \text{ m/s}$$

$$t_{D1} = -0.565$$

$$t_{D2} = 0.21 \text{ s}$$

$$H = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.21^2 + 2 \times \cos(30) \times 0.21 = 0.58 \text{ m} = 58 \text{ cm}$$

$$H \simeq 60 \text{ cm}$$

3-1. système étudié : {solide (S)}
bilan forces : $\vec{P}$ le Poids ; $\vec{F_A}$; $\vec{f}$
en appliquant $2^{\text{ème}}$ loi de Newton $\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

$$\vec{P} + \vec{f} + \vec{F_A} = m\vec{a}$$

projection sur (Oz) : $mg - k \cdot v - \rho_0 \cdot V \cdot g = ma$

$$a = g - \frac{k}{m}v - \frac{\rho_0 \cdot V}{m}$$

$$a = g\left(1 - \frac{\rho_0 \cdot V}{m}\right) - \frac{k}{m}v$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_0 \cdot V}{\rho \cdot V}\right)$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau}v = g\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

tel que : $\tau = \frac{m}{k}$

3-2.

$$\begin{cases} V_0 = V_B \\ V_{\text{lim}} = \tau g\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \end{cases}$$

$$v(t) = A \cdot e^{-t/\tau} + B$$

$$v(t=0) = A + B = V_B \iff A = V_B - V_{\text{lim}}$$

$$V_{\text{lim}} = B = \tau g\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

3-3.

$$V_{z\,\text{lim}} = -0.6 \text{ m/s}$$

3-4.

$$V_z = A \cdot e^{-t/\tau} + B$$

$$V_z = \frac{dz}{dt} \iff dz = (A \cdot e^{-t/\tau} + B)dt$$

$$z - z_0 = -A \cdot \tau \cdot e^{-t/\tau} + B \cdot t$$

$$z - z_0 = -(V_B - V_{\text{lim}}) \cdot \tau \cdot e^{-t/\tau} + V_{\text{lim}} \cdot t$$

$$z = (V_{\text{lim}} - V_B)\tau e^{-t/\tau} + V_{\text{lim}} \cdot t$$

$$z(5\tau) = (V_{\text{lim}} - V_B)\tau e^{-5\tau/\tau} + V_{\text{lim}} \cdot 5\tau$$

Partie 2 :

1. système étudié : {solide (S)}
bilan forces : $\vec{P}$ poids

$\vec{T}$ tension du ressort

$$\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$$

$$P = T = k \cdot \Delta l_e \iff mg = k \cdot \Delta l_e$$

$$\Delta l_e = \frac{mg}{K}$$

2. système étudié : {solide (S)}
bilan forces : $\vec{P}$ poids
$\vec{T}$ tension du ressort
en appliquant $2^{\text{ème}}$ loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{T'} = m\vec{a}$$

Projection sur (Oz) : $mg - T = ma$

$$T = mg - ma$$

$$0M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{T'}) + M_\Delta(\vec{F'}) + 0M_\Delta(\vec{R}_0) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$
$$T \cdot r - F \cdot r = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$
$$r(mg - ma) - k(\Delta l_e + x) \cdot r = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$
$$mgr - mar - k\Delta l_e \cdot r - k \cdot x \cdot r = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$
$$J_\Delta \cdot \ddot{\theta} + m(r \cdot \ddot{\theta})r = -k(r \cdot \theta) \cdot r$$

car $mg - k \cdot \Delta l_e = 0$

$$\ddot{\theta}(J_\Delta + mr^2) + Kr^2\theta = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{Kr^2}{J_\Delta + mr^2} \cdot \theta = 0$$

3-1.

$$\dot{\theta} = -\theta_m \left(\frac{2\pi}{T_0}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\theta(t=0) = -\theta_m \sin\varphi \iff +\frac{\theta_m}{2} = -\theta_m \sin(\varphi)$$

$$\sin\varphi = \frac{1}{2}$$

$$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\pi}{6} \text{ ou } \varphi = \frac{5\pi}{6}$$

on a $\dot{\theta} < 0$ donc $\varphi = \frac{5\pi}{6}$

3-2.

$$\dot{\theta}_m = \frac{2\pi}{T_0}\theta_m$$

$$\theta_m = \frac{T_0}{2\pi} \cdot \dot{\theta}_m = \frac{4 \times 157 \times 10^{-3}}{2\pi} \times 20 = 2 \text{ rad}$$

3-3.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta + mr^2}{Kr^2}}$$

$$\frac{T_0^2}{4\pi^2} = \frac{J_\Delta + mr^2}{Kr^2}$$

$$J_\Delta + mr^2 = \frac{T_0^2 \times Kr^2}{4\pi^2} \iff J_\Delta = \frac{Kr^2 \times T_0^2}{4\pi^2} - mr^2$$

$$J_\Delta = \frac{200^2 \times \left((157 \times 2) \times 10^{-3}\right)^2}{4\pi^2} - \left[400 \times 10^{-3} \times (10 \times 10^{-2})^2\right]$$

$$J_\Delta = \quad \mathbf{kg \cdot m^2}$$

الإمتحان الوطني التجريبي للبكالوريا

المسالك الدولية

الدورة العادية 2026

– ثانوية أم الربيع أزمور –

Lycée oum-Errabia Azemmour

Pr Chafiki

المملكة المغربية
ⵜⴰⴳⵍⴷⵉⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⴱ
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأولي والرياضة
ⵜⴰⵎⴰⵡⴰⵙⵜ ⵏ ⵓⵙⴳⵎⵉ ⴰⵏⴰⵎⵓⵔ
ⴷ ⵓⵙⵙⵍⵎⴷ ⴰⵎⵣⵡⴰⵔⵓ ⴷ ⵜⵓⵏⵏⵓⵏⵜ
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الانجاز	3h
الشعبة	شعبة العلوم التجريبية : مسلك العلوم الفيزيائية ـ خيار فرنسية	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifiques non programmable est autorisé.

On donnera les expression littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte quatre exercices :

Exercice 1 (7 points) :

- Étude de quelques réactions chimiques d'acide éthanoïque.

Exercice 2 (2,5 points) :

- Phénomène de diffraction des ondes lumineuses.

Exercice 3 (5 points) :

- Charge d'un condensateur;
- Décharge d'un condensateur dans une bobine;

Exercice 4 (5,5 points) :

- Étude du mouvement d'un solide.
- Étude d'un système mécanique oscillant.

Exercice 1 (7 points)

Les acides et les bases sont des composés chimiques importants en raison de leur lien direct avec notre vie quotidienne et de leurs vastes applications dans les domaines de l'industrie, de la médecine et de la recherche scientifique. Parmi ces applications, on trouve l'utilisation de l'acide dichloroéthanoïque pour traiter les cellules cancéreuses.

Cet exercice vise à étudier la réaction de l'acide dichloroéthanoïque ($CHCl_2COOH$) avec l'eau en utilisant deux méthodes différentes, puis à étudier l'effet de la constante d'équilibre sur le taux d'avancement final. Pour étudier l'effet de l'état initial sur la réaction de l'acide dichloroéthanoïque **(noté AH)** avec l'eau, on prépare deux solutions aqueuses d'acide dichloroéthanoïque, puis effectue deux mesures différentes :

- Mesurer la valeur de pH du solution (S_1).
- Mesurer la valeur de la conductivité σ de la solution (S_2) après la dilution de (S_1):

Donnée:
Conductivités molaires ioniques à 25^oC en $mS.m^2.mol^{-1}$:

$$\lambda_1 = \lambda_{H_3O^+} = 35,0 \ ; \ \lambda_2 = \lambda_{CHCl_2COO^-} = 3,83$$

1- Étude de la solution (S_1)
La mesure de la valeur du pH de La solution (S_1) de concentration $C_1 = 0,10mol.L^{-1}$ et un volume $V_1 = 100mL$ à 25^oC est $pH_1 = 1,30$

1.1- Déterminer le taux d'avancement final de la réaction τ_1. **(0,5pt)**

1.2- Exprimer le quotient de la réaction $Q_{r,q1}$ en fonction de pH et C_1. **(0,75pt)**

1.3- Déduire la valeur de la constante d'équilibre K_1 associée à la réaction dans la solution S_1. **(0,5pt)**

2- Étude de la solution (S_2)
On obtient la solution (S_2) de concentration $C_2 = 0,01mol.L^{-1}$ et un volume $V_2 = 100mL$. La mesure de la conductivité de solution (S_2) à 25℃ donne la valeur : $\sigma = 0,332S.m^{-1}$.

2.1- Exprimez le taux d'avancement final τ_2 de la réaction dans la solution (S_2) en fonction de σ, C_2, λ_1 et λ_2. calculer sa valeur **(0,75pt)**

2.2- Montrer que l'expression de la concentration on ion de l'acide dichloroéthanoylique **AH** à l'équilibre est: $[AH]_{eq} = C_2(1 - \tau_2)$ **(0,75pt)**

2.3- Trouvez l'expression de la constante d'équilibre K_2 puis calculer sa valeur. **(0,75pt)**

2.4- Comparez τ_1 et τ_2. Et déduire l'effet de la dilution sur la dissociation de l'acide dichloroéthanoïque dans l'eau. **(0,5pt)**

3- cinétique de la transformation d'acide dichloroéthanoïque On introduit dans un ballon une solution aqueuse (S_3) de dichloroéthanoïque ($CHCl_2COOH$) de quantité de matière n_1. On y ajoute, à l'instant t_0, une solution aqueuse de dibrome $Br_{2(aq)}$ de quantité de matière n_2 (avec $n_2 < n_1$). Le mélange réactionnel est maintenu à une température constante θ_1. L'équation chimique de la réaction qui a eu lieu s'écrit :

$$HCO_2H_{(aq)} + Br_{2(aq)} \rightarrow 2HBr + CO_2CC\ell_2$$

Une étude expérimentale a permis de déterminer les valeurs de l'avancement x et de la vitesse

volumique v de la réaction à différents instants t. Les résultats sont dressés dans le tableau ci-dessous.

t(s)	50	200	450	800	1231	1300
$x(10^{-3}mol)$	0,190	0,600	0,941	1,13	1,20	1,20
$v(10^{-6}mol.L^{-1}.s^{-1})$	2,7	1,7	0,75	0,33	0	0

3.1- En exploitant les données du tableau:

3.1.1- déterminer la valeur de l'avancement final x_f de la réaction. Déduire la valeur de n_2. **(0,75pt)**

3.1.2- Définir puis déterminer la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. **(0,75pt)**

3.1.3- interpréter qualitativement la variation de la vitesse volumique de la réaction. **(0,5pt)**

3.2- On refait l'expérience en utilisant les mêmes quantités de matière à une température θ_2 avec $(\theta_1 < \theta_2)$. Quel est l'effet de l'augmentation de la température sur:

3.2.1- la vitesse volumique de réaction? **(0,25pt)**

3.2.2- la valeur de l'avancement final ? **(0,25pt)**

Exercice 2 (3 points)

Dans cet exercice on se propose d'étudier le phénomène de diffraction.
On a obtenu les deux clichés (1) et (2) de la figure 1, lors d'une expérience de diffraction, en laissant inchangé tous les éléments du dispositif et en utilisant deux lasers émettant deux lumières monochromatiques de longueurs d'ondes différentes λ_1 et λ_2.

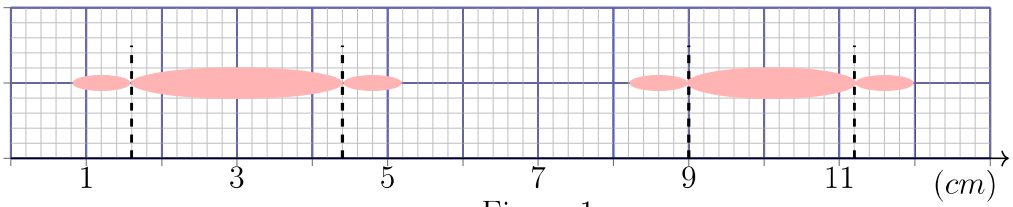


Figure 1

1- Diffraction d'une onde monochromatique :

1.1- En exploitant les deux clichés, montrer que $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{14}{11}$ **(0,5pt)**

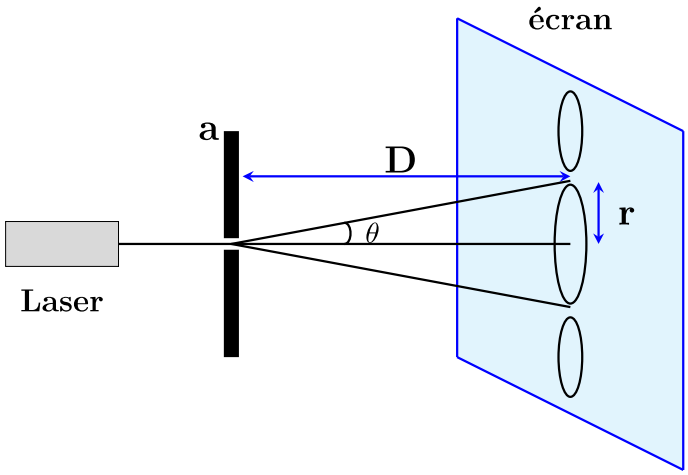
1.2- La longueur d'onde de la lumière émise par l'un des deux lasers est égale à 720 nm.Sachant que les deux lasers émettent dans le domaine visible, déterminer les valeurs de λ_1 et λ_2. **(0,5pt)**

1.3- Choisir parmi les affirmations suivantes l'affirmation juste : **(0,25pt)**

B	Dans un milieu dispersif, la célérité d'une onde lumineuse ne varie pas avec la fréquence.
C	Une onde lumineuse monochromatique est caractérisée par sa fréquence.
D	la lumière se propagent seulement dans les milieux transparents.
E	Une onde lumineuse monochromatique est caractérisée par sa fréquence sont 400 mm et 800 mm.

2- Étude d'une couleur d'un Laser :

Un autre faisceau de lumière, parallèle monochromatique, de longueur d'onde dans le vide λ, produit par une source laser, arrive sur une fente verticale, de diamètre a. On place un écran à une distance D = 2m de cette fente ; la distance D est grande devant a.



2.1- En s'aidant des deux figures 2 et 3 , identifier la couleur de laser utilisé. **(0,75pt)**

2.2- On éclaire avec cette source laser un prisme en verre d'indice de réfraction n = 1,68. Calculer la valeur de la longueur d'onde λ_n de cette onde dans ce milieu transparent. **(0,75pt)**

2.3- Justifier comment varie la célérité de l'onde lumineuse à l'intérieur du prisme. **(0,25pt)**

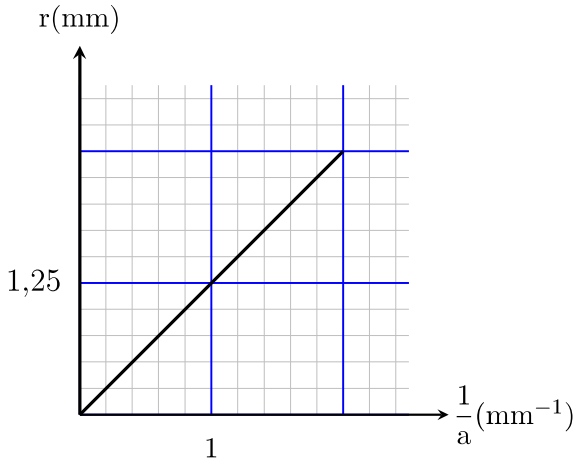


Figure 2

Longueur d'onde (nm)	couleur de Laser
487,4	bleue
433	verte
625	rouge
580	jaune
580	jaune

Figure 3

Exercice 3 (5 points) :

Dans cet exercice se propose d'étudier :

- La réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension ascendant.
- Un circuit oscillant RLC.

1- Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension :

On réalise le montage électrique, représenté sur le schéma de la figure 1, comportant :

- Un générateur de tension de force électromotrice E.
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 3.10^2\Omega$
- Une bobine (b) d'inductance L et de résistance négligeable.
- Un interrupteur K.

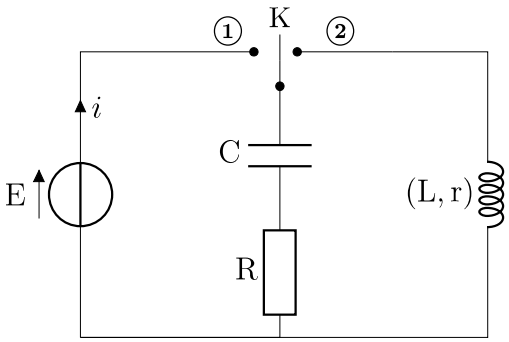


Figure 1

On place l'interrupteur K en position (1) à l'instant $t_0 = 0$.

1.1- Établir l'équation différentielle vérifiée par $q(t)$. **(0,5pt)**

1.2- Déduire que: $i = \dfrac{E}{R} - \dfrac{q}{RC}$ **(0,25pt)**

1.3- la courbe de la figure 2 représente les variations de l'intensité $i(t)$ en fonction de $q(t)$.

1.3.1- Déterminer la valeur de E . **(0,5pt)**

1.3.2- La valeur de la constante de temps. **(0,5pt)**

1.3.3- Vérifier que $C = 10\mu F$. **(0,5pt)**

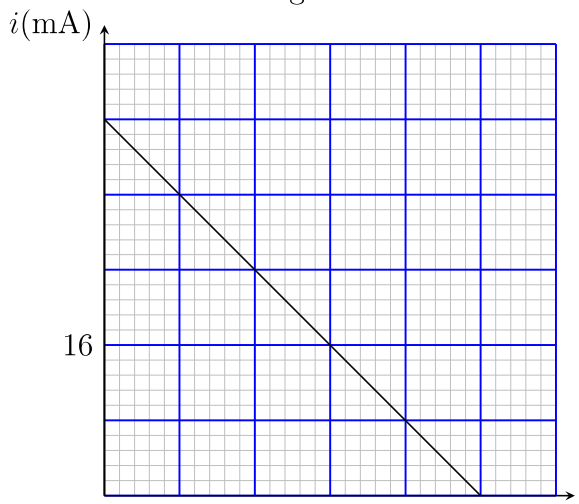


Figure 2

2- Oscillations libres dans le circuit RLC :

Après avoir chargé totalement le condensateur, On bascule l'interrupteur K sur la position (2) à l'instant $t_0 = 0$.

Un système informatique adéquat a permis d'obtenir les courbes représentant l'évolution au cours du temps de l'intensité du courant $i(t)$ circulant dans le circuit et de $E_e(t)$ l'énergie emmagasinée dans le condensateur.

2.1- Par application de la loi d'additivité des tensions établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ entre les bornes du condensateur. **(0,5pt)**

2.2- En considérant la pseudo-période égale à la période propre de l'oscillateur, trouver la valeur de l'inductance L de la bobine **(0,75pt)**

2.3- Soit E_t l'énergie totale du circuit à un instant t. Exprimer $\dfrac{dE_t}{dt}$ en fonction de R et i. Conclure. **(0,75pt)**

2.4- Trouver $|\Delta E_t|$ l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit entre les instants $t = 0$ et $t = 4ms$.**(0,75pt)**

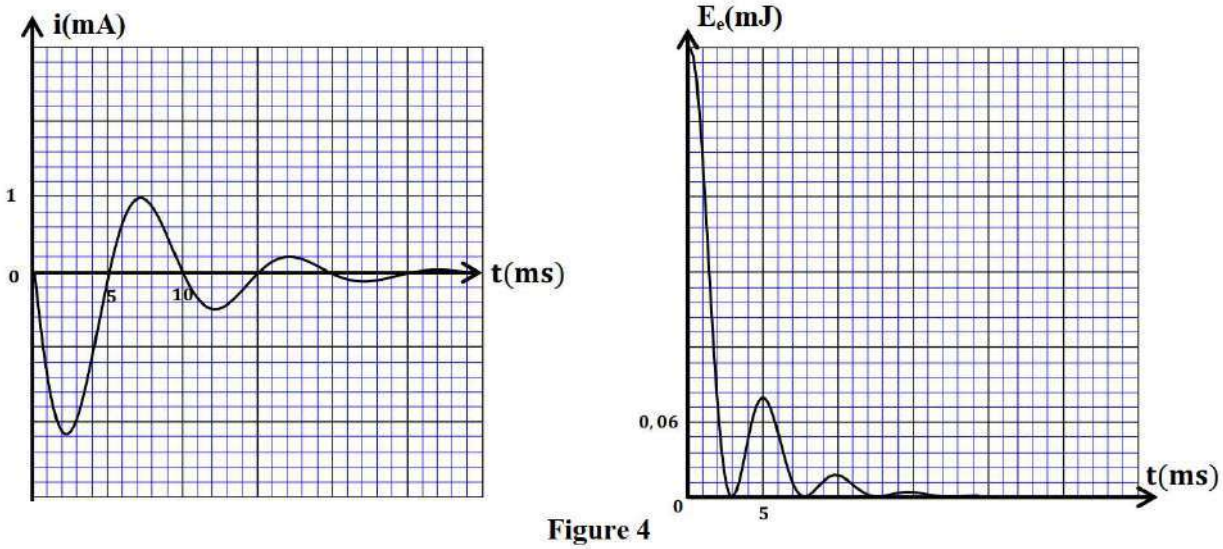


Figure 4

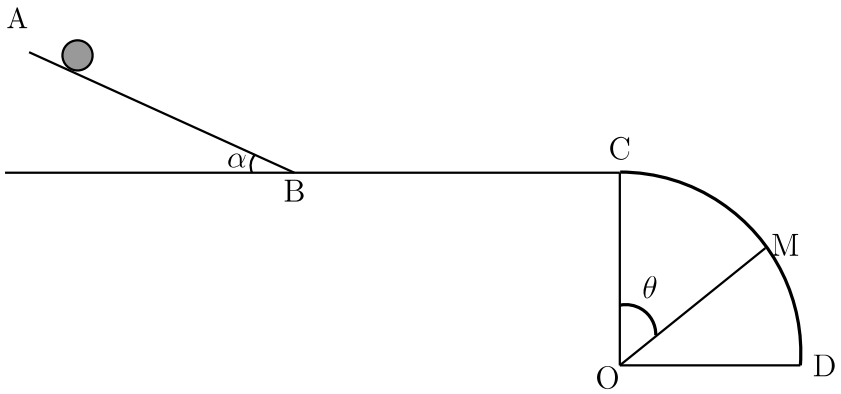
Exercice 4 (5 points)

Les deux parties sont indépendantes :

Partie I : Étude du mouvement d'un solide

Un corps solide S de masse m = 100 g se déplace sur un rail ABCD contenant trois portions:

- La portion AB est inclinée d'un angle α sur laquelle le mouvement se fait sans frottement : AB = 90 cm **et** $\alpha = 30^0$ **et** g = 10 m.s^{-2}
- La portion BC est rectiligne: BC = 2 m
- La portion CD est circulaire de centre O et de rayon r sur laquelle le mouvement se fait sans frottement.



1- Le corps S part du point A sans vitesse initiale.

1.1- Déterminer l'accélération du corps S sur la portion AB puis en déduire la nature du mouvement. **(0,5pt)**

1.2- Déterminer la vitesse v_B du corps S au point B.**(0,5pt)**

2- Sachant que le corps S s'arrête au point C, et que la force de frottement durant la portion BC

est $f = 0,225\,N$. Déterminer l'accélération a_{BC} durant cette portion.**(0,5pt)**

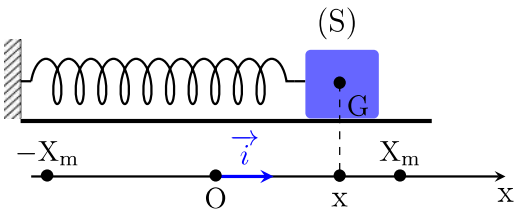
3- Le corps S continue son mouvement sur le rail CD.

3.1- En appliquant la deuxième loi de Newton à S dans le repère de Frenet $(M,\vec{u},\vec{n})$ au point M, montrer que l'intensité de la réaction exercée par le plan de contact sur S est:
$R = mg(3cos\theta - 2)$ **(1pt)**

3.2- Sachant que le corps quitte le rail au point M_0 repéré par l'angle θ_0. Déterminer la valeur de θ_0.**(0,25pt)**

Partie II : Étude du mouvement d'une balançoire

Un oscillateur mécanique élastique est constitué d'un ressort de constante de raideur $K = 10\,N.m^{-1}$ associé à un solide de masse $m = 250\,g$. On écarte le système de sa position d'équilibre de **2 cm** et on l'abandonne sans vitesse initiale. On considère l'axe $(O,\vec{i})$ avec O coïncide avec la position du centre d'inertie G du solide à l'équilibre et le vecteur unitaire $\vec{i}$ parallèle au déplacement du solide.



On repère la position G du solide à chaque instant par l'élongation $OG = x(t)$.

1- Montrer que le mouvement du centre d'inertie G du solide obéit, en absence de frottement, à l'équation différentielle suivante: **(0,5pt)**

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}.x = 0$$

2- La solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$x(t) = X_m.\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi\right)$$

2.1- Déterminer l'expression de la période propre T_0 des oscillations du pendule élastique et calculer sa valeur.**(0,5pt)**

2.2- Déterminer les paramètres X_m et φ, sachant qu'à l'instant $t = 0$, G passe par la position d'équilibre du pendule dans le sens positif. Écrire cette solution.**(0,5pt)**

2.3- Déterminer l'expression de la vitesse des oscillations à l'instant t, en déduire la vitesse maximale du système.**(0,5pt)**

2.4- Déterminer les caractéristiques de la force $\vec{F}$ exercée par le ressort au solide dans les deux cas suivants: **(0,5pt)**

- lorsque le solide passe par sa position d'équilibre stable.
- lorsque $x = -X_m$ et $x = X_m$.

CORRECTION EXAMEN BLANC PHYSIQUE 3

Partie I : Étude d'une solution aqueuse d'acide

1.1. Équation de la réaction :

$$\mathbf{AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+}$$

Équation Réaction		$AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$			
État	Avancement	Quantités de matière (mol)			
Initial	0	$C \cdot V$	Excès	0	0
Intermédiaire	x	$C \cdot V - x$		x	x
Équilibre	$x_{éq}$	$C \cdot V - x_{éq}$		$x_{éq}$	$x_{éq}$

$$\tau_1 = \frac{x_{éq}}{x_m}$$

— H_2O est en excès alors $x_m = C \cdot V$

— $x_{éq} = [H_3O^+]_{éq} \cdot V = 10^{-pH_1} \cdot V$

$$\tau_1 = \frac{10^{-pH_1} \cdot V}{C \cdot V} \Longrightarrow \tau_1 = \frac{10^{-pH_1}}{C} = \frac{10^{-1,30}}{0,10} = 0,5 < 1$$

Conclusion : Réaction est limitée.

1.2.

$$Q_{r,éq} = \frac{[A^-]_{éq} \cdot [H_3O^+]_{éq}}{[AH]_{éq}}$$

D'après T.A : $[A^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH_1}$

$[AH]_{éq} = C_1 - [H_3O^+]_{éq} = C_1 - 10^{-pH_1}$

$$Q_{r,éq_1} = \frac{10^{-2pH_1}}{C_1 - 10^{-pH_1}} = \frac{10^{-2\times1,30}}{0,10 \times 10^{-1,30}} = 5 \times 10^{-2} < 10^4$$

1.3.

$$K = Q_{r,éq} = 5 \times 10^{-2}$$

Partie II : Conductimétrie et Constante d'équilibre

(2) **2.1.** $\tau_2 = \frac{[H_3O^+]_2}{C_2}$

$$\sigma_{éq} = \lambda_1 \cdot [A^-]_{éq} + \lambda_2 \cdot [H_3O^+]_{éq}$$

DTA : $[A^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq}$

$$\sigma_{éq} = (\lambda_1 + \lambda_2) \cdot [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_{éq}}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad \longrightarrow \text{mol.m}^{-3}$$

$$\tau_2 = \frac{\sigma_{éq}}{C_2(\lambda_1 + \lambda_2)} \quad \longleftarrow C(\text{mol.m}^{-3})$$

$$\tau_2 = \frac{0,332}{0,01 \times 10^3 (35 + 3,83) \times 10^{-3}}$$

$$\tau_2 = 0,85$$

2.2. $[AH]_{éq} = \frac{n(AH)_{éq}}{V} = \frac{C_2 \cdot V_2 - x_{éq}}{V_2} = C_2 - \frac{x_{éq}}{V_2}$

$$= C_2 - [H_3O^+]_2 = C_2 - \tau_2 \cdot C_2 = C_2(1 - \tau_2)$$

$$\tau_2 = \frac{[H_3O^+]_2}{C_2} \implies [H_3O^+]_2 = \tau_2 \cdot C_2$$

2.3. $K_2 = Q_{r,éq} = \frac{[A^-]_{éq} \times [H_3O^+]_{éq}}{[AH]_{éq}}$

$$\begin{cases} [A^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq} = \tau_2 \cdot C_2 \\ [AH]_{éq} = C_2(1 - \tau_2) \end{cases}$$

$$K_2 = \frac{\tau_2^2 \cdot C_2^2}{C_2(1 - \tau_2)} = \frac{\tau_2^2 \cdot C_2}{1 - \tau_2}$$

(A.N) : $K_2 = \frac{0,85^2 \times 0,01}{1 - 0,85} = 5 \times 10^{-2}$

2.4. $\tau_1 < \tau_2$ et $C_1 > C_2$

Dilution augmente la dissociation d'Acide.

Partie III : Suivi temporel

1. $x_f = 1,20 \times 10^{-3}$ mol R. totale $\implies x_f = x_m$

$x_m = 1,20 \times 10^{-3}$ mol et $n_2 < n_1$

Le Br_2 est le réactif limitant (R.L) donc $n_2 = x_m = 1,20 \times 10^{-3}$ mol

2. $x_{1/2} = \frac{x_f}{2} = \frac{1,20 \times 10^{-3}}{2} = 0,6 \times 10^{-3}$ mol

$t_{1/2} = 200$ s

3. vitesse volumique diminue au cours du temps.

3.2.1. Facteurs cinétiques :

→ **La température** ↗ $\Longrightarrow$ $\begin{cases} \text{vitesse volumique} \nearrow \\ t_{1/2} \searrow \end{cases}$

→ **Quantité de matière** ↗ $\Longrightarrow$ $\begin{cases} \text{vitesse volumique} \nearrow \\ t_{1/2} \searrow \\ \text{valeur de } x_f \nearrow \end{cases}$

Exercice 2 : Ondes

1. 1.1.

$$\frac{L_1}{\lambda_1} = \frac{2D}{a} \qquad \frac{L_2}{\lambda_2} = \frac{2D}{a}$$

$$L_1 = \frac{2D\lambda_1}{a} \qquad L_2 = \frac{2D\lambda_2}{a}$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{\frac{2D\cdot\lambda_1}{a}}{\frac{2D\cdot\lambda_2}{a}} \Longrightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2,8}{2,2} = \frac{14}{11}$$

1.2. $L_1 > L_2 \Longrightarrow \lambda_1 > \lambda_2 \Longrightarrow$ $\lambda_1 = 720$ nm

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{14}{11} \Longrightarrow \lambda_2 = \frac{L_2}{L_1} \times \lambda_1 = \frac{11 \times 720}{14}$$

$\lambda_2 = 565,6$ nm

1.3.

$B \rightarrow$ Faux
$C \rightarrow$ Vraie
$D \rightarrow$ Faux
$E \rightarrow$ Faux

2.1. $\tan\theta = \frac{r}{D}$

$\tan\theta \simeq \theta \Longrightarrow \theta = \frac{r}{D}$ et $\theta = \frac{\lambda}{a}$

$$\frac{r}{D} = \frac{\lambda}{a} \Longrightarrow r = \lambda D \times \frac{1}{a}$$

D'après figure 2, on a $r = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est une fonction linéaire $r = K \times \frac{1}{a}$ telle que K est le coefficient directeur.
Par analogie $K = \lambda D \implies \lambda = \frac{K}{D} = \frac{1{,}25\times10^{-6}}{2} = 6,25 \times 10^{-7}$ m $= 625 \times 10^{-9}$ m
Calcul de K :

$$K = \frac{\Delta r}{\Delta\left(\frac{1}{a}\right)} = \frac{1,25 \times 10^{-3} - 0}{1 \times 10^{3} - 0} = 1,25 \times 10^{-6}$$

Couleur de Laser : Rouge.

Exercice 3 Électricité

1.1. $U_C + U_R = E$

$$\frac{q}{C} + R \cdot i = E \qquad \text{avec } i = \frac{dq}{dt}$$

$$C\left(\frac{q}{C} + R \cdot \frac{dq}{dt}\right) = E \times C$$

$q + RC \cdot \frac{dq}{dt} = CE$ $\quad (RC \to \tau)$

$q + \tau \cdot \frac{dq}{dt} = CE$

1.2. $R \cdot i = E - \frac{q}{C}$

$$i = \frac{E}{R} - \frac{1}{RC} \cdot q$$

1.3. $I_0 = \frac{E}{R} \implies E = R \times I_0$

$$E = 3 \times 10^2 \times 40 \times 10^{-3} = 12\text{V}$$

1.3.2. On a $i = f(q)$ est une fonction affine $i = K \cdot q + b$
et on sait que $i = I_0 - \frac{1}{RC} \cdot q$
par analogie $K = \frac{-1}{RC}$ coefficient directeur.

$$K = \frac{16 \times 10^{-3} - 40 \times 10^{-3}}{72 \times 10^{-6} - 0} = -333,33$$

$$-333,33 = \frac{-1}{\tau} \implies \tau = \frac{1}{333{,}33} = 3 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

1.3.3. On sait que $\tau = R \times C$

$$\Longrightarrow\ C = \frac{\tau}{R} = \frac{3 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{2}} = 10 \times 10^{-6}\ \text{F} = 10\mu\text{F}$$

Partie II : RLC

1. $u_L + u_R + u_C = 0$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i + u_C = 0$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + i(R + r) + u_C = 0 \qquad \text{avec } i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$$

$LC \cdot \frac{d^2u_C}{dt^2} + C \cdot \frac{du_C}{dt}(R + r) + u_C = 0$

2. $T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \Longrightarrow T_0 = T = 10\ \text{ms}$

$$T_0^2 = 4\pi^2 LC \Longrightarrow L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C} = \frac{(10 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 10 \times 10^{-6}}$$

$L = 0,25\ \text{H}$

3. $\mathcal{E}_T = E_e + E_m$

$$\mathcal{E}_T = \frac{1}{2}C \cdot u_C^2 + \frac{1}{2}L \cdot i^2$$

$$\frac{d\mathcal{E}_T}{dt} = \frac{1}{2} \times 2 \times C \cdot u_C \cdot \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{2}L \times i \times 2 \times \frac{di}{dt}$$

$$= i \times u_C + L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} = i\left(L \cdot \frac{di}{dt} + u_C\right)$$

et on a $L \cdot \frac{di}{dt} + i(r + R) + u_C = 0 \Longrightarrow L \cdot \frac{di}{dt} + u_C = -i(R + r)$

$\frac{d\mathcal{E}_T}{dt} = i(-i(R + r)) = -i^2(R + r)$

4. $\Delta\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{T_1} - \mathcal{E}_{T_0}$

$$\mathcal{E}_{T_1} = E_{e_1} + \frac{1}{2}L \cdot i^2$$

$$= 0,048 \times 10^{-3} + \frac{1}{2} \times 0,25 \times (-1 \times 10^{-3})^2$$

$$= 4,81 \times 10^{-5}\ \text{J}$$

$$\mathcal{E}_{T_0} = E_e(0) = 0,36 \times 10^{-3}\ \text{J}$$

$$\Delta\mathcal{E}_T = 4,8 \times 10^{-5} - 0,36 \times 10^{-3} = -3,12 \times 10^{-4}\ \text{J}$$

$|\Delta\mathcal{E}_T| = 3,12 \times 10^{-4}\ \text{J}$

Exercice 4 : Mécanique

1. Système étudié : { solide (S) }
Bilan forces :
$\vec{P}$ le poids
$\vec{R}$ Réaction du plan
En appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}_G$$

On projette sur (ox) :

$$mg \sin \alpha = m \cdot a_x$$

$$a_x = g \sin \alpha = 10 \times \sin(30^\circ) = 5 \text{ m/s}^2$$

Nature du Mouvement : M.R.U.V

1.2. $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + V_A t + x_A$ (avec $V_A = 0$ et $x_A = 0$)

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1}{2}at^2 \\ v(t) = \frac{dx}{dt} = at \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} AB = x_B - x_A \quad (x_A = 0) \\ V_B = a \cdot t_B \end{cases}$$

$$\begin{cases} AB = \frac{1}{2}at_B^2 \\ V_B = a \cdot t_B \end{cases} \Longleftrightarrow t_B = \sqrt{\frac{2AB}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 90 \times 10^{-2}}{5}}$$

$$\boxed{t_B = 0,6 \text{ s}}$$

$V_B = 5 \times 0,6 = 3$ **m/s**

3.1. Système étudié : { solide (S) }
Bilan forces :
$\vec{P}$ le poids
$\vec{R}$ Réaction du plan
En appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}_G$$

On projette sur (Bx) :

$$P_x + R_x = m \cdot a_{BC} \quad (P_x = 0)$$

$$-f = m \cdot a_{BC}$$

$$a_{BC} = \frac{-f}{m} = \frac{-0,225}{100 \times 10^{-3}} = -2,25 \text{ m/s}^2$$

3.1.
Système étudié : { solide (S) }
Bilan forces :

$\vec{P}$ le poids
$\vec{R}$ Réaction du plan
En appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}_G$$

Projeter sur $(M, \vec{n})$:

$$P_N + R_N = m \cdot a_N$$

$$mg\cos(\alpha) - R = m \cdot \frac{V_M^2}{r} \quad \rightarrow \quad R = mg\cos\theta - m \cdot \frac{V_M^2}{r}$$

On a $V_M^2 = V_C^2 + 2gr(1 - \cos\theta)$

$$R = mg\cos\theta - m \cdot \frac{\left(V_C^2 + 2gr(1 - \cos\theta)\right)}{r}$$

$$= \frac{mgr\cos\theta - m \cdot V_C^2 \ - 2mgr(1 - \cos\theta)}{r}$$

$$= \frac{mgr\cos\theta - 2mgr + 2mgr\cos\theta}{r}$$

$$= \frac{3mgr\cos\theta - 2mgr}{r}$$

$R = \frac{mgr(3\cos\theta - 2)}{r} = mg(3\cos\theta - 2)$

3.3. $R = 0$

$$mg(3\cos(\theta_0) - 2) = 0$$

$$3\cos(\theta_0) - 2 = 0 \quad \text{car } mg \neq 0$$

$$\cos\theta_0 = \frac{2}{3}$$

$$\theta_0 = \cos^{-1}\left(\frac{2}{3}\right) = 48°$$

Partie II :

1. Système étudié : { solide (S) }
Bilan forces :
$\vec{P}$: Poids
$\vec{R}$: Réaction de plan horizontale.

$\vec{T}$: la force de rappel

En appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m \cdot \vec{a}_G$$

On projette sur (Ox) :

$$P_x + R_x + T_x = m \cdot a_x$$

On remarque que $\vec{R} \perp (Ox)$ et $\vec{P} \perp (Ox)$ donc $P_x = 0$ et $R_x = 0$.

$$T_x = -T = -k \cdot x$$

Donc $0 + 0 - k \cdot x = m \cdot a_x$

$$\Longrightarrow \; -k \cdot x = m \cdot a_x \quad \text{avec } a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$$

$$\Longrightarrow \; m\ddot{x} + k \cdot x = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$$

2. On sait que $x(t) = x_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

$$\Longrightarrow \; \dot{x} = -x_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\Longrightarrow \; \ddot{x} = -x_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\Longrightarrow \; \ddot{x} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \underbrace{x_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)}_{x}$$

$$\Longrightarrow \; \ddot{x} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot x$$

$$\Longrightarrow \; \ddot{x} + \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot x = 0$$

Par identification avec :

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0 \; \Longrightarrow \; \frac{k}{m} = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$$

$$\Longrightarrow \; T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{250\times10^{-3}}{10}} = 1\text{ s}$$

2.2. $x_m = 2$ cm

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0}x_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right) > 0$$

À $t=0$: $\quad \frac{dx}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0}\cdot x_m \sin\varphi > 0$

$$\Longrightarrow \; \sin\varphi < 0 \;\Longrightarrow\; \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

La solution est $x(t) = 0,02\cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$

2-3. On a $v = \frac{dx}{dt}$

$$\Longrightarrow \; v = -\frac{2\pi}{T_0}\cdot x_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)$$

2-4. Lorsque le solide passe par sa position d'équilibre stable le centre d'inertie G du solide (S) est au point O pris comme origine des abscisses sur l'axe horizontal (Ox)
Lorsque $x = x_m$ et $x = -x_m$

- → **Point d'application :** point entre le corps (S) et le ressort
- → **Direction :** l'axe du ressort.
- → **Sens :** opposé au sens de déformation.
- → **Intensité :** $T = k\cdot x$

الصفحة	الامتحان التجريبي الموحد للبكالوريا	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة
1 / 7	2025	BABA EL HOUSSINE

المادة	الفيزياء والكيمياء	مدة الإنجاز	3h
الشعبة	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية)	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte 5 exercices

Exercice I (7 points) :

- Etude cinétique d'une réaction chimique.
- Etude de quelques réactions de l'éthanoate de sodium.

Exercice II (2.25 points) :

- Propagation des ultrasons.

Exercice III (1.75 points) :

- Désintégration du césium 137.

Exercice IV (3.75 points) :

- Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension.
- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension.

Exercice V (5.25 points) :

- Etude du mouvement de la chute verticale d'une goutte d'eau.
- Etude d'un oscillateur mécanique.

Barème

EXERCICE I (7 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie I : Etude cinétique d'une réaction chimique

On se propose d'étudier la cinétique de la réaction d'iodure avec l'eau oxygénée.

Un mélange de volume $V = 100mL$ contient initialement :

$n(H_2O_2) = 0.035\ mol$ d'eau oxygénée.

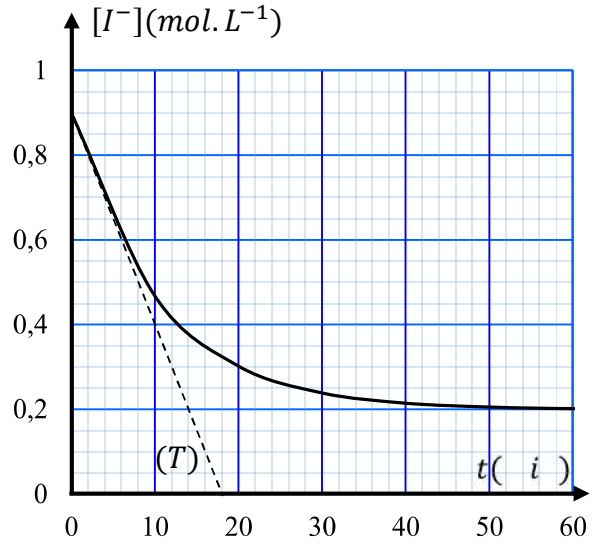
$n(I^-) = 0.09\ mol$ d'ions iodure.

$n(H^+) = 0.2\ mol$ d'ions hydrogène.

La réaction chimique qui se produit est modélisée par l'équation suivante :

$$H_2O_2 + 2\ I^- + 2\ H^+ \longrightarrow I_2 + 2\ H_2O$$

La figure ci-contre représente l'évolution de la concentration molaire d'ions iodure $[I^-] = f(t)$.



La droite (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse $t = 0$.

Recopier le numéro de la question et écrire, parmi les affirmations proposées, la lettre qui correspond à la réponse juste sans aucune explication ni justification.

0.5 **1)** Les couples Ox/Red interviennent sont :

A	H_2O_2/H_2O et I_2/I^-	**C**	$H_2O\ /H_2O_2$ et I_2/I^-
B	H_2O_2/H_2O et I^-/I_2	**D**	$H_2O\ /H_2O_2$ et I^-/I_2

0.5 **2)** La valeur de l'avancement final de la réaction est :

A	$x_f = 0.070\ mol$	**C**	$x_f = 0.020\ mol$
B	$x_f = 0.090\ mol$	**D**	$x_f = 0.035\ mol$

0.5 **3)** La valeur du temps de demi-réaction est :

A	$t_{1/2} = 10\ min$	**C**	$t_{1/2} = 11\ min$
B	$t_{1/2} = 8\ min$	**D**	$t_{1/2} = 18\ min$

0.5 **4)** La valeur de la vitesse volumique de la réaction à t=0min est :

A	$v_0 = 0.012\ mol.L^{-1}min^{-1}$	**C**	$v_0 = 0.025\ mol.L^{-1}min^{-1}$
B	$v_0 = 0.075\ mol.L^{-1}min^{-1}$	**D**	$v_0 = 0.05\ mol.L^{-1}min^{-1}$

Partie II : Etude de quelques réactions de l'éthanoate de sodium

L'éthanoate de sodium est un composé chimique de formule CH_3COONa, soluble dans l'eau, il est considéré comme une source des ions éthanoate CH_3COO^-.

L'objectif de cette partie est l'étude de :

- *La réaction des ions éthanoate avec l'eau.*
- *La réaction des ions éthanoate avec l'acide méthanoïque.*

Données :

- La masse molaire de l'éthanoate de sodium : $M = 82\ g.mo^{-1}$
- Le produit ionique de l'eau à 25°C est : $K_e = 10^{-14}$
- La constante d'acidité du couple CH_3COOH/CH_3COO^- à 25°C est $K_{A1} = 1{,}6.10^{-5}$
- Toutes les mesures sont effectuées à une température de 25°C.

A. Etude de la réaction des ions éthanoate avec l'eau.

On dissout dans l'eau distillée des cristaux d'éthanoate de sodium $(CH_3COO^-;\ Na^+)$ de masse $m = 410\ mg$ pour obtenir une solution (S_1) de volume $V = 500\ mL$ et de concentration molaire C_1.
La mesure du pH de la solution (S_1) , donne la valeur $pH = 8{,}4$.

0.5 **1)** Ecrire l'équation de la réaction chimique qui a lieu entre les ions éthanoate et l'eau.

0.25 **2)** Calculer la valeur de la concentration molaire C_1.

0.75 **3)** En vous aidant du tableau d'avancement de la réaction, exprimer le taux d'avancement final τ_1 de cette réaction en fonction de K_e , C_1 et pH. Calculer τ_1 .

0.5 **4)** Exprimer la constante d'équilibre K, associée à l'équation de cette réaction, en fonction de C_1 et τ_1 , puis vérifier que $K = 6{,}3.10^{-1}$.

0.25 **5)** Montrer que dans le cas d'une réaction très limitée ($\tau \ll 1$) on peut écrire $\tau = \sqrt{\frac{K}{C}}$.

0.5 **6)** On prélève un volume de la solution (S_1) et on y ajoute une quantité d'eau distillée pour obtenir une solution (S_2) de concentration molaire $C_2 = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$ .Calculer dans ce cas le taux d'avancement final τ_2 de la réaction entre les ions éthanoate et l'eau (on suppose que la réaction est très limitée) Conclure.

B. Etude de la réaction des ions éthanoate avec l'acide méthanoïque.

On mélange un volume $V_1 = 90mL$ d'une solution aqueuse d'éthanoate de sodium de concentration molaire $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ et un volume $V_2 = 10mL$ d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque $HCOOH$ de même concentration C.

On modélise la transformation qui a lieu par une réaction chimique d'équation suivante :

$$CH_3COO^-_{(aq)} + HCO_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)}$$

On exprime la conductivité σ du mélange réactionnel à un instant t en fonction de l'avancement x de la réaction par la relation : $\sigma = 81{,}9 + 1{,}37.10^4.x$ avec σ en $mS.m^{-1}$ et x en mol.

On mesure la conductivité du mélange réactionnel à l'équilibre, on trouve :$\sigma_{eq} = 83{,}254\ mS.m^{-1}$

0.75 **1)** Montrer que l'expression de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est :

$$K = \frac{x_{éq}^2}{(CV_1 - x_{éq}) \times (CV_2 - x_{éq})}$$ calculer sa valeur.

0.5 **2)** En déduire la valeur de la constante d'acidité K_{A2} du couple $HCOOH/HCOO^-$.

0.5 **3)** Montrer que l'expression du pH du mélange à l'équilibre est : $pH = pK_2 + Log(\frac{x_{éq}}{CV_2 - x_{éq}})$

0.5 **4)** Parmi les affirmations proposées, laquelle ou lesquelles sont justes ?

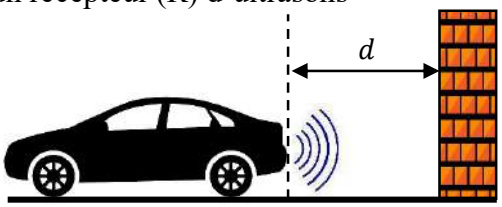
A	L'acide $HCOOH$ est plus fort que l'acide CH_3COOH.
B	L'acide CH_3COOH est plus fort que l'acide $HCOOH$.
C	La base $HCOO^-$ est plus forte que la base CH_3COO^-.
D	La base CH_3COO^- est plus forte que la base $HCOO^-$.

EXERCICE II (2.25 points)

Actuellement certaines voitures sont équipées de plusieurs capteurs tels que les capteurs ultrasons. Ces capteurs servent à faciliter le contrôle de son environnement proche.

Une voiture est équipée d'un système comportant un émetteur (E) et un récepteur (R) d'ultrasons placés côte à côte à l'arrière de la voiture.

Lors d'un stationnement, l'émetteur (E) envoie des ultrasons. Ces ultrasons sont captés par le récepteur (R) après réflexion sur un obstacle situé à la distance d de (E).

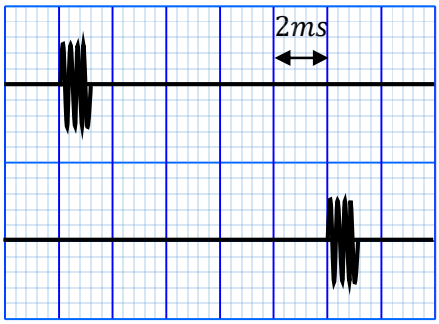


Donnée : La célérité des ultrasons dans l'air vaut : $v_0 = 340m/s$

0.5 **1)** Donner la définition d'une onde mécanique.

0.25 **2)** L'onde ultrasonore est-elle une onde transversale ou longitudinale.

3) L'oscillogramme ci-contre donne le signal émis par l'émetteur (E) et le signal réfléchi par le récepteur (R).



0.25 **3-1)** Déterminer graphiquement la durée τ entre le signal émis et le signal reçu.

0.5 **3-2)** Calculer la distance d qui sépare l'obstacle de l'émetteur (E).

0.75 **4)** On considère un point M du milieu de propagation qui se trouve à la distance $EM = \frac{d}{2}$ de l'émetteur (E). L'élongation $y_M(t)$ de M en fonction de l'élongation de l'émetteur (E) est :

A	$y_M(t) = y_E(t - \tau)$	**C**	$y_M(t) = y_E(t - 2\tau)$
B	$y_M(t) = y_E\left(t - \frac{\tau}{2}\right)$	**D**	$y_M(t) = y_E\left(t - \frac{\tau}{4}\right)$

EXERCICE III (1.75 points)

Le césium-137 est un isotope radioactif du césium, il se désintègre lentement en émettant des particules radioactives, il peut être dangereux pour la santé s'il est absorbé par la peau en quantités significatives.

Le lait de vache contient du césium 137 $^{137}_{55}Cs$ dont l'activité initiale est de l'ordre de $a_0 = 0{,}22\ Bq$ pour un litre, on considère que la radioactivité du lait de vache est due uniquement à la présence de césium 137.

Le césium 137 se désintègre en baryum $^{137}_{56}Ba$.

La courbe de la figure 1 représente les variations de l'activité du césium dans un litre du lait.

La droite (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse $t = 0$.

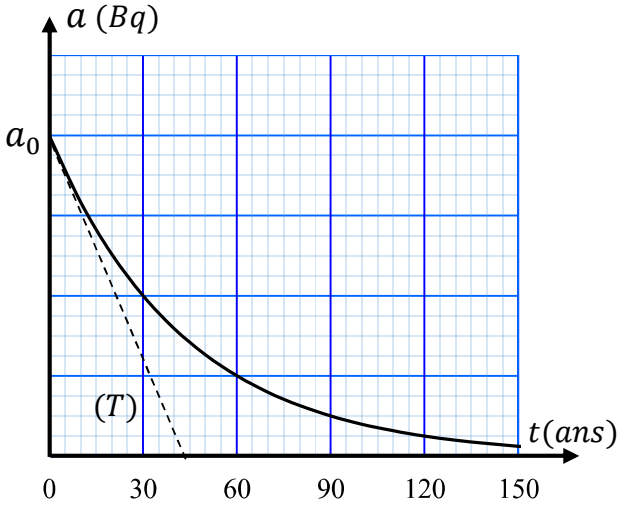


Figure 1

0.25 **1)** Etablir l'équation de désintégration du noyau du césium.

0.25 **2)** Donner la définition de la demi-vie d'un élément radioactif.

0.5 **3)** Déterminer λ la valeur de la constante radioactive du césium 137 en ans^{-1} puis en s^{-1}.

0.25 **4)** Déterminer m_0 la masse de césium 137 présents initialement dans un litre du lait.

0.5 **5)** Au bout de combien de temps ne restera-t-il plus que 1% de activité initiale.

Données : $M(^{137}_{55}Cs) = 136{,}90\ g/mol$; $N_A = 6.02.10^{23}mol^{-1}$

EXERCICE IV (3.75 points)

Les condensateurs et les bobines sont des composants essentiels de nombreux appareils électriques utilisés dans plusieurs domaines de la vie courante.

On se propose dans cet exercice d'étudier :

- *La réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension.*
- *La réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension.*

On réalise le montage représenté sur la figure 1 comportant ;

- Un générateur de f.é.m. $E = 12\,V$.
- Deux conducteurs ohmiques identiques de résistance R.
- Une bobine d'inductance L et de résistance $r = 33.33\ \Omega$
- Un condensateur de capacité C.
- Un interrupteur K à double position.

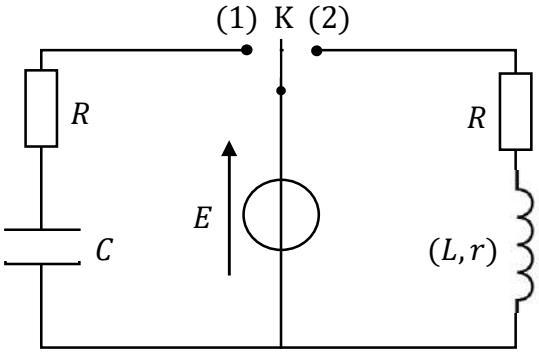


Figure 1

A. La réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension

On place l'interrupteur dans la position (1) à un instant choisi comme origine des dates t =0.

0.25 **1)** Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$.

0.25 **2)** La solution de cette équation s'écrit : $q(t) = q_m(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ déterminer les expressions de q_m et τ en fonction des paramètres du circuit.

0.25 **3)** Déterminer graphiquement la valeur de q_m et celle de τ.

0.5 **4)** Vérifier que la valeur de C la capacité du condensateur est : $C = 10\mu F$ et en déduire la valeur de la résistance R.

0.5 **5)** Montrer que l'expression du rapport de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à l'instant $t = \tau$ et son expression en régime permanant s'écrit sous la forme : $\frac{E_e(\tau)}{E_e(\infty)} = \left(\frac{e-1}{e}\right)^2$

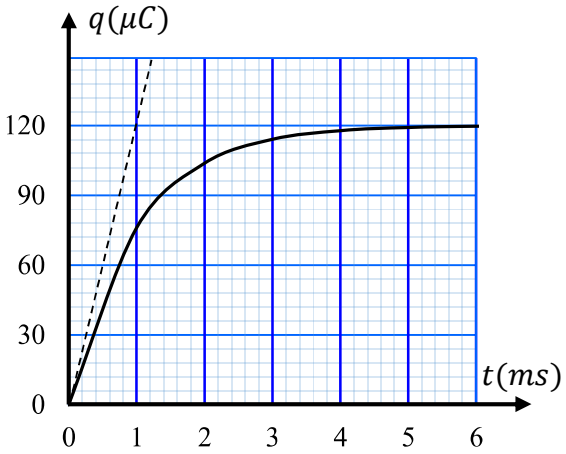


Figure 2

B. La réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On bascule l'interrupteur de la position (1) à la position (2), on prend l'instant du basculement comme nouvelle origine des dates.

La figure 3 représente l'évolution de $u_R(t)$ la tension aux bornes du conducteur ohmique en fonction du temps.

0.5 **1)** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du conducteur ohmique $u_R(t)$ est :

$$u_R + \tau.\frac{du_R}{dt} = \frac{R.E}{R+r}$$

La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $u_R(t) = u_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ avec $\tau = \frac{L}{R+r}$ et $u_0 = \frac{E.R}{R+r}$

0.25 **2)** Montrer que τ est homogène à un temps.

0.5 **3)** Montrer que l'expression de la résistance R du conducteur ohmique est donnée par : $R = \frac{u_0.r}{E-u_0}$ calculer sa valeur.

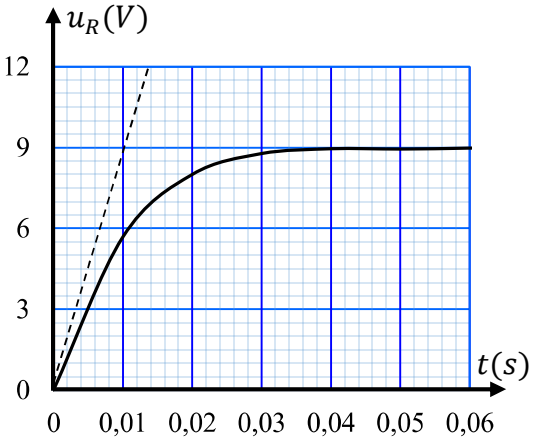


Figure 3

0.25 **4)** Déterminer L la valeur de l'inductance de la bobine.

0.5 **5)** Déterminer la valeur de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine à l'instant $t = 2\tau$.

EXERCICE V (5.25 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie 1 : Etude du mouvement de la chute verticale d'une goutte d'eau

Une goutte d'eau de masse $m = 45\ mg$, modélisée par une sphère, tombe sans vitesse initiale de la base d'un nuage situé à une altitude H au-dessus du sol.

L'origine des dates est l'instant où la goutte quitte le nuage.

La force du frottement de l'air est proportionnelle à la vitesse de la goutte d'eau telle que $\vec{f} = -k.v\vec{k}$ avec : $k = 3{,}6\ 10^{-5}\ kg\ s^{-1}$

On néglige la poussée d'Archimède devant les autres forces.

L'intensité du champ de pesanteur terrestre est : $g = 10\ m\ s^{-2}$.

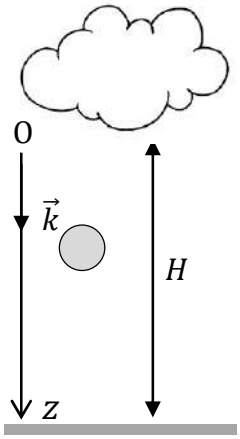


Figure 1

0.5 **1)** En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle satisfaite par la vitesse v au cours du mouvement peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{dv}{dt} + 0.8\,v = 10$$

0.25 **2)** Vérifier que l'expression suivante : (*) $v = 12.5\ (1 - e^{-0.8\,t})$ est la solution analytique de cette équation différentielle.

0.25 **3)** À partir de l'expression précédente, déterminer v_{lim} la vitesse limite atteinte par la goutte d'eau.

0.5 **4)** A l'aide de la méthode d'Euler, montrer que $v_{i+1} = 10\,\Delta t + v_i(1 - 0.8\,\Delta t)$.

5) Le tableau ci-dessous représente la résolution de l'équation différentielle par la méthode analytique et par la méthode d'Euler avec l'utilisation de deux pas de calcul distincts.

0.5 **5-1)** Compléter le tableau en utilisant la méthode d'Euler et en utilisant l'expression analytique (*).

L'instant en (s)	La vitesse v_i en (m/s)		
	Méthode Analytique (Valeurs réelles)	Méthode d'Euler Si $\Delta t = 0.5s$	Méthode d'Euler Si $\Delta t = 0.05s$
$t_0 = 0$	0.00	0.00	0.00
$t_1 = 0.5$	4,12	5.00	4,18
$t_2 = 1$	6,88	8.00	6.97
$t_3 = 1.5$	8,73	9,80	8.82
$t_4 = 2$	$v_4 = \cdots$	$v_4 = \cdots$	10.05

0.25 **5-2)** Que remarquez-vous en comparant les valeurs réelles avec celles trouvées par la méthode d'Euler dans le cas où $\Delta t = 0.5s$ et dans le cas où $\Delta t = 0.05s$?

0.25 **5-3)** Comment doit-on choisir le pas de calcul pour que les valeurs calculées par la méthode d'Euler soient les plus proches possibles des valeurs réelles ?

Partie 2 : Etude d'un oscillateur mécanique

On étudie dans cette partie les oscillations d'un système mécanique (corps solide – ressort).

L'oscillateur mécanique étudié est constitué d'un solide (S) de centre d'inertie G et de masse $m = 200g$ et d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur K, une des extrémités du ressort est fixée à un support et l'autre extrémité est accrochée au solide (S).

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans le repère $R(O,\vec{\imath})$ lié à un référentiel galiléen.

On repère la position du centre d'inertie G, à un instant t par l'abscisse x, à l'équilibre, l'abscisse du centre d'inertie G est $x = 0$ (figure 2).

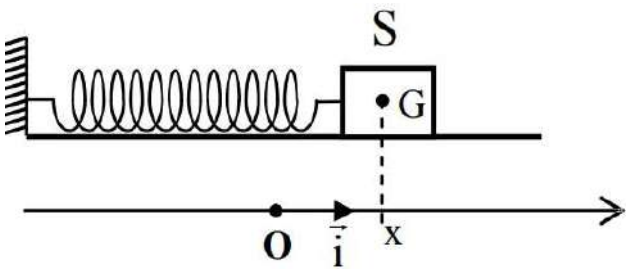


Figure 2

1) Etude dynamique

On écarte (S) de sa position d'équilibre, dans le sens positif, et on l'envoie à un instant de date $t = 0$.

La courbe de la figure 3 représente l'évolution au cours du temps de $\dot{x}$ la vitesse du centre d'inertie G.

0.5 **1-1)** Etablir, en appliquant la deuxième loi de Newton, l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse $x(t)$.

0.5 **1-2)** L'équation horaire du mouvement s'écrit sous la forme $x(t) = X_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \frac{\pi}{2})$, trouver la valeur de T_0 et celle de X_m.

0.25 **1-3)** Calculer K la valeur de la constante de raideur, sachant que l'expression de la période propre de l'oscillateur est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

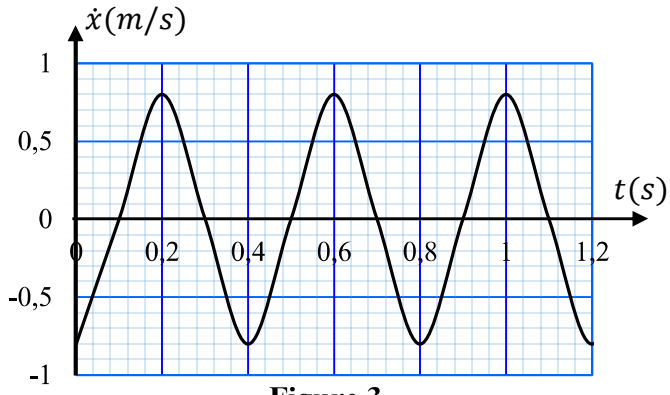


Figure 3

2) Etude énergétique

On choisit l'état où le ressort n'est pas déformé comme référence de l'énergie potentielle élastique E_{pe}et le plan horizontale contenant G comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} .

La figure 4 représente la courbe de l'évolution de l'énergie potentielle élastique E_{pe} de l'oscillateur en fonction du carré de son abscisse ($E_{pe} = f(x^2)$).

0.5 **2-1)** Écrire l'expression de E_m l'énergie mécanique de l'oscillateur en fonction de K, m, x et la vitesse v .

0.5 **2-2)** Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie mécanique E_m de l'oscillateur étudié et déduire la valeur absolue de la vitesse maximale v_{max}.

0.5 **2-3)** Trouver la valeur de E_{c1} l'énergie cinétique à l'instant de passage de l'oscillateur par une position d'abscisse $x_1 = 4\ cm$.

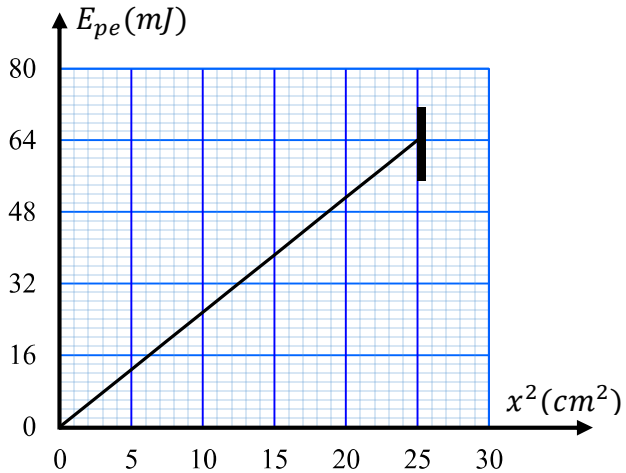


Figure 4

Chimie - Suite Exercice

1. $H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \longrightarrow I_2 + 2H_2O$

$$2I^- \rightleftharpoons I_2 + 2e^- \qquad (I_2/I^-)$$
$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O + H_2O \qquad (H_2O_2/H_2O)$$

1 → A.

2. Méthode 1 :

$n(I^-)_f = [I^-]_f \cdot V$

$[I^-]_f \cdot V = 0,09 - 2x_f$

$x_f = \frac{0,09-[I^-]_f \cdot V}{2} = \frac{0,09-(0,2\times 100\times 10^{-3})}{2} = 0,035$ mol.

Méthode 2 :

Équation Réaction	$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \longrightarrow I_2 + 2H_2O$					
état	avancement	Quantité matière (mol)				
initial	0	$0,035$	$0,09$	$0,2$	0	0
intermédiaire	x	$0,035 - x$	$0,09 - 2x$	$0,2 - 2x$	x	x
final	x_f	$0,035 - x_f$	$0,09 - 2x_f$	$0,2 - 2x_f$	x_f	$2x_f$

Si H_2O_2 est R.L : $0,035 - x_m = 0 \implies x_m = 0,035$ mol

Si I^- est R.L : $0,09 - 2x_m = 0 \implies x_m = \frac{0,09}{2} = 0,045$ mol

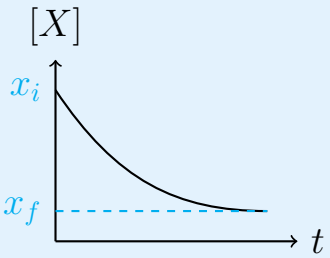
Si H^+ est R.L : $0,2 - 2x_m = 0 \implies x_m = \frac{0,2}{2} = 0,1$ mol

$x_{max} = 0,035$ mol

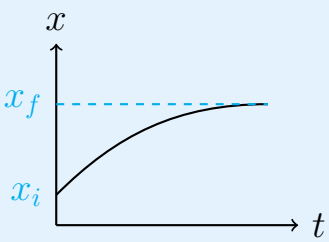
et puisque la réaction totale $x_f = x_{max} = 0,035$ mol

2 → D.

3.



$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f + x_i}{2}$$



$$x(t_{1/2}) = \frac{x_i + x_f}{2}$$

$[I^-]_{1/2} = \frac{[I^-]_i + [I^-]_f}{2} = \frac{0{,}9+0{,}2}{2} = 0,55$ mol/L
Par projection $t_{1/2} = 8$ min
3 → B

4. $v = \frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt}$
$[I^-] \cdot V = 0,09 - 2x$
$2x = 0,09 - [I^-] \cdot V \implies x = \frac{0{,}09}{2} - \frac{[I^-] \cdot V}{2}$
$\frac{d}{dt}\left(\frac{0{,}09}{2} - \frac{[I^-] \cdot V}{2}\right) = 0 - \frac{V}{2} \cdot \frac{d[I^-]}{dt} = -\frac{V}{2} \cdot \frac{d[I^-]}{dt}$
$v = \frac{1}{V} \cdot \left(-\frac{V}{2} \cdot \frac{d[I^-]}{dt}\right) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{d[I^-]}{dt}$
$v(t=0) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta I^-}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \times \left(\frac{0{,}9-0{,}4}{0-10}\right) = 0,025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
4 → C

Partie 2 :

1. $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$

2. $C_1 = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{410 \times 10^{-3}}{82 \times 500 \times 10^{-3}}$

$C_1 = 0,01$ mol/L

3.

équation Réaction	$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$				
état	avancement	Quantité matière (mol)			
initial	0	$C_1 \cdot V$	excès	0	0
intermédiaire	x	$C_1 \cdot V - x$	excès	x	x
final	x_f	$C_1 \cdot V - x_f$	excès	x_f	x_f

$\tau_1 = \frac{x_f}{x_{max}}$

H_2O est en excès donc le R.L CH_3COO^- : $C_1 \cdot V - x_{max} = 0$

$x_{max} = C_1 \cdot V$

D'après T.A : $n(OH^-)_f = [OH^-]_f \cdot V = x_f$

$x_f = [OH^-]_f \cdot V$

$\rightarrow K_e = [H_3O^+] \cdot [OH^-] \implies [OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$

$x_f = \frac{K_e}{[H_3O^+]} \times V$

avec $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$x_f = \frac{K_e}{10^{-pH}} \cdot V$

$\tau_1 = \frac{\frac{K_e}{10^{-pH}} \cdot V}{C_1 \cdot V} \iff \tau_1 = \frac{K_e}{C_1 \cdot 10^{-pH}}$

(A.N) : $\tau_1 = \frac{10^{-14}}{0,01 \times 10^{-8,4}} = 2,51 \times 10^{-4}$

4. on sait que $K = \frac{[CH_3COOH]_{éq} \cdot [OH^-]_{éq}}{[CH_3COO^-]_{éq}}$

D'après T.A :

$n(CH_3COO^-)_{éq} = [CH_3COO^-]_{éq} \cdot V = x_f = [OH^-]_{éq} \cdot V$

$[CH_3COO^-]_{éq} = [OH^-]_{éq}$

$$K = \frac{[OH^-]^2_{éq}}{C_1 - [OH^-]}$$

$\tau_1 = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[OH^-] \cdot V}{C_1 \cdot V} \implies [OH^-] = \tau_1 \cdot C_1$

$$K = \frac{(\tau_1 \cdot C_1)^2}{C_1 - \tau_1 \cdot C_1} = \frac{\tau_1^2 \cdot C_1^2}{C_1(1 - \tau_1)}$$

$K = \frac{\tau_1^2 \cdot C_1}{1-\tau_1}$ $K = 6,3 \times 10^{-10} < 10^4$

(A.N) $K = \frac{(2,51\times10^{-4})^2 \times 0,01}{1-2,51\times10^{-4}}$

5. $K = \frac{\tau^2 \cdot C}{1-\tau}$

$\tau \ll 1 \implies 1 - \tau \simeq 1$

$\implies K = \tau^2 \cdot C \iff \tau^2 = \frac{K}{C} \iff \tau = \sqrt{\frac{K}{C}}$

6. $C_1 = 0,01$ mol/L : $\tau_1 = 2,5 \times 10^{-4}$

$C_2 = 10^{-3}$ mol/L : $\tau_2 = \sqrt{\frac{6,3\times10^{-10}}{10^{-3}}} = 7,9 \times 10^{-4}$

$C \searrow \implies \tau \nearrow$

la dilution entraine l'augmentation du taux d'avancement

B.

équation Réaction	$CH_3COO^- + HCOOH \rightleftharpoons CH_3COOH + HCOO^-$				
état	avancement	Quantité matière (mol)			
initial	0	$C_1 \cdot V_1$	$C_1 \cdot V_2$	0	0
intermédiaire	x	$C_1 \cdot V_1 - x$	$C_1 \cdot V_2 - x$	x	x
équilibre	$x_{éq}$	$C_1 \cdot V_1 - x_{éq}$	$C_1 \cdot V_2 - x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$

$$K = \frac{[CH_3COOH]_{éq}[HCOO^-]_{éq}}{[CH_3COO^-]_{éq}[HCOOH]_{éq}} = \frac{\frac{n(CH_3COOH)_{éq}}{V_T}\frac{n(HCOO^-)_{éq}}{V_T}}{\frac{n(CH_3COO^-)_{éq}}{V_T}\frac{n(HCOOH)_{éq}}{V_T}}$$

$$K = \frac{x_{éq} \times x_{éq}}{(C_1 \cdot V_1 - x_{éq})(C_1 \cdot V_2 - x_{éq})} \Longrightarrow \boxed{K = \frac{x_{éq}^2}{(C_1 \cdot V_1 - x_{éq})(C_1 \cdot V_2 - x_{éq})}}$$

$\sigma = 81,9 + 1,37 \times 10^4 x$

à l'équilibre : $\sigma_{éq} = 81,9 + 1,37 \times 10^4 x_{éq}$

$\sigma_{éq} - 81,9 = 1,37 \times 10^4 x_{éq}$

$x_{éq} = \frac{\sigma_{éq} - 81,9}{1,37 \times 10^4} = \frac{83,254 - 81,9}{1,37 \times 10^4} = 9,88 \times 10^{-5}$ mol

$$K = \frac{(9,88 \times 10^{-5})^2}{(10^{-2} \times 90 \times 10^{-3} - 9,88 \times 10^{-5})(10^{-2} \times 10 \times 10^{-3} - 9,88 \times 10^{-5})}$$

$\boxed{K = 10,15}$

2. on sait que $K = \frac{K_{A2}}{K_{A1}} \Longleftrightarrow K_{A2} = K \times K_{A1} = 10,15 \times 1,6 \times 10^{-5}$

$\boxed{K_{A2} = 1,6 \times 10^{-4}}$

3. $pH = pK_{A2} + \log \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$

$$\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{\frac{n(HCOO^-)}{V_T}}{\frac{n(HCOOH)}{V_T}} = \frac{n(HCOO^-)}{n(HCOOH)} = \frac{x_{éq}}{C_1 \cdot V_2 - x_{éq}}$$

$$\boxed{pH = pK_A + \log\left(\frac{x_{éq}}{C_1 \cdot V_2 - x_{éq}}\right)}$$

4. $HCOOH/HCOO^-$ $K_{A2} = 1,6 \times 10^{-4}$

$CH_3COOH/CH_3COO^- \rightarrow K_{A1} = 1,6 \times 10^{-5}$

$K_{A2} > K_{A1}$

$HCOOH$ est plus fort que CH_3COOH

$\rightarrow$ **A ; D**

$\tau \nearrow$ et $K_A \searrow$ et $pK_A \nearrow$

CH_3COO^- est plus fort que $HCOO^-$

$\tau \nearrow$ $K_A \nearrow$

$pK_A \searrow$

$\downarrow$ Acide Plus fort

Exercice II

1. est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de la matière.

2. Longitudinale.

3.1. $\tau =$ Nbr division $\times S_H$
$= 5 \times 2$ ms $=$ 10 ms

3.2. $v = \frac{2d}{\tau} \iff 2d = v \times \tau$
$\implies d = \frac{v \times \tau}{2} = \frac{340 \times 10 \times 10^{-3}}{2} = 1,7$ m

4. $y_M(t) = y_E(t - \tau_{EM})$
$v_0 = \frac{2d}{\tau} = \frac{d/2}{\tau_{EM}} \iff \tau_{EM} = \frac{\tau \times d/2}{2d}$
$\tau_{EM} = \frac{\tau}{4}$
$y_M(t) = y_E\left(t - \frac{\tau}{4}\right)$
4 $\rightarrow$ d

Exercice III

1. ${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{x}_{y}p$
les lois soddy :
$\begin{cases} 137 = 137 + x \\ 55 = 56 + y \end{cases} \iff \begin{cases} x = 0 \\ y = -1 \end{cases} \implies {}^{x}_{y}p = {}^{0}_{-1}e$
${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}e$

2. demie vie est la durée au bout de laquelle le Nbr de noyaux radioactifs se divise en deux

3. $\tau = \frac{1}{\lambda} \iff \lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{42,5} = \underline{0,023}$ ans^{-1}
$\lambda = \frac{0,023}{365 \times 24 \times 60 \times 60} = 7,29 \times 10^{-10}$ s^{-1}

4. $a = \lambda \times N$
$a_0 = \lambda \cdot N_0$
$\frac{N_0}{N_A} = \frac{m_0}{M} \iff N_0 = \frac{m_0 \times N_A}{M}$
$a_0 = \lambda \times \frac{m_0 \times N_A}{M}$
$m_0 = \frac{a_0 \times M}{\lambda \times N_A}$ (A.N) : $m_0 = \frac{0,22 \times 136,90}{7,29 \times 10^{-10} \times 6,02 \times 10^{23}}$
$m_0 = 6,86 \times 10^{-14}$ g

5. $a = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$
$a = 1\% a_0 = 0,01 a_0$
$0,01 a_0 = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$
$0,01 = e^{-\lambda t} \iff \ln(0,01) = -\lambda t$
$t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln(0,01) = -\frac{1}{0,023} \times \ln(0,01) = 200$ ans

Exercice IV

1. loi d'additivité des tensions :

$u_c + u_R = E$

$\frac{q}{C} + R \cdot i = E$ $\quad q = C \cdot u_c$, $i = \frac{dq}{dt}$

$\frac{q}{C} + R \cdot \frac{dq}{dt} = E$

$q + RC \cdot \frac{dq}{dt} = CE$

2. $q = q_m(1 - e^{-t/\tau})$

$= q_m - q_m \cdot e^{-t/\tau}$

$\frac{dq}{dt} = \frac{q_m}{\tau} e^{-t/\tau}$

$q_m - q_m \cdot e^{-t/\tau} + RC \cdot \frac{q_m}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} - CE = 0$

$\underbrace{q_m \cdot e^{-t/\tau}}_{\neq 0} \left(\frac{RC}{\tau} - 1\right) + q_m - CE = 0$

$$\begin{cases} \frac{RC}{\tau} - 1 = 0 \\ q_m = CE \end{cases} \iff \begin{cases} \tau = RC \\ q_m = CE \end{cases}$$

3. graphiquement : $q_m = 120$

Exercice V

1. système étudié : {goutte}

Bilan des forces :

$\vec{P}$: le poids

$\vec{f}$: force frottement de l'air

on applique la 2ème loi de Newton

$$\vec{P} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$P_z + f_z = m \cdot a_z$$

$$mg - k \cdot v = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m} v$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = g$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{3,6 \times 10^{-5}}{45 \times 10^{-6}} \cdot v = 10$$

$$\frac{dv}{dt} + 0,8v = 10 \ *$$

2. $v = 12,5(1 - e^{-0,8t}) = 12,5 - 12,5e^{-0,8t}$
$\frac{dv}{dt} = 12,5 \times 0,8 \cdot e^{-0,8t}$ **remplaçons dans** $*$
$12,5 \times 0,8e^{-0,8t} + 0,8 \times (12,5 - 12,5e^{-0,8t})$
$= 12,5 \times 0,8e^{-0,8t} + 0,8 \times 12,5 - 0,8 \times 12,5e^{-0,8t} = 10$
donc est la solution de l'équation différentielle.

3. $v = 12,5(1 - e^{-0,8t})$
$v_{\text{lim}} = \lim_{t \to +\infty} v = 12,5(1 - 0e^{-\infty})$ car $\lim_{t \to +\infty} e^{-\infty} = 0$
$v_{\text{lim}} = 12,5$ m/s

4. $v_{i+1} = a_i \cdot \Delta t + v_i$
$\frac{dv}{dt} + 0,8v = 10$
$a + 0,8v = 10$
$a_i = 10 - 0,8v_i$
$v_{i+1} = (10 - 0,8v_i) \cdot \Delta t + v_i$
$v_{i+1} = 10 \cdot \Delta t - 0,8v_i \cdot \Delta t + v_i$
$v_{i+1} = 10\Delta t + v_i(1 - 0,8\Delta t)$

5-1 Méth analytique : $v = 12,5(1 - e^{-0,8t})$
à $t = 2$s $\implies$ $v_4 = 12,5(1 - e^{-0,8 \times 2}) =$ 9,97 m/s
Méthode euler : $v_4 = 10 \cdot \Delta t + v_3(1 - 0,8\Delta t)$
$v_4 = 10 \times 0,5 + 9,8(1 - 0,8 \times 0,5)$
$v_4 = 10,88$ m/s

5-2. les valeurs trouvées par la méthode d'euler dans le cas $\Delta t = 0,05$s sont plus proches au valeurs reel dans le cas $\Delta t = 0,5$s

5-3. choisir un pas de calcul petit.

Partie 2

1. système étudié : {solide (S)}
bilan des forces : $\vec{P}$: poids
$\vec{R}$: Réaction du plan
$\vec{F}$: Force de rappel
on applique 2ème loi de Newton $\Sigma\vec{F}_{\text{ext}/S} = m \cdot \vec{a}_G$

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$$
$$0 + 0 - kx = m\ddot{x}$$
$$-\frac{k}{m}x = \ddot{x}$$
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

1-2. $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \frac{\pi}{2}\right)$
$\dot{x} = -x_m\left(\frac{2\pi}{T_0}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \frac{\pi}{2}\right)$
$T_0 = 0,4$ s
$\dot{x}(t=0) = -x_m\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$
graphiquement $\dot{x}(t=0) = 0,8$ m/s
$\dot{x}(0) = -x_m\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)$
$x_m = \frac{-\dot{x}(0)\times T_0}{2\pi}$
$x_m = \frac{0,8\times 0,4}{2\pi} = 0,05$ m $= 5$ cm

1-3. $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
$\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{T_0}{2\pi}$
$\frac{m}{k} = \left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 \Longrightarrow k = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot m = \left(\frac{2\pi}{0,4}\right)^2 \times 200 \times 10^{-3}$
$k = 49,34$ N/m

2-1. $E_m = E_c + E_{pe} + E_{pp}$
$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k(x^2 - x_e^2) + 0$
$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k \cdot x^2$

2-2. $E_m = E_{pe_{\max}} = E_{c_{\max}}$
graphiquement $E_m = E_{pe_{\max}} = 64$ mJ
$E_m = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$
$v_{\max}^2 = \frac{2E_m}{m}$
$|v_{\max}| = \sqrt{\frac{2E_m}{m}} = \sqrt{\frac{2\times 64\times 10^{-3}}{200\times 10^{-3}}} = 0,8$ m/s

2-3. $E_{m_1} = E_{c_1} + E_{pe_1} = E_m = 64$ mJ

$E_{c_1} = E_m - E_{pe_1} = 64 - 41$ mJ

$E_{c_1} = 23$ mJ

$x_1 = 4$ cm

$x_1^2 = 16$ cm^2

Par Projection $E_{pe_1} = 41$ mJ

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
Royaume du Maroc
Ministère de l'Education Nationale, de la Formation Professionnelle, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Examen National unifié du Baccalauréat

Session Blanche 2024/2025

– Sujet –

BS HH

Lycée : OUED EDDAHAB – ASILAH

Prof. : M. EL HADDAR – A. EL HARRAK

Matière	**PHYSIQUE & CHIMIE**	**Durée**	**3 h**
Niveau	**Filière : Science Expérimentale – Option : SP**	**Coefficient**	**7**

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Donner les expressions littérales avant de passer aux applications numériques

Ne pas accepter l'application numérique sans l'associer à son unité

Le sujet comporte quatre exercices

Exercice 1 (7 pts)

- Partie 1 : Réactions acido-basiques d'acide butanoïque.
- Partie 2 : Suivi temporel par conductimétrie.

Exercice 2 (2,75 pts)

- Partie 1 : Onde le long d'un ressort.
- Partie 2 : Diffraction d'une onde.
- Partie 3 : Stimulateur cardiaque.

Exercice 3 (4,5 pts)

- Partie 1 : Charge d'un condensateur.
- Partie 2 : Décharge d'un condensateur dans une bobine.

Exercice 2 (5,75 pts)

- Partie 1 : Étude du mouvement d'un athlète sur un plan incliné.
- Partie 2 : Étude du mouvement d'un athlète dans un champ de pesanteur uniforme.

Barème

Exercice 1 (7 pts)

L'acide butanoïque, est un acide carboxylique saturé de formule C_3H_7COOH, on le trouve dans le beurre rance, le parmesan, et le contenu gastrique. Cet exercice vise dans sa première partie à étudier les réactions acido-basiques, d'acide butanoïque puis dans sa deuxième partie il vise à étudier le suivi temporel d'une réaction par conductimétrie.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie 1 : Réactions acido-basiques d'acide butanoïque

Données :

- Toutes les mesures sont effectuées à 25^oC ;
- La masse molaire de l'acide butanoïque : $M = 88\ g.mol^{-1}$
- Les conductivités molaires ioniques en $mS.m^2.mol^{-1}$:

$$\lambda(C3H7CO^-) = 3,58 \quad ; \quad \lambda(H3O^+) = 35,0$$

1- Étude de la solution aqueuse d'acide butanoïque

On prépare, à $25\ ^oC$, une solution aqueuse (S_0) d'acide butanoïque de concentration molaire $C_0 = 10^{-2}\ mol.l^{-1}$. La mesure du pH donne la valeur : $pH = 3,42$.

0,5 **1-1-** Dresser le tableau d'avancement de la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau.

0,5 **1-2-** Calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction. Conclure.

0,75 **1-3-** Trouver, en fonction de C_0 et τ l'expression de la constante d'acidité K_A du couple $C_3H_7COOH/C_3H_7CO^-$. Vérifier que $pK_A = 4,82$.

1 **1-4-** On dilue un volume $V_0 = 10\ mL$ de la solution (S_0) en ajoutant un volume V_e d'eau distillée. On obtient une solution (S_1) de concentration C_1. La mesure de la conductivité de (S_1) donne : $\sigma = 4,45\ mS.m^{-1}$.

Montrer que $C_1 \simeq 10^{-3}\ mol.l^{-1}$ et déduire la valeur de V_e.

2- Détermination du pourcentage d'acide butanoïque dans un beurre

Un beurre est rance si le pourcentage en masse d'acide butanoïque qu'il contient est supérieur à 4 %, c'est à dire qu'il y a plus de $4\ g$ d'acide butanoïque dans 100 de beurre.

Dans un bécher, on introduit $m_b = 10,0\ g$ de beurre fondu auquel on ajoute de l'eau distillée. On agite afin de dissoudre dans l'eau la totalité de l'acide butanoïque C_3H_7COOH présent dans le beurre. On obtient une solution aqueuse (S_A) d'acide butanoïque de concentration molaire C_A et de volume $V = 1\ L$.

On dose le volume $V_A = 10\ mL$ de la solution (S_A) par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ de concentration molaire $C_B = 4.10^{-3}\ mol.L^{-1}$. Les mesures expérimentales ont permis de tracer la courbe $pH - pK_A = V_B(mL)$ de la figure 1 ci-contre représentant les variations de $pH - pK_A$ au mélange en fonction du volume V_B versé de la solution (S_B) d'hydroxyde de sodium :

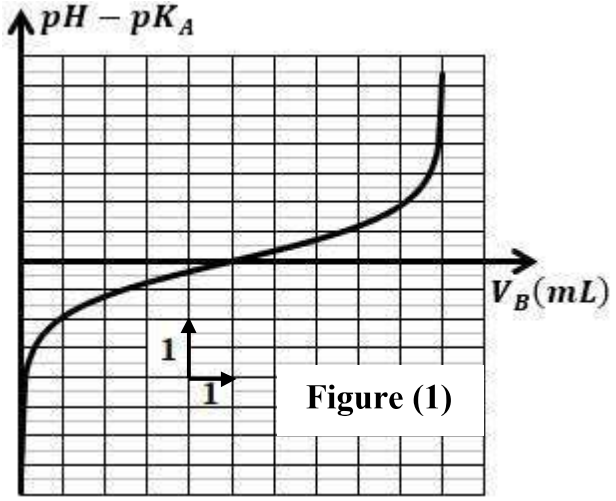


Figure (1)

0,5 **2-1-** Écrire l'équation de la réaction du dosage.

0,75 **2-2-** Montrer que l'expression de $\boldsymbol{pH}$ du mélange avant l'équivalence peut s'écrire :

$$\boxed{\boldsymbol{pH = pK_A - log(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1)}}$$

0,75 **2-3-** À la demi-équivalence : $\boldsymbol{V_B = \frac{V_{BE}}{2}}$, montrer que $\boldsymbol{pH = pK_A}$. Puis déduire graphiquement la valeur de $\boldsymbol{V_{BE}}$.

0,5 **2-4-** Calculer la valeur de $\boldsymbol{C_A}$.

0,75 **2-5-** Le beurre étudié est-il rance ? Justifier.

Partie 2 : Suivi temporel par conductimétrie

L'acétate d'iso-propyle de formule brute $\boldsymbol{C_5H_{10}O_2}$ est mis à réagir en excès à $\boldsymbol{25\ ^o}$ avec une quantité $\boldsymbol{n_0 = 5.10^{-3}\ mol}$ de l'hydroxyde de sodium. À l'aide d'un conductimètre, on obtient la courbe $\boldsymbol{G = f(t)}$ de figure **2** ci-dessous représentant la variation de la conductance $\boldsymbol{G(t)}$ d'une cellule conductimétrique plongée dans le mélange en fonction du temps.

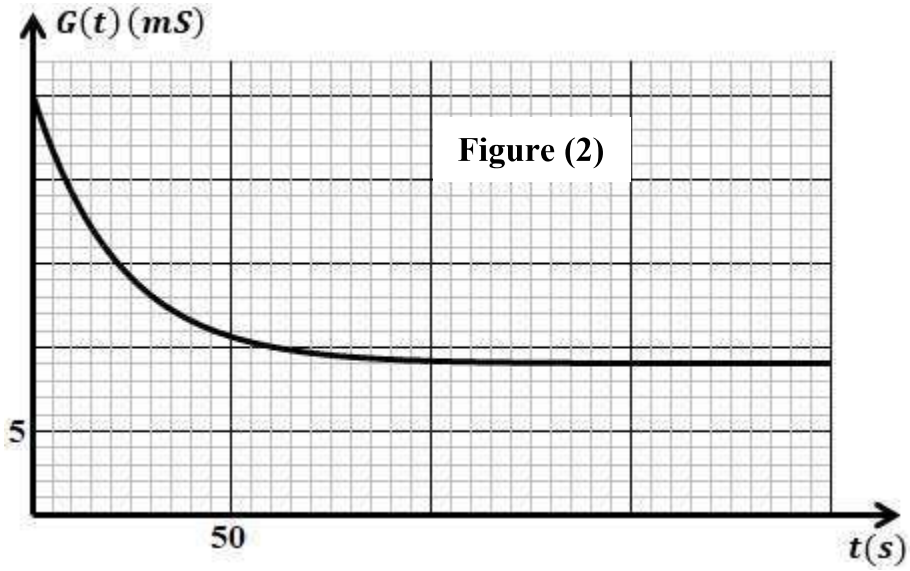


Figure (2)

Données :

- Toutes les mesures sont effectuées à $\boldsymbol{25^o}$;
- On peut exprimer l'avancement $\boldsymbol{x(t)}$ en fonction de $\boldsymbol{G(t)}$, $\boldsymbol{G_0}$ et $\boldsymbol{G_f}$ par l'expression suivante : $\boldsymbol{x(t) = n_0 . \frac{G_0 - G(t)}{G_0 - G_\infty}}$

0,25 **1-** Définir le temps de demi réaction $\boldsymbol{t_{1/2}}$.

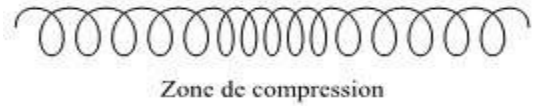
0,75 **2-** Déterminer la valeur de $\boldsymbol{t_{1/2}}$.

Exercice 2 (2,75 pts)

Toutes les parties sont indépendantes

Partie 1 : Onde le long d'un ressort

L'extrémité d'un ressort à spires non jointives, considéré infiniment long, est comprimée, puis relachée brusquement au temps $\boldsymbol{t_0 = 0}$. Une onde se propage alors le long du ressort avec une vitesse $\boldsymbol{v = 15\ \ .s^{-1}}$.



0,5 Parmi les propositions suivantes, choisir la bonne réponse :

A	L'onde le long d'un ressort est une onde électromagnétique.
B	L'onde le long d'un ressort est une onde transversale.
C	La célérité $\boldsymbol{v}$ de l'onde varie au cours de la propagation.
D	À un instant $\boldsymbol{t_1 = 5\ ms}$, La zone de compression se situe à la distance $\boldsymbol{d = 7,5\ cm}$ de la source.

Partie 2 : Diffraction d'une onde.

Un faisceau de lumière parallèle monochromatique, de longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda = 600\ nm}$, produit par une source laser, arrive sur une fente de largeur $\boldsymbol{a = 0,10\ mm}$. On place un écran perpendiculairement à la direction du faisceau à une distance $\boldsymbol{D = 2,0\ m}$ de la fente.

Données :

- La célérité dans le vide : $\boldsymbol{c = 3.10^8\ m.s^{-1}}$;
- Indice de réfraction de l'eau : $\boldsymbol{n_{eau} = 1,33}$;

Répondre par vrai ou faux :

0,25	**A**	La fréquence de l'onde lumineuse émise par ce laser est : $\boldsymbol{N = 5.10^{14}\ Hz}$.
0,25	**B**	L'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et la première extinction est donné par la relation $\boldsymbol{\frac{a}{\lambda}}$.
0,25	**C**	La largeur de la tache centrale est : $\boldsymbol{L = 1,2\ cm}$.
0,25	**D**	Lorsque cette onde lumineuse se propage dans l'eau, la fréquence de cette onde ne change pas.

Partie 3 : Stimulateur cardiaque :

Un stimulateur cardiaque est formé d'une boite hérétique contenant $\boldsymbol{m_0 = 142,19\ mg}$ d'un isotope $\boldsymbol{238}$ du plutonium émetteur $\boldsymbol{\alpha}$ d demi-vie $\boldsymbol{87,776\ ans}$. Ce stimulateur produit une énergie électrique à la suite de l'énergie libérée par chaque désintégration.

On donne : $\boldsymbol{M(^{238}Pu) = 238\ g.mol^{-1}}$; $\boldsymbol{N_A = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}}$; $\boldsymbol{MeV = 1,6.10^{-13}\ J}$

Répondre par vrai ou faux :

0,25	**A**	L'équation de chaque désintégration s'écrit : $\boldsymbol{^{238}_{94}Pu \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{92}U^{*}}$.
0,25	**B**	Le nombre de noyaux initialement présents dans le stimulateur est : $\boldsymbol{N_0 \simeq 3,6.10^{20}}$.
0,25	**C**	L'activité initiale du stimulateur est : $\boldsymbol{a_0 = 9.10^{10}\ Bq}$.
0,25	**D**	On considère que le stimulateur fonctionne correctement jusqu'à une diminution de $\boldsymbol{43\%}$ de son activité initiale. Le nombre de noyaux de plutonium $\boldsymbol{238}$ restants est environ : $\boldsymbol{2,05.10^{20}}$.
0,25	**E**	L'énergie libérée lors d'une désintégration de plutonium $\boldsymbol{238}$ est : $\boldsymbol{9,315\ MeV}$. Alors l'énérgie libérée lorsque le stimulateur ne fonctionne plus est : $\boldsymbol{305532\ kJ}$.

Exercice 3 (4,5 pts)

Certains appareils électriques contiennent des montages constitués de bobines, de condensateurs et de conducteurs ohmiques... La fonction de ces composants change en fonction de la manière dont ils sont installés et des domaines de leur utilisation. Cet exercice propose dans sa 1ère partie d'étudier la charge d'un condensateur et dans sa 2ème partie d'étudier la décharge d'un condensateur dans une bobine.

On réalise le montage électrique schématisé sur la figure $(\mathbf{1})$. Ce montage est constitué des éléments suivants :

- Un générateur idéal de tension de f.é.m $\boldsymbol{E = 6\ V}$
- Deux autres conducteurs ohmiques de résistance $\boldsymbol{r}$ et $\boldsymbol{R = 90\ \Omega}$;
- Un condensateur initialement déchargé de capacité $\boldsymbol{C}$;
- Une bobine $(\boldsymbol{b})$ d'inductance $\boldsymbol{L}$ et de résistance interne $\boldsymbol{r_0}$;
- Un interrupteur $\boldsymbol{K}$ à double positions.
- Une composante électronique $(\boldsymbol{D})$ fournit au circuit une tension $\boldsymbol{u(t)}$ proportionnelle à l'intensité du courant, où : $\boldsymbol{u(t) = a.i(t)}$ où a est une constante positive et réglable.

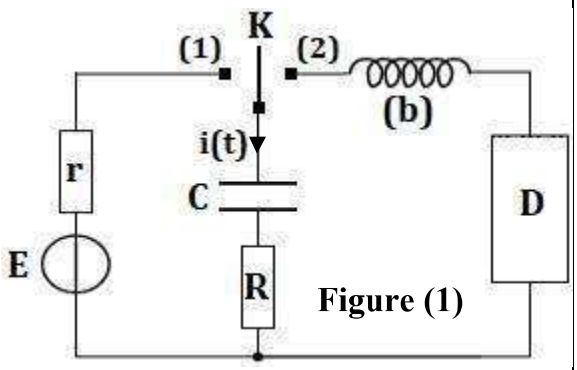


Figure (1)

Les parties 1 et 2 sont dépendantes

Partie 1 : Charge du condensateur.

À un instant choisi comme origine des dates $(\boldsymbol{t = 0})$, l'interrupteur $\boldsymbol{K}$ mis sur la position $(\mathbf{1})$. Un système d'acquisition adéquat permet de tracer la courbe $\boldsymbol{i = f(t)}$ de la figure $(\mathbf{2})$ représentant l'évolution temporelle de l'intensité du courant $\boldsymbol{i(t)}$. La droite $(\boldsymbol{T})$ étant la tangente à la courbe $\boldsymbol{i = f(t)}$ à l'instant $\boldsymbol{t = 0}$.

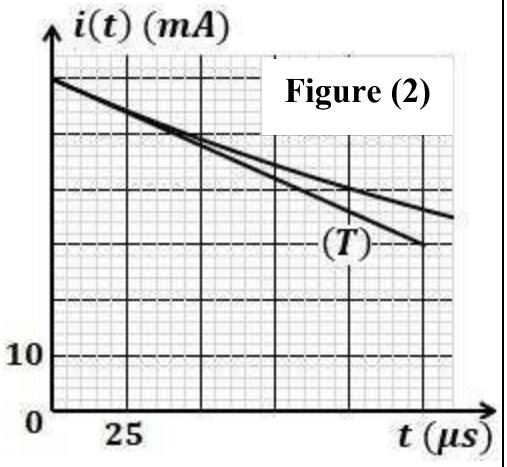


Figure (2)

0,5 **1-** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la charge $\boldsymbol{q(t)}$ est : $\boxed{\boldsymbol{\tau.\frac{dq(t)}{dt} + q(t) = A}}$; en déterminant en fonction de paramètres de circuit, l'expression de $\boldsymbol{\tau}$ et celle de $\boldsymbol{A}$.

0,5 **2-** Trouver l'expression de l'intensité du courant $\boldsymbol{I_0}$ circulant dans le circuit en fonction de $\boldsymbol{E}$; $\boldsymbol{R}$ et $\boldsymbol{r}$.

0,5 **3-** Déterminer graphiquement la valeur de $\boldsymbol{I_0}$. Déduire la valeur de $\boldsymbol{r}$.

0,5 **4-** Montrer que : $\boxed{\boldsymbol{\left.\frac{di}{dt}\right|_{t=0} = -\frac{I_0}{\tau}}}$. Vérifier que : $\boxed{\boldsymbol{C = 2,5\ \mu F}}$.

Partie 2 : Décharge du condensateur dans une bobine.

Après avoir la charge totale du condensateur précédent, on bascule l'interrupteur $\boldsymbol{K}$ sur la position $(\mathbf{2})$ à un instant choisi comme nouvelle origine des dates $(\boldsymbol{t = 0})$. Ce condensateur se décharge alors dans la bobine d'inductance $\boldsymbol{L}$ et de résistance $\boldsymbol{r_0}$. On règle la valeur de $\boldsymbol{a}$ du montage électronique $(\boldsymbol{D})$ sur la valeur : $\boldsymbol{a = 94\ (S.I)}$. On obtient un courant électrique qui circule dans le circuit avec une intensité constante.

Un système d'acquisition informatisé permet de tracer la courbe $\boldsymbol{\frac{d^2u_c(t)}{dt^2} = f(t)}$ de la figure $(\mathbf{3})$ représentant la variation de la dérivée seconde $\boldsymbol{\frac{d^2u_c(t)}{dt^2}}$ de la tension $\boldsymbol{u_C(t)}$ en fonction de $\boldsymbol{u_C(t)}$.

Un autre système d'acquisition adéquat permet de tracer les courbes $(\boldsymbol{a})$ et $(\boldsymbol{b})$ de la figure $(\mathbf{4})$ représentant la variation de l'énergie électrique $\boldsymbol{E_e}$ et magnétique $\boldsymbol{E_m}$ en fonction de $\boldsymbol{u_C^2}$.

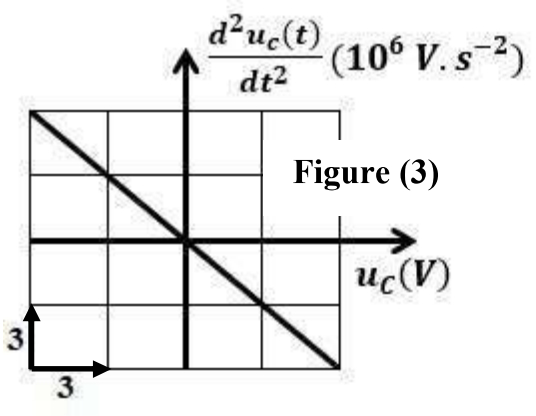


Figure (3)

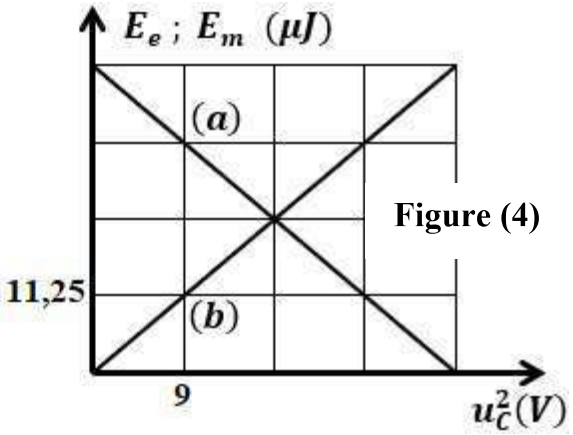


Figure (4)

0,25 **1-** Donner le schéma équivalent, lorsque l'interrupteur est mis sur la position (2), et représenter dessus les différentes tensions dans les circuits en convention récepteur.

0,5 **2-** Établir l'équation différentielle vérifié par la tension $u_C(t)$. Déduire la valeur de r_0.

3- La solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous la forme suivante : $u_C(t) = U_m.cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t\right)$; où U_m est la valeur maximale de la tension $u_C(t)$ et T_0 la période propre des oscillations.

0,5 **3-1-** Trouver l'expression de T_0 en fonction de L et C.

0,25 **3-2-** Montrer que la valeur de l'inductance L est : $\boxed{L = 0,4\ H}$

0,25 **4-** Choisir, en justifiant votre réponse, parmi les courbes (a) et (b) de la figure (4), la courbe qui représente la variation de l'énergie magnétique.

0,5 **5-** Montrer que l'expression des instants t_n dans lequel les énergies électrique $E_e(t)$ et magnétique $E_m(t)$ deviennent égales est : $\boxed{t_n = (2n+1).\frac{\pi.\sqrt{LC}}{4}}$; où n est un entier naturel. (Rappel : $cos^2(x) = \frac{1+cos(2x)}{2}$; $sin^2(x) = \frac{1-cos(2x)}{2}$)

0,25 **6-** Calculer la valeur de l'intensité de courant $i(t)$ aux instants t_n.

Exercice 4 (5,75 pts)

Les sports à risques (d'aventure) font partie des sports les plus répandus, car ceux-ci cherchent à obtenir des résultats positifs et à battre des records. En 2012, l'Australien « Robbie MADDISION » a battu le record du monde du plus long saut à moto, atteignant une longueur de 125 mètres. Cet exercice propose à étudier le mouvement d'un athlète aventureux faisant du vélo (Vélo sport) sur deux pistes différentes.

La figure **1** ci-dessous représente le parcours d'un système (S), constitué de l'athlète et de ses accessoires. Ce parcours se compose de deux parties :

- Une partie AB rectiligne de longueur $l = 39$ est inclinée d'un angle $\beta = 30^o$ par rapport au plan horizontal ;
- Une deuxième partie dans un plan (Ox, Oy) (voir la figure).

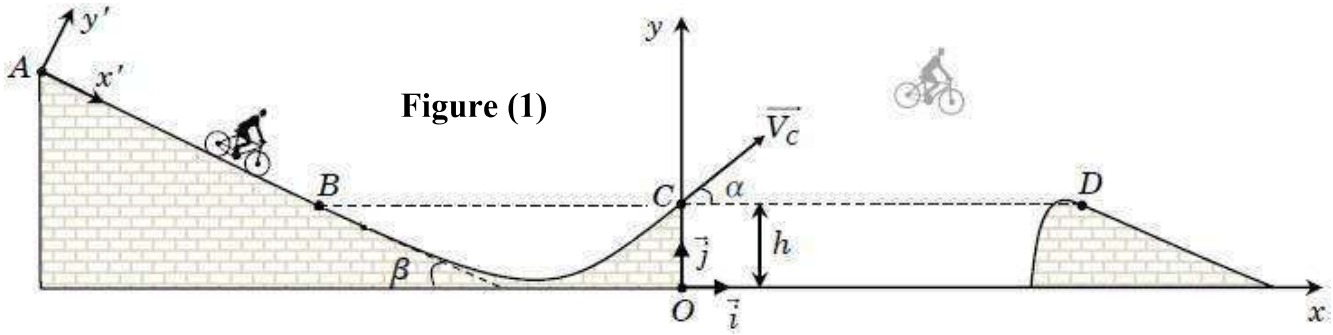


Figure (1)

Données :

- Masse de l'athlète et ses accessoires : $m = 100\ kg$
- Intensité de pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$

Les parties 1 et 2 sont dépendantes

Partie 1 : Étude du mouvement de l'athlète sur la partie *AB*.

Le système (S) passe à un instant considéré comme origine des dates $(t = 0)$ du point A avec une vitesse initiale v_A. On étudie le mouvement du centre d'inertie G du système (S) dans un repère $\mathcal{R}'(A; x'; y')$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.

À l'aide d'outils expérimentaux et informatifs appropriés, on obtient la courbe $v = f(t)$ qui représente la variation de la vitesse v du centre d'inertie G système (S) en fonction du temps (Figure 2).

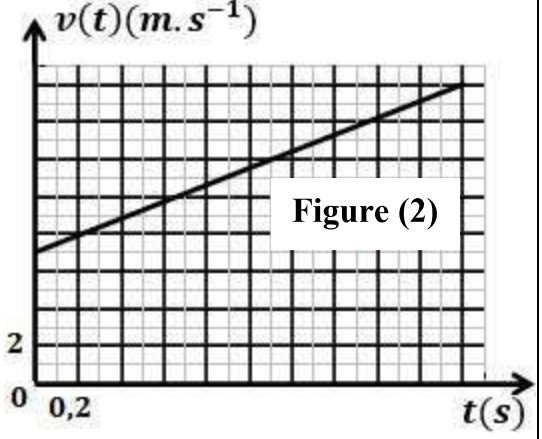


Figure (2)

On considère dans cette partie que le système (S) est soumis à des forces de frottement représentées par une force constante et unique $\vec{f}$ tangente à la trajectoire, de sens opposés à celui de mouvement, et d'intensité f.

0,5 **1-** En appliquant la 2ème loi de Newton, Montrer que l'équation différentielle vérifié par la vitesse v du centre d'inertie du système (S) est :

$$\boxed{\frac{dv}{dt} = g.sin\beta - \frac{f}{m}}$$

0,5 **2-** Déterminer graphiquement la valeur de l'accélération a du centre d'inertie G du système (S). Déduire la valeur de l'intensité f de la force de frottement.

0,5 **3-** À l'aide des équations horaires du mouvement, montrer que l'expression de la vitesse v_B du centre d'inertie G lors de son passage par la position B est :

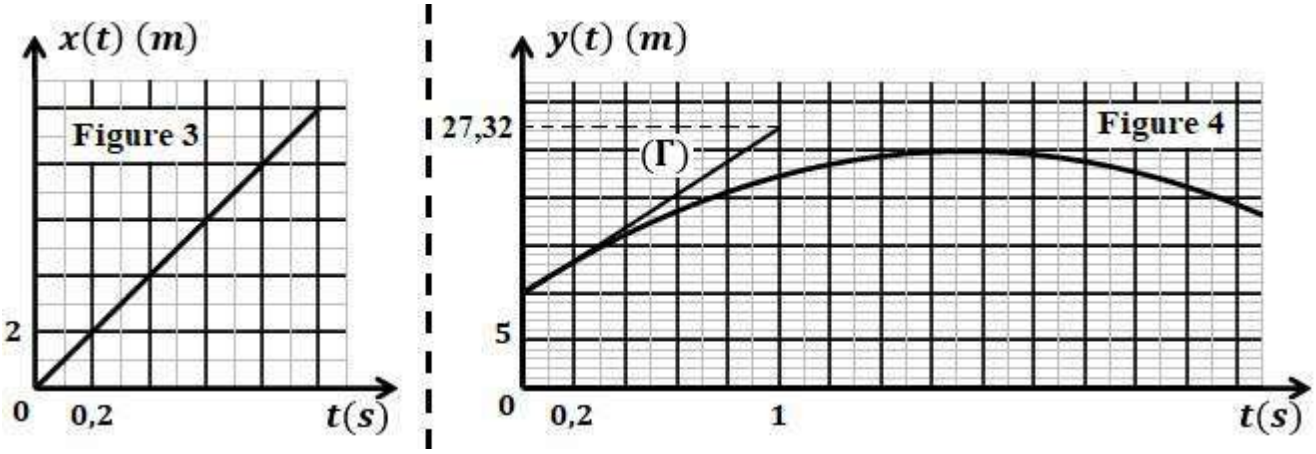
$\boxed{v_B = \sqrt{v_A^2 + 2.l.a}}$. Calculer sa valeur.

0,5 **4-** Montrer que la valeur de l'intensité R de la réaction du plan $\vec{R}$ est : $\boxed{R \simeq 867,5\ N}$

Partie 2 : Étude du mouvement de l'athlète dans un champ de pesanteur uniforme.

Le système (S) continue son mouvement sur la partie concave BC pour sauter dans l'air depuis la position C à un instant considéré comme nouvelle origine des dates $t = 0$ avec une vitesse initiale $\vec{v}_C$ qui fait un angle α avec le plan horizontal passant par C. On étudie le mouvement de G dans un champ de pesanteur uniforme, et on choisit un repère orthonormé $\mathcal{R}(C; x; y)$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.

À l'aide d'outils expérimentaux et informatifs appropriés, on obtient les courbes des figures **3** et **4** ci-dessous, qui représentent respectivement les variations des coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ du centre d'inertie G du système (S). La droite (Γ) représente la tangente à la courbe $y = f(t)$ à l'instant $t = 0$.



0,75 **1-** En appliquant la 2ème loi de Newton, Montrer que les expressions littérales des coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ sont :

$$\boxed{\begin{cases} x(t) = v_C.cos\ .t \\ y(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + v_C.si\ .t + h \end{cases}}$$

0,75 **2-** En exploitant les courbes des figures **3** et **4**, montrer que :

$\boxed{v_C \simeq 20\ m.s^{-1}}$, et $\boxed{\alpha \simeq 60^o}$.

0,5 **3-** Déterminer l'expression littérale de l'équation de la trajectoire de centre d'inertie G du système (S), puis vérifier que son expression numérique est :

$$\boxed{y(x) = -0,05.x^2 + \sqrt{3}.x + 10}$$

0,5 **4-** Déterminer graphiquement l'ordonnée y_F du point F sommet de la trajectoire ; puis déterminer par calcul son abscisse x_F.

5- Le saut est réussi si l'athlète dépasse la position D, d'abscisse $x_D = 42,88$:

0,5 **5-1-** Montrer que le saut de l'athlète n'est pas réussi.

0,5 **5-2-** Montrer que l'expression littérale de la vitesse initiale minimale $v_{C,min}$ pour que le saut soit réussi est : $\boxed{v_{C,min} = \sqrt{\frac{g.x_D}{sin2}}}$. Calculer sa valeur.

0,25 **5-3-** Montrer que la valeur de la vitesse initiale minimale $v_{A,min}$ pour que le saut soit réussi est : $\boxed{v_{A,min} \simeq 12\ .s^{-1}}$. (Noter que : $v_C = v_B$)

Partie I : Étude d'une solution d'acide

1-1.

Équation Réaction		$C_3H_7COOH + H_2O \rightleftharpoons C_3H_7COO^- + H_3O^+$			
État	Avancement	Quantité de matière (mol)			
Initial	0	$C_0 \cdot V$	Excès	0	0
En cours	x	$C_0 \cdot V - x$		x	x
Équilibre	$x_{éq}$	$C_0 \cdot V - x_{éq}$		$x_{éq}$	$x_{éq}$

1-2. $\tau = \frac{x_{éq}}{x_m}$
L'eau en Excès donc $x_m = C_0 \cdot V$
DTA : $x_{éq} = n(H_3O^+)_{éq} = [H_3O^+]_{éq} \cdot V$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{éq} \cdot V}{C_0 \cdot V} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C_0} = 0,038 < 1$$

donc la réaction est limitée.

1-3. $K_A = \frac{[C_3H_7COO^-]\cdot[H_3O^+]}{[C_3H_7COOH]}$
DTA : $[C_3H_7COO^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq} = \tau \cdot C_0$
$[C_3H_7COOH]_{éq} = C_0 - [H_3O^+]_{éq} = C_0 - \tau \cdot C_0 = C_0(1-\tau)$

$$K_A = \frac{\tau^2 \cdot C_0^2}{C_0(1-\tau)} = \frac{\tau^2 \cdot C_0}{1-\tau}$$

$$K_A = \frac{10^{-2} \times (0,038)^2}{1 - 0,038} = 1,5 \times 10^{-5}$$

$$pK_A = -\log K_A = 4,8$$

1-4. $\sigma = \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+]_{éq} + \lambda_{A^-} \cdot [A^-]$

$$\sigma = [H_3O^+]\left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}\right)$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}} \times 10^{-3}$$

$$= \frac{4,15 \times 10^{-3}}{35 \times 10^{-3} + 3,58 \times 10^{-3}} \times 10^{-3}$$

$$[H_3O^+] = 1,15 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$K_A = K_{A1} = \frac{[H_3O^+]_1^2}{C_1 - [H_3O^+]_1}$

$$C_1 - [H_3O^+]_1 = \frac{[H_3O^+]_1^2}{K_A}$$

$$C_1 = \frac{[H_3O^+]_1^2}{K_A} + [H_3O^+]_1$$

$$= \frac{(1,15 \times 10^{-4})^2}{10^{-4,8}} + 1,15 \times 10^{-4}$$

$C_1 = 10^{-3}$ **mol/L**

Relation de dilution : $C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$

$$V_1 = \frac{C_0 \cdot V_0}{C_1} = \frac{10^{-2} \times 10}{10^{-3}} = 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = V_0 + V_e \iff V_e = V_1 - V_0 = 100 - 10 = 90 \text{ mL}$$

Partie II : Dosage / Suivi pH-métrique

2-1. $C_3H_7COOH + OH^- \longrightarrow C_3H_7COO^- + H_2O$

2-2. Pour $V_B < V_{BE}$

Le réactif limitant C_3H_7COOH

$x_m = C_B \cdot V_B$

$$pH = pK_A + \log \frac{[C_3H_7COO^-]}{[C_3H_7COOH]}$$

$$[C_3H_7COO^-]_{\text{éq}} = \frac{C_A \cdot V_A - x_{\text{éq}}}{V_A + V_B} = \frac{C_B \cdot V_{BE} - C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}$$

$$pH = pK_A + \log \left(\frac{\frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}}{\frac{C_B \cdot V_{BE} - C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}} \right)$$

$$pH = pK_A + \log \left(\frac{V_B}{V_{BE} - V_B} \right)$$

$$pH = pK_A - \log \left(\frac{V_{BE} - V_B}{V_B} \right)$$

$$pH = pK_A - \log \left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1 \right)$$

2-3. $V_B = \frac{V_{BE}}{2} \iff V_{BE} = 2V_B$

$$pH = pK_A - \log\left(\frac{2V_B}{V_B} - 1\right)$$

$$pH = pK_A - \log(1)^0 \implies pH = pK_A$$

Quand $pH - pK_A = 0$

$$V_B = \frac{V_{BE}}{2} \iff V_{BE} = 2V_B$$

$V_{BE} = 2 \times 5 = 10$ **mL**

2-4. À l'équivalence $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{4 \times 10^{-3} \times 10}{10}$$

$C_A = 4 \times 10^{-3}$ **mol/L**

2-5. $m_A = C_A \cdot V_0 \cdot M = 4 \times 10^{-3} \times 1 \times 88 = 0,352$ g
10 g $\rightarrow 0,352$ g
100 g $\rightarrow 3,52$ g
Donc le beurre étudié n'est pas encore rance.
car 100 g (beurre) $\rightarrow m_A = 4$ g

Partie III : Cinétique

1 La durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale.

$$\text{à } t = t_{1/2} \iff x_{1/2} = \frac{x_f}{2}$$

2 $x_{1/2} = \frac{x_f}{2} \iff \frac{x_f}{2} = n_0 \cdot \frac{G_{1/2} - G_0}{G_f - G_0}$
Le R.L est OH^- $\implies x_m = x_f = n_0$

$$\frac{x_f}{2} = x_f \times \frac{G_{1/2} - G_0}{G_f - G_0}$$

$$\implies \frac{1}{2} = \frac{G_{1/2} - G_0}{G_f - G_0}$$

$$G_f - G_0 = 2G_{1/2} - 2G_0$$

$$2G_{1/2} = G_f + G_0$$

$$G_{1/2} = \frac{G_f + G_0}{2} = \frac{25+9}{2} = 17 \text{ mS}$$

Par projection $t_{1/2} = 15$ **min**

Exercice 2

Partie 1 :

A **Faux** C **Faux**
B **Faux** D **Vraie**

Partie 2 :

A. $C = \lambda_0 \times N \implies N = \frac{C}{\lambda_0} = \frac{3\times10^8}{600\times10^{-9}} = 5 \times 10^{14}$ Hz

violet $400 \text{ nm} < \lambda_0 < 800 \text{ nm}$ **Rouge** **domaine visible**

$$N_R \leq N_0 \leq N_V$$

Δ $N_0 \simeq 10^{14}$ Hz fréquence du domaine visible.
donc A **Vrai**

B. **Faux**

C. $L = \frac{2D\lambda}{a} = \frac{2\times2\times600\times10^{-9}}{0{,}10\times10^{-3}} = 2{,}4$ cm

donc C **Faux**

D. **Vraie**

Lorsque on change le milieu $\implies$ $\begin{cases} \text{la célérité change} \\ \text{la longueur d'onde change.} \end{cases}$

Partie 3 :

A. **Vrai.**

B. **Vrai**

$$N_0 = \frac{m_0}{M} \cdot N_A$$

$$= \frac{142{,}19 \times 10^{-3}}{238} \times 6{,}02 \times 10^{23} = 3{,}6 \times 10^{20}$$

C. **Faux**

$$a_0 = \lambda \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{87{,}776 \times 365 \times 24 \times 3600} \times N_0$$

$a_0 = 2{,}50 \times 10^{10}$ **Bq**

D. Vrai

$$N_0 = N_D + N_R \implies N_R = N_0 - N_D = N_0 - \frac{43}{100} \cdot N_0 = \frac{57}{100} N_0$$

$$N_R = \frac{57}{100} \times 3,6 \times 10^{20} = 2,05 \times 10^{20}$$

E. Faux

$$E_{\text{lib}} = N_D \cdot E_{lib} = \frac{43}{100} \times 3,6 \times 10^{20} \times 9,315 \times 1,6 \times 10^{-13}$$

$$= 2,3 \times 10^{8} \text{ J}$$

Exercice 3

Partie 1 :

1 **D'après loi d'additivité des tensions :**

$$u_C + u_R + u_r = E \implies \frac{q}{C} + R \cdot i + r \cdot i = E$$

$$R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} + r \cdot \frac{dq}{dt} = E$$

$$(R + r)C \cdot \frac{dq}{dt} + q = C \cdot E$$

$$\tau \cdot \frac{dq}{dt} + q = C \cdot E \quad \text{tel que} \begin{cases} \tau = (R + r)C \\ A = C \cdot E \end{cases}$$

2 **à** $t = 0 \implies q(t = 0) = 0$

$$u_R(0) + u_r(0) + u_C(0) = E$$

$$R \cdot i(0) + r \cdot i(0) = E$$

$$i(0) = \frac{E}{R + r}$$

$I_0 = \frac{E}{R+r}$

3 **Graphiquement** $I_0 = 60$ **mA**

$$I_0 = \frac{E}{R + r} \implies R + r = \frac{E}{I_0}$$

$$r = \frac{E}{I_0} - R = \frac{6}{60 \times 10^{-3}} - 90 = 10\,\Omega$$

4 $u_C + u_R + u_r = E$

$$i(t) = \frac{E}{R+r} \cdot e^{-t/\tau}$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{-1}{\tau} \times I_0 \cdot e^0 = \frac{-I_0}{\tau} \cdot 1 = -\frac{I_0}{\tau}$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_0 = -\frac{I_0}{\tau} \implies \tau = \frac{I_0}{-\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0}} = -\frac{60 \times 10^{-3}}{\frac{60-30\times10^{-3}}{0-125\times10^{-6}}} = 2,4 \times 10^{-4}\ \text{s}$$

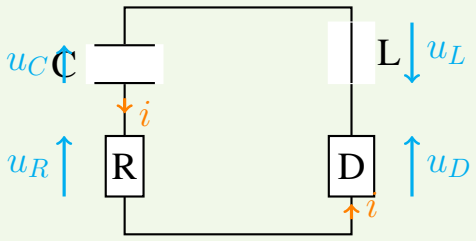
$$\tau = (R+r)C \implies C = \frac{\tau}{R+r}$$

r = 6 Ω

$$C = \frac{2,4 \times 10^{-4}}{90+6} = 2,5 \times 10^{-6}\ \text{F} = 2,5\,\mu\text{F}$$

Partie 2 :

1



2 **D'après loi d'additivité des tensions :**

$$u_L + u_R + u_C - u_D = 0$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i + u_C + r_0 \cdot i - 94 \cdot i = 0$$

$$LC \cdot \frac{d^2u_C}{dt^2} + C \cdot \frac{du_C}{dt} \underbrace{(R + r_0 - 94)}_{=0} + u_C = 0$$

$$R + r_0 - 94 = 0 \iff r_0 = 94 - R = 94 - 90 = 4\,\Omega$$

Suite Exercice 3

3-1. on remplaçons la solution dans l'équation différentielle

$$LC \cdot \frac{d^2u_c}{dt^2} + u_c = 0$$

$$\frac{du_c}{dt} = -U_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$$

$$[\cos(ax+b)]' = -a \cdot \sin(ax+b)$$
$$[\sin(ax+b)]' = a \cdot \cos(ax+b)$$

$$\frac{d^2u_c}{dt^2} = -U_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$$

$$\text{donc } \frac{d^2u_c}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot u_c(t)$$

$$\Longrightarrow \frac{1}{LC} \cdot u_c + \left[-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot u_c\right] = 0$$

$$\Longrightarrow u_c\left(\frac{1}{LC} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\right) = 0$$

$$u_c \neq 0 \iff \frac{1}{LC} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = 0$$

$$\iff \frac{1}{LC} = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \iff \sqrt{\frac{1}{LC}} = \frac{2\pi}{T_0}$$

$$\Longrightarrow \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{2\pi}{T_0} \iff T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

3-2. on a $\frac{d^2u_c}{dt^2} = f(u_c)$ est une fonction affine $\frac{d^2u_c}{dt^2} = A \cdot u_c$

$$LC \cdot \frac{d^2u_c}{dt^2} + u_c = 0 \Longrightarrow \frac{d^2u_c}{dt^2} = -\frac{1}{LC}u_c$$

$$\text{par analogie } A = -\frac{1}{LC} = \frac{0 + 3\times10^6}{0-3} = -10^6$$

$$\frac{1}{LC} = 10^6 \Longrightarrow L = \frac{1}{C\cdot10^6} = \frac{1}{2,5\times10^{-6}\times10^6} = 0,4\ \text{H}$$

4.

A $\rightarrow E_m$
B $\rightarrow E_e$

$$\text{Lorsque } u_c = 0 \Longrightarrow E_e = 0$$
$$\Longrightarrow E_m = E_{T_{max}}$$

5. $E_e = E_m$

$$\frac{1}{2}Cu_c^2 = \frac{1}{2}L \cdot i^2$$

$$\frac{1}{2}C\cdot U_m^2\cdot\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)=\frac{1}{2}L\left(-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)U_m\cdot C\cdot\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)\right)^2$$

$$C\cdot \cancel{U_m^2}\cdot\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)=L\cdot\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\cdot \cancel{U_m^2}\cdot C^2\cdot\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$$

$$\cancel{C}\cdot\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)=\cancel{L}\cdot\cancel{C^2}\times\frac{1}{\cancel{LC}}\cdot\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$$

$$\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)=\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$$

$$\frac{1+\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right)}{2}=\frac{1-\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right)}{2}$$

$$\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right)+\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right)=0$$

$$2\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right)=0$$

$$\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t\right)=0$$

$$\frac{4\pi}{T_0}t=\frac{\pi}{2}+n\cdot\pi$$

$$\frac{4}{T_0}t=\frac{1}{2}+n$$

$$t=\frac{T_0}{8}+\frac{n}{4}\cdot T_0$$

$$=\frac{T_0}{8}+\frac{2n}{8}T_0$$

$$=\frac{T_0}{8}(2n+1)$$

$$t=(2n+1)\cdot\frac{\pi\sqrt{LC}}{4}$$

6. $E_e=E_m$

$$E_T=E_e+E_m$$

$$E_T=2E_m\implies E_m=\frac{E_T}{2}$$

$$\frac{1}{2}L\cdot i^2=\frac{E_T}{2}$$

$$i^2=\frac{E_T}{L}$$

$$i = \pm\sqrt{\frac{E_T}{L}}$$

Exercice 4 : Mécanique

1. Système étudié : {solide (S)}
Bilan des forces :

$\vec{P}$ le poids

$\vec{R}$ Réaction du plan

En appliquant 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}$$

on projète sur (Ax)

$$P_x + R_x = m \cdot a_x$$

$$mg\sin(\beta) - f = m \cdot \frac{dv_x}{dt}$$

$$\frac{dv_x}{dt} = g\sin(\beta) - \frac{f}{m}$$

$$\frac{dv}{dt} = g\sin(\beta) - \frac{f}{m}$$

2. on a $V_G = f(t)$ est une fonction affine $\iff V_G(t) = K \cdot t + b$
tel que K est le coefficient directeur représente a_G.

$$a_G = \frac{\Delta V_G}{\Delta t} = \frac{10-8}{0,6-0,2} = \frac{2}{0,4} = 5 \text{ m/s}^2$$

$$mg\sin(\beta) - f = m \cdot a$$

$$f = mg\sin(\beta) - m \cdot a$$

3. $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + V_0 \cdot t + x_0$

$$\text{à } t = 0 : \begin{cases} x_0 = x_A = 0 \\ V_0 = V_A = 0,7 \text{ m/s} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} x(t) = \frac{1}{2}at^2 + V_A \cdot t \\ v(t) = \frac{dx}{dt} = a \cdot t + V_A \end{cases}$$

$$t = \frac{V_B - V_A}{a}$$

$$AB = x_B - \cancel{x_A}^{0} = \frac{1}{2}at_B^2 + V_A \cdot t_B$$

$$AB = \frac{1}{2}a\left(\frac{V_B - V_A}{a}\right)^2 + V_A\left(\frac{V_B - V_A}{a}\right)$$
$$= \frac{1}{2}a\left(\frac{V_B^2 - 2V_AV_B + V_A^2}{a^2}\right) + \frac{V_AV_B - V_A^2}{a}$$
$$= \frac{V_B^2 - 2V_AV_B + V_A^2 + 2V_AV_B - 2V_A^2}{2a}$$
$$AB = \frac{V_B^2 - V_A^2}{2a} \Longrightarrow V_B^2 - V_A^2 = 2a \cdot AB$$
$$V_B = \sqrt{V_A^2 + 2a \cdot AB}$$
$$V_B = \sqrt{V_A^2 + 2 \cdot l \cdot a} \Longrightarrow V_B = \sqrt{0,7^2 + 2 \times 19 \times 5}$$

$$V_B = 13,82 \textbf{ m/s}$$

4. $R = \sqrt{f^2 + R_N^2}$
on projète sur (Ay) : $P_y + R_y = 0$

$$-mg\cos\beta + R_N = 0$$

$$R_N = mg\cos\beta$$

$$R = \sqrt{f^2 + mg\cos\beta}$$

Partie 2 :

1. Système étudié : {solide S}
bilan des forces : $\vec{P}$ le poids
En appliquant la 2ème loi de Newton

$$\vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

On projète sur (Cx) et (Cy)

$$\begin{cases} P_x = m \cdot a_x \\ P_y = m \cdot a_y \end{cases}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Longleftrightarrow \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = -g \end{cases}$$

Par intégration :

$$\begin{cases} V_x = V_{0x} = V_0 \cos\alpha \\ V_y = -gt + V_0 \sin\alpha \end{cases}$$

Par intégration :

$$\begin{cases} x(t) = V_0 \cos\alpha \cdot t + x_c \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \sin\alpha \cdot t + y_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(t) = V_0 \cos\alpha \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_c \sin\alpha \cdot t + h \end{cases}$$

2. $V_0 = \sqrt{V_{0x}^2 + V_{0y}^2}$

$x(t) = V_{0x} \cdot t$

$$V_{0x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2-0}{0,2-0} = 10 \text{ m/s}$$

$$V_{0y} = \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)_{t=0} = \frac{27,32-10}{1-0} = 17,32 \text{ m/s}$$

$$V_0 = \sqrt{V_{0x}^2 + V_{0y}^2} = \sqrt{10^2 + 17,32^2} = 20 \textbf{ m/s}$$

$*$ **Valeur de α :**

$$V_{0x} = V_0 \cos\alpha \implies \cos\alpha = \frac{V_{0x}}{V_0} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\tfrac{1}{2}\right) = 60°$$

3. $x(t) = V_0 \cos\alpha \cdot t \implies t = \frac{x}{V_0 \cos\alpha}$

$$y(x) = -\frac{1}{2}g \cdot \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha) \cdot x + h$$

$$= -\frac{1}{2} \times 10 \times \frac{x^2}{20^2} + \tan(60) \cdot x + 10$$

$$y(x) = -0,05x^2 + \sqrt{3}x + 10$$

4. $\frac{dy_G}{dt} = 0$

$$y_F = 25 \textbf{ m}$$

$$t_F = 1,6 \text{ s}$$

$$x_F = 10 \cdot t_F = 10 \times 1,6 = 16 \textbf{ m}$$

5-1. $x_P > x_D \quad ; \quad y_P = 0$

$$-0,05x_P^2 + \sqrt{3} \cdot x_P + 10 = 0$$

$$\Delta = (\sqrt{3})^2 - 4(-0,05) \times 10 = 3 + 2 = 5$$

$$x_{P_1} = \frac{-\sqrt{3} + \sqrt{5}}{2 \times (-0,05)} = -5,04 < 0$$

$$x_{P_2} = \frac{-\sqrt{3} - \sqrt{5}}{2 \times (-0,05)} = 39,68 \text{ m}$$

On a $x_P < x_D$ **donc le saut n'est pas réussi.**

5-2. $y_D = -\frac{1}{2}g \cdot \frac{x_D^2}{(V_{Cmin}\cos\alpha)^2} + \tan\alpha \cdot x_D + h$

$$\begin{cases} x_P = x_D \\ y_P = h \end{cases}$$

$$\cancel{h} = -\frac{1}{2}g \cdot \frac{x_D^2}{(V_{Cmin}\cos\alpha)^2} + \tan(\alpha) \cdot x_D + \cancel{h}$$

$$\frac{1}{2}g \cdot \frac{\cancel{x_D}^2}{(V_{Cmin}\cos\alpha)^2} = \tan(\alpha) \cdot \cancel{x_D}$$

$$\frac{1}{2}g \cdot \frac{x_D}{V_{Cmin}^2 \cdot \cos^{\cancel{2}}(\alpha)} = \frac{\sin\alpha}{\cancel{\cos\alpha}} \quad \text{car } \tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$$

$$\frac{1}{2}g \cdot \frac{x_D}{V_{Cmin}^2 \cdot \cos(\alpha)} = \sin\alpha$$

$$g \cdot x_D = 2 \cdot V_{Cmin}^2 \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha$$

$$= \sin(2\alpha) \cdot V_{Cmin}^2$$

$$V_{Cmin} = \sqrt{\frac{g \cdot x_D}{\sin(2\alpha)}}$$

5-3.

$$V_{Cmin}^2 = 2a \cdot AB + V_{Amin}^2 \iff V_{Amin}^2 = V_{Cmin}^2 - 2a \cdot AB$$

$$V_{Amin} = \sqrt{V_{Cmin}^2 - 2a \cdot AB}$$

$$= \sqrt{\frac{10 \times 42,88}{\sin(2 \times 60°)} - 2 \times 5 \times 39} \simeq 12 \text{ m/s}$$

Royaume du maroc Ministère de l'Education National de l'Enseignement préscolaire & de sport	الامتحان التجريبي المسالك الدولية – خيار فرنسية	Royaume du maroc Ministère de l'Education National de l'Enseignement préscolaire & de sport

المادة	الفيزياء والكيمياء	المدة	3
الشعبة أو المسلك	العلوم الرياضية (أ) و(ب) خيار فرنسي	المعامل	7

- ✓ *L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.*
- ✓ *La formule littérale doit être donnée avant l'application numérique et le résultat accompagné de son unité.*
- ✓ *Les exercices peuvent être traités séparément selon le choix du candidat(e).*

Le sujet comporte quatre exercices : un exercice de chimie et trois exercices de physique.

Exercice 1 : Chimie (7 points)

-Partie 1 :À propos de l'acide méthanoïque.
-Partie 2 : Pile :Argent/Fer

Exercice 2 : Physique nucléaire (3points)

-Désintégration de l'iode
-la technique de scintigraphie pour les glandes surrénales

Exercice 3 : Transformations électriques :(5points)

-Partie1 : Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension
-Partie2 : Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension
-Partie3 : Dipôle RLC en régime forcée.

Exercice 4 : Mécanique (5points)

-Partie 1 : Etude du mouvement du centre de gravité d'une balle
-Partie 2 : Chute dans un fluide

Exercice 1 :(7pts)

Partie 1 : Détermination de la concentration C_A d'acide méthanoïque par deux méthodes

Première méthode :

On considère une solution aqueuse (S_A) d'acide méthanoïque de concentration C_A et de **pH=2,9** à 25°C

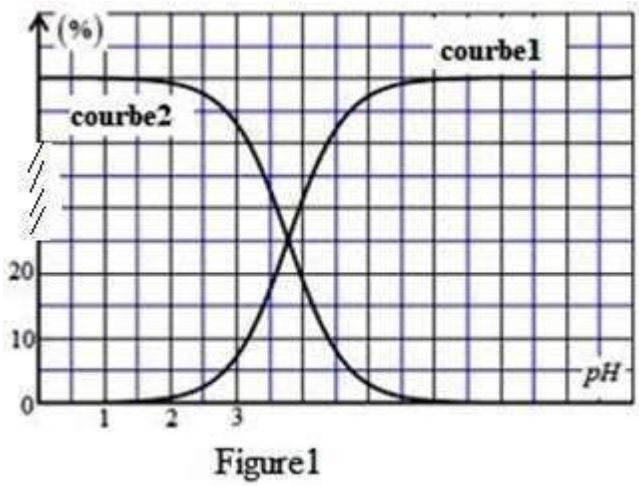


Figure1

1-Ecrire l'équation de la réaction de l'acide méthanoïque et l'eau. **(0.25)**

2-Déterminer l'expression du τ le taux d'avancement de la réaction en fonction de $[H_3O^+]$ éq et C_A **(0.25)**

3-Donner l'expression de la constante d'acidité $K_A(HCOOH/HCOO^-)$ en fonction C_A et pH **(0.25)**

4-On définit le pourcentage basique dans la solution par la relation : $\alpha(HCOO^-) = \frac{[HCOO^-_{(aq)}]}{[HCOO^-_{(aq)}]+[HCOOH_{(aq)}]}$

Montrer que le pourcentage basique est :

$\alpha(HCOO^-) = \frac{K_A}{K_A+10^{-pH}}$ **(0. 5)**

5-Les courbes de la figure 1 représente l'évolution du pourcentage des espèces acide et base du couple $HCOOH/HCOO^-$)

5-1-Associer chaque courbe à l'espèce correspondante . **(0.25)**

5-2-A l'aide des courbes déterminer :

a-La constante d'acidité pK_A **(0.25)**

b- Le taux d'avancement τ **(0.25)**

6-Déduire la valeur de la concentration molaire C_A. **(0.5)**

Deuxième méthode :

Pour déterminer la concentration molaire de la solution précédente par dosage acido-basique on prend un volume $V_A = 9{,}5mL$ de la solution (S_A) et on le dose par une solution (S_B) d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + OH^-$ de concentration $C_B = 2.10^{-2}mol/L$.

La courbe de la figure 2 représente les variations du pH en fonction du volume versé V_B .

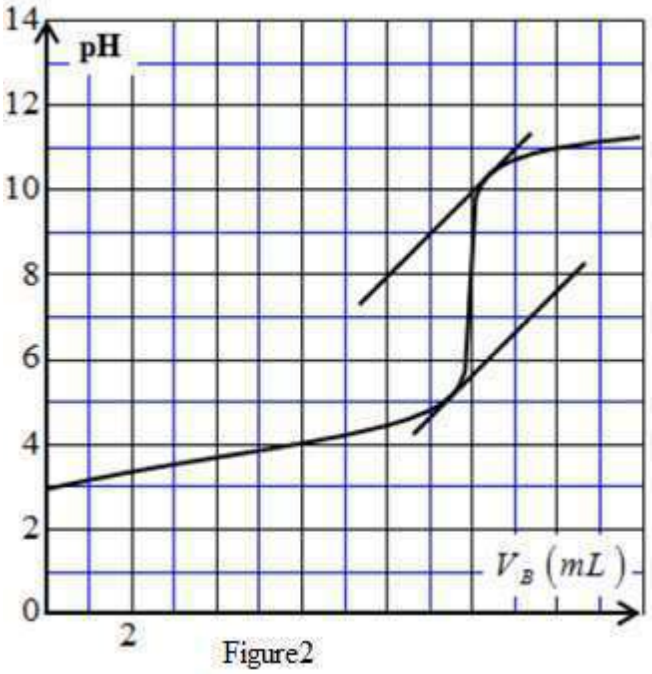


Figure2

1-Ecrire l'équation du dosage. **(0.25)**

2-Déterminer la constante d'équilibre associé à la réaction du dosage et calculer sa valeur , déduire. **(0.75)**

3-Calculer la concentration molaire C_A. **(0.25)**

4-Déterminer l'indicateur coloré convenable pour ce dosage. **(0.25)**

5-Déterminer le volume V_B qu'il faut ajouter au mélange réactionnel pour que $\frac{[HCOO^-_{(aq)}]}{[HCOOH_{(aq)}]} = 1{,}6$ **(0. 5)**

Indicateur	Hélianthine	Rouge de phénol	phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 - 4,4	6,8 - 8,4	8,2 - 10

On donne : $K_e = 10^{-14}$

Partie 2 : Pile Argent/Fer

On trempe une électrode d'argent dans un bécher qui contient un volume $V_1 = 100mL$ d'une solution de nitrate d'argent $(Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)})$ de concentration molaire $C_1 = 0{,}2$ mol/L et on trempe une électrode de fer dans un autre bécher qui contient un volume $V_2 = 100mL$ d'une solution de sulfate de fer $(Fe^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ de concentration molaire $C_2 = 0{,}2$ mol/L.

On relie les deux solutions par un pont salin et on monte en série les pôles de la pile avec un conducteur ohmique , un ampèremètre et un interrupteur .Lorsqu'on ferme le circuit un courant électrique d'intensité I constante circule dans le circuit.

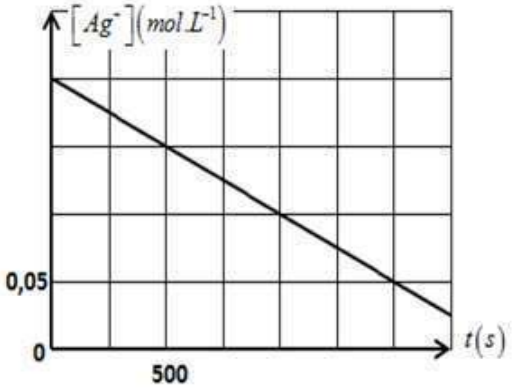


Figure3

Données :

- Couples intervenants : $Fe^{2+}_{(aq)} / Fe_{(s)}$; $Ag^+_{(aq)} / Ag_{(s)}$
- constante de Faraday : $1F = 96500C.mol^{-1}$
- Constante d'équilibre associée à la réaction $2Ag_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{aq} + Fe_{(s)}$ est : $K = 10^{-40}$

1-Calculer $Q_{r,i}$le quotient de la réaction initial du système chimique. **(0.25)**

2-Déterminer en justifiant la réponse le sens d'évolution du système chimique au cours du fonctionnement de la pile. **(0.25)**

3-Représenter le schéma conventionnel de la pile. **(0.25)**

4-La courbe de la figure 3 représente les variations de la concentration des ions d'argent $[Ag^+]$ en fonction du temp t .

4-1-Montrer que : $[Ag^+]_t = C_1 - \frac{I}{F.V_1}t$ **(0. 5)**

4-2-A l'aide de la courbe déterminer la valeur de l'intensité I du courant électrique. **(0. 5)**

4-3-Montrer que l'expression $Q_{r,t}$ le quotient de la réaction à un instant t s'écrit sous la forme :

$$Q_{r,t} = \frac{C_2 + \frac{It}{2V_2.F}}{\left(C_1 - \frac{It}{V_1.F}\right)^2}$$

Puis calculer sa valeur à l'instant $t = 1000s$ **(0.75)**

Exercice 2 :(3points)

L'iode est considéré une matière essentielle dans la synthèse des hormones thyroïdiennes .cette hormone est essentielle dans la croissance . Pour un individu normal 100mL du sang contiennent 10µg d'iode.
Chaque instant la tyroïde absorbe du sang la même quantité sous forme d'iodure et le secrète sous forme d'hormones. La quantité d'iode dans le sang reste constante.
Grace à l'iode radioactif on suit le métabolisme d'iode et la mesure des hormones. Parmi les isotopes d'iode on trouve ${}^{127}_{53}I$ *et* ${}^{131}_{53}I$ un d'entre eux stable et l'autre radioactif β^-.

1-calculer l'énergie de liaison par nucléon pour chaque isotope et déduire l'isotope stable et l'isotope radioactif. **(0. 5)**

2-écrire l'équation de désintégration de l'isotope radioactif sachant que le noyau fils est ${}^{A}_{Z}Xe$ en précisant A et Z. **(0.25)**

3-calculer l'énergie libérée par la désintégration de $N = 10^3$ isotopes radioactifs. **(0. 5)**

4-pour suivre le métabolisme de l'iode ${}^{131}_{53}I$ et la mesure des hormones composées on utilise la téchnique de scintigraphie pour les glandes surrénales en injectant le patient par une solution d'iode ${}^{131}_{53}I$ d'activité radioactive 37MBq.
4-1-quelle est la masse d'iode ${}^{131}_{53}I$ injectée.La mesure de l'activité radioactive de l'echantillon étudié à l'instant t_1 est $a_1 = 24MBq$. **(0. 5)**

4-2-montrer que : $t_1 = \tau \ln\left(\frac{N\, m_0}{\tau M\left({}^{131}_{53}I\right) a_1}\right)$ Calculer sa valeur en (J) **(0.75)**

5-On injecte un patient par l'iode 131 radioactif.
calculer la durée nécessaire pour la désintégration de 99% d'iode 131. **(0. 5)**

Noyau ou particule	${}^{131}_{53}I$	${}^{127}_{53}I$	${}^{1}_{0}n$	${}^{0}_{-1}e$	${}^{1}_{1}p$	Xe
Sa masse(u)	130,9061	126,9044	1,00877	54858.10^{-4}	1,00722	130,9050

$1u = 931,5 MeV/C^2$ $\quad 1MeV = 1,6.10^{-13}J$ $\quad N_A = 6,02.10^{23} mol^{-1}$ $\quad M\left({}^{131}_{53}I\right) = 131 g.mol^{-1}$

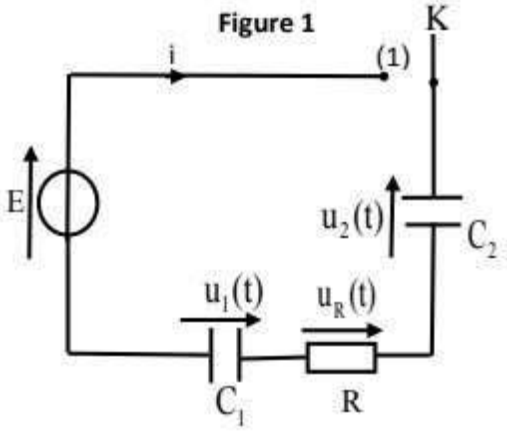
La demi-vie de l'iode radioactif est $t_{1/2} = 8jours$.

Exercice3 :(5points)

Partie1 : Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension

Les circuits RC, RL et RLC sont utilisés dans les montages électroniques des appareils électriques. On se propose, dans cette partie, d'étudier le dipôle RC .
Le montage électrique schématisé sur la figure 1 comporte :
-un générateur idéal de tension de f.é.m E,
-deux condensateurs de capacité C_1 et $C_2 = 2$ µF ,
-un conducteur ohmique de résistance R=3kΩ
-un interrupteur K à double position.
On place l'interrupteur K dans la position (1) à un instant pris comme origine des dates (t=0).

Figure 1

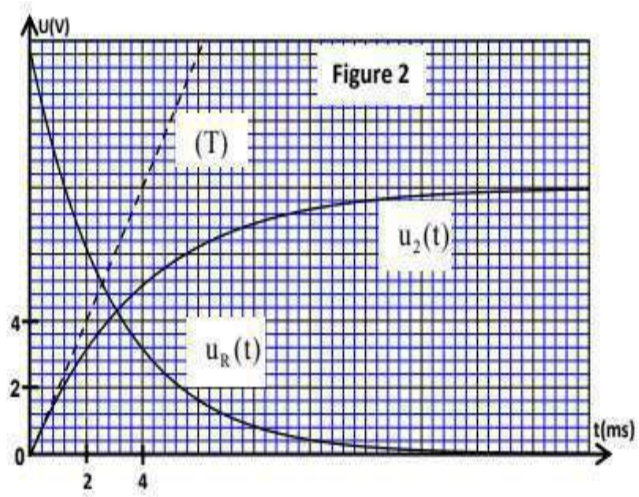


1-1-Montrer que la capacité Ce du condensateur équivalent aux deux condensateurs associés en série est : **(0.25)**

$$C_e=\frac{C_1.C_2}{C_1+C_2}.$$

1-2-Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension u_2 (t) entre les bornes du condensateur de capacité C_2 s'écrit : $\frac{du_2(t)}{dt}+\frac{1}{R.C_e}.u_2(t)=\frac{E}{R.C_2}$. **(0. 5)**

1-3-La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme :$u_2(t) = A(1 - e^{\alpha t})$ .Déterminer l'expression de A et celle de α en fonction des paramètres du circuit. **(0. 5)**



1-4-Les courbes de la figure 2, représentent l'évolution des tensions u_2 (t) et u_R (t).
La droite (T) représente la tangente à la courbe représentant u_2 (t) à l'instant t = 0 .
1-4-1-Déterminer la valeur de :

a- E . **(0.25)**

b- u_2 (t) et celle de u_1 (t) en régime permanent. **(0. 5)**

1-4-2- Montrer que C_1 = 4 µF. **(0.25)**

Partie2 : Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

2-Pour déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine (b) , on réalise le circuit électrique représenté dans la figure 1 qui est formé de :
*la bobine (b).
*un conducteur ohmique (D) de résistance R=90Ω.
*interrupteur K.
*générateur (G) de tension continue de force électromotrice E=6V et de résistance négligeable.
On ferme l'interrupteur K à t=0

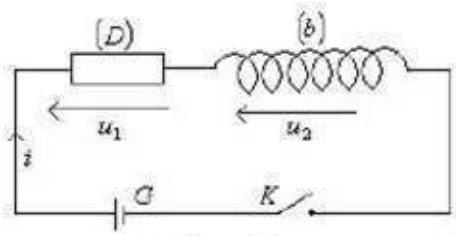
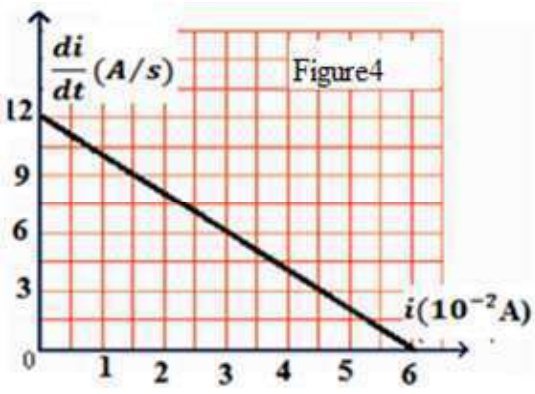


Figure 3

2-1-déterminer l'équation différentielle vérifié par l'intensité du courant i au cours de l'établissement du courant. **(0.25)**

2-2-la courbe de la figure 4 représente la fonction $\frac{di}{dt}$=f(t) .
montrer que la valeur de l'inductance L=0,5H puis calculer la valeur de la résistance r de la bobine. **(0. 5)**



2-3-l'expression $\boldsymbol{i(t) = I_P(1 - e^{-t/\tau})}$ est une solution de l'équation différentielle telle que $\boldsymbol{\tau}$ est la constante du temps déduire l'expression $\boldsymbol{\tau}$ en fonction de L , R et r. **(0.25)**

2-4-exprimer en fonction du temps la grandeur $\frac{Ldi}{dt}$ au cours de l'établissement du courant et calculer sa valeur à $t = \tau$. **(0.25)**

Partie3 :Dipôle RLC en régime forcée

On monte en série entre deux points M et N la bobine (b) et le conducteur ohmique (D) précédant avec un condensateur de capacité C

On applique entre le dipôle MN une tension alternative sinusoïdale : $u_{MN}(t) = U\sqrt{2}\cos(2\pi Nt + \varphi)$ sa tension efficace Constante $U=3V$ et sa fréquence N réglable et un courant d'intensité $i(t) = I\sqrt{2}\cos(2\pi Nt)$ circule dans le circuit.

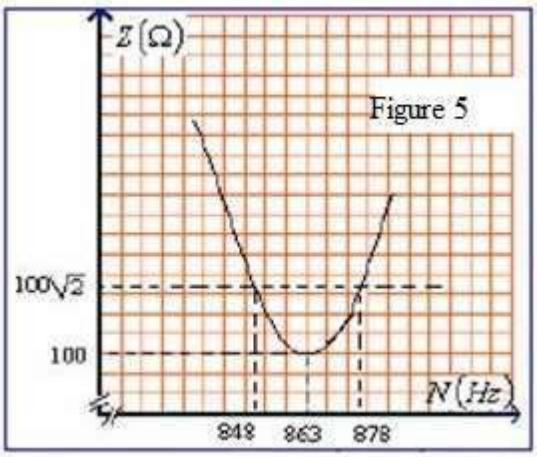


Figure 5

La figure3 représente les variations de l'impédance Z du circuit en fonction de la fréquence N.

3-1-à l'aide de la figure5 déterminer à la résonance les valeurs de l'impédance Z_0 *et la fréquence* N_0 et déduire la valeur de la capacité C du condensateur . on prend $\pi^2 = 10$ **(0.75)**

3-2-lorsqu'on règle la fréquence successivement sur les valeurs N_1 *et* N_2 avec $N_1 < N_2$ l'intensité efficace prend la valeur $I=\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ telle que I_0 l'intensité efficace à la résonance , déterminer la largeur de la bande passante ΔN et calculer le coefficient de qualité Q du circuit. **(0. 5)**

3-3-Calculer la puissance dissipée par effet joule à la résonance. **(0.25)**

Exercice 4 :(5points)

Partie1 : Etude du mouvement du centre de gravité d'une balle.

Pendant un match de volley-ball, un élève a enregistré une séquence vidéo du mouvement de la balle à partir de l'instant de l'exécution du service à partir d'un point A situé à une hauteur H du sol. Le joueur ayant exécuté le service se trouve à une distance d du filet (Figure 1).

Pour que le service soit bon, la balle doit vérifier les deux conditions suivantes :

- ✓ Passer au-dessus du filet dont la partie supérieure se trouve à une hauteur h du sol ;
- ✓ Tomber dans le terrain de l'adversaire de longueur D.

Données :

- ✓ On néglige les dimensions de la balle ainsi que l'action de l'air.
- ✓ On prendra l'intensité de la pesanteur : g = 10 m.s^{-2}
- ✓ H = 2,60 m , d = D = 9 m , h = 2,50 m.

On étudie le mouvement de la balle dans un repère orthonormée $(O,\vec{i},\vec{j})$ lié à la terre et supposé galiléen.

A l'instant t = 0, la balle se trouve en A et le vecteur vitesse initiale $\vec{V}_0$ constitue l'angle α avec l'horizontal. (Figure 1)

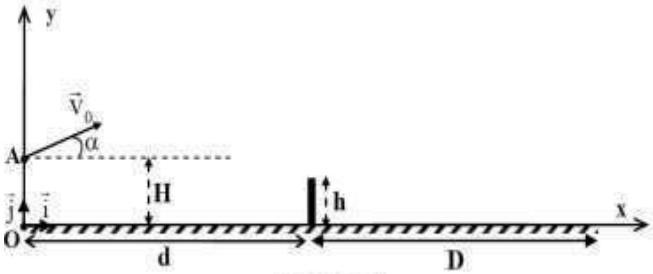


Figure 1

Un traitement informatique de la vidéo avec un logiciel convenable, a permis d'obtenir les courbes représentées sur la figure 2.

Les courbes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ représentent les variations des composantes du vecteur vitesse du ballon dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$

1-Par application de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de $v_x(t)$ en fonction de : V_0, α, et l'expression de $v_y(t)$ en fonction de : V_0, α, g et t. **(0. 5)**

2-En exploitant les deux courbes (Figure 2),

montrer que la valeur de la vitesse initiale est V_0 = 13,6 m/s, et que l'angle α est α = 17°. **(0. 5)**

3-Etablir l'équation de la trajectoire de G dans le repère $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$ **(0. 5)**

4-Sachant que la balle n'est interceptée par aucun joueur, a-t-elle vérifié les deux conditions nécessaires pour valider le service ? Justifier. **(0. 5)**

5-On fait varier l'angle α . Soit $(\mathcal{C})$ la courbe qui limite l'ensemble des points pouvant être atteint par cette balle Cette courbe porte le nom de parabole de sûreté.

Montrer que l'équation de cette courbe s'écrit : **(0. 5)**

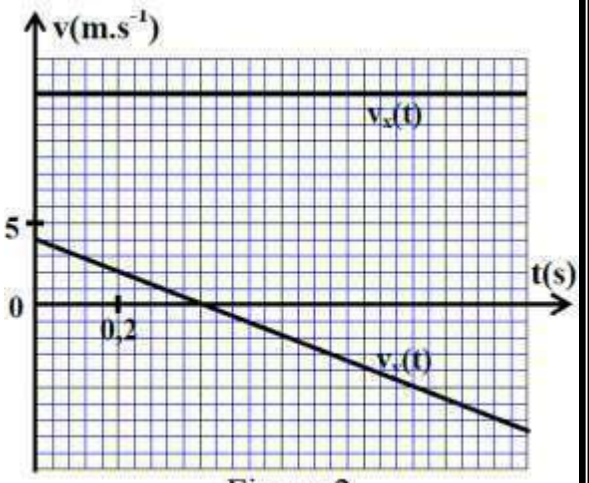


Figure 2

$$y = -\frac{g}{2V_0^2}x^2 + \frac{V_0^2}{2g} + H$$

Partie 2 : mouvement d'un skieur

On étudie le mouvement d'un skieur sur une piste inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale. Le skieur est tiré par un câble faisant un angle β avec la grande pente du plan incliné et exerçant une force d'intensité F sur le skieur . Données :

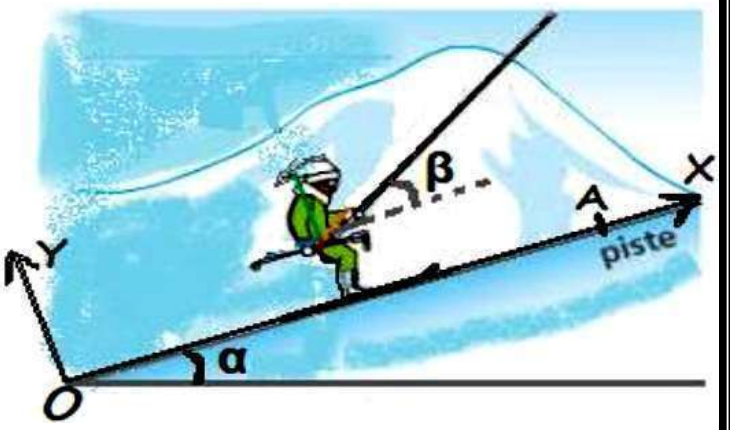
-Masse du skieur m=80Kg

– l'angle d'inclinaison α=20° et β=15°

- force de frottement considérée constante f=90N .

– intensité de gravitation g=9,81m.s^{-2}

–la distance OA=150m ; F=450N



1-En appliquant la 2eme loi de Newton montrer que l'équation différentielle vérifié par la vitesse du centre d'inertie de skieur est

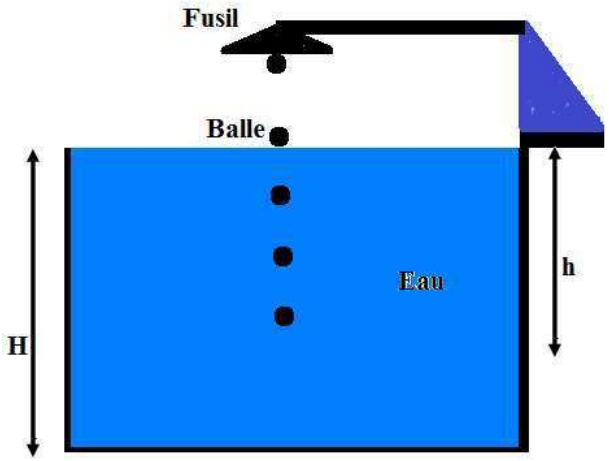
$\frac{dv}{dt} = -g.\sin(\alpha) + \frac{F.\cos(\beta) - f}{m}$. Quelle est la nature de son mouvement ?

2- Déterminer les équations horaires v(t) et x(t) du mouvement, on prend comme origine des dates lorsque le skieur est au point O et la vitesse initiale nulle.

3- Calculer la vitesse du skieur au point A.

4-Calculer l'intensité de la réaction du plan sur le skieur , en déduire le coefficient de frottement K .

Partie II : mouvement d'une bille dans un fluide



Un fusil peut envoyer des balles de tennis, de masse **m** = **100g** avec une vitesse V_0. On tire verticalement vers le bas, dans l'eau d'une piscine de profondeur **H** = **300m**. On supposera que la balle pénètre dans l'eau à l'instant **t** = **0s** avec la vitesse V_0 et on assimilera son mouvement à celui de son centre d'inertie G.

Dans l'eau, les forces exercées sur la balle sont : le poids, La poussée d'Archimède et la force de frottement $\vec{f} = -k.\vec{v}$.

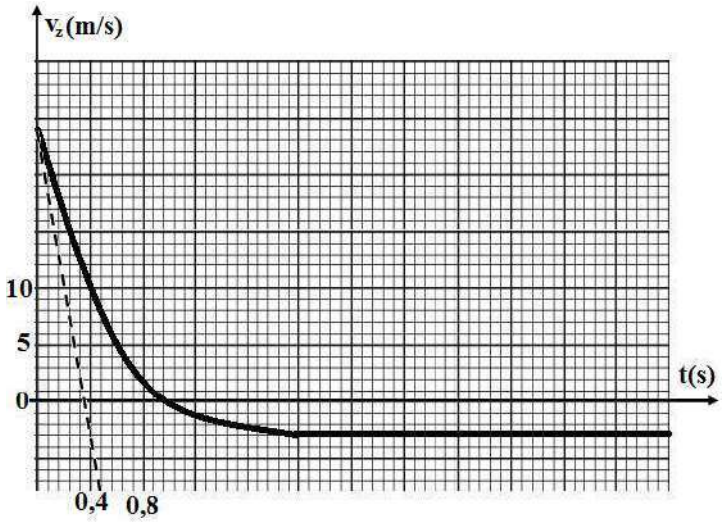
Pour le mouvement de la balle dans l'eau, le repère $(O;\vec{k})$ de celui-ci sera orienté vers le bas.

Données : g = 10m.s^{-1},

1- Montrer que l'équation différentielle vérifier par la vitesse v_z est : $\tau.\frac{dv_z}{dt} + v_z = v_{zlim}$ et déduire l'expression de τ et v_{zlim} en fonction de **k , m ,g et** $\alpha = \frac{\rho_{eau}}{\rho_{balle}}$

2- La solution de l'équation précédente s'écrit sous forme : $v(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B$ Déterminer l'expression de **A** et **B** en fonction de V_0 et v_{lim}.

3- la figure ci contre représente les variations de $v_z(t)$ en fonction de t



3-1 déterminer graphiquement les valeurs de V_0 et v_{zlim}.et déduire les valeurs de **A** et **B**

3-2 calculer les valeurs de **k et α**

3-3 à partir de la valeur de v_{zlim} déduire vers où se dirige la balle dans le régime permanent.

4- Calculer t_R lorsque la balle change le sens du mouvement.

5- montrer que l'équation horaire du mouvement de la balle s'écrit sous la forme :

$z(t) = \tau A.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + B.t$ et déduire la profondeur **h** de l'eau ou arrive la balle à l'instant t_R

Exercice 1 : Chimie

1. $HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$

2. Tableau d'avancement :

E. Réaction		$\mathbf{HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+}$			
état	**avanc.**	**Quantité de matière (mol)**			
initial	**0**	$C_A \cdot V_A$	en excès	0	0
en cours	**x**	$C_A \cdot V_A - x$		x	x
final	$\mathbf{x}_f$	$C_A \cdot V_A - x_f$		x_f	x_f

$$\tau = \frac{x_f}{x_m}$$

$\rightarrow$ $\mathbf{x}_m$: on a H_2O en excès donc le R.L est HCOOH

$$C_A \cdot V_A - x_m = 0 \implies \boxed{x_m = C_A \cdot V_A}$$

$\rightarrow$ $\mathbf{x}_f$: $n_f(H_3O^+) = x_f \implies [H_3O^+] \cdot V_A = x_f$

$$\tau = \frac{[H_3O^+] \times \cancel{V_A}}{C_A \cdot \cancel{V_A}} \implies \boxed{\tau = \frac{[\mathbf{H_3O^+}]}{C_A}}$$

3. $K_A = \frac{[HCOO^-] \times [H_3O^+]}{[HCOOH]}$

D'après le tableau d'avancement :

$$\begin{cases} [H_3O^+] = [HCOO^-] \\ [HCOOH] = \frac{C_A \cdot V_A - x_f}{V_A} = \frac{C_A \cdot V_A}{V_A} - \frac{x_f}{V_A} = C_A - [H_3O^+] \end{cases}$$

$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{C_A - [H_3O^+]} \quad \text{avec } [H_3O^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$\boxed{K_A = \frac{10^{-2\mathbf{pH}}}{C_A - 10^{-\mathbf{pH}}}}$$

4. on a $K_A = \frac{[H_3O^+] \cdot [HCOO^-]}{[HCOOH]}$

$$\implies \frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = \frac{[H_3O^+]}{K_A} = \boxed{\frac{10^{-\text{pH}}}{K_A}}$$

on a $\alpha(\text{HCOO}^-) = \frac{[\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]+[\text{HCOO}^-]}$

$$\alpha = \frac{1}{\frac{[\text{HCOOH}]}{[\text{HCOO}^-]} + 1}$$

$$\alpha = \frac{1}{\frac{10^{-\text{pH}}}{K_A} + 1}$$

$$\alpha = \frac{1}{\frac{10^{-\text{pH}}+K_A}{K_A}} \implies \boxed{\alpha(\textbf{HCOO}^-) = \frac{K_A}{K_A + 10^{-\textbf{pH}}}}$$

5.1. plus que le pH augmente plus que l'acidité diminue donc la courbe correspondante à HCOOH est décroissante $\implies$ courbe (2) $\implies$ HCOOH
et la courbe croissante $\implies$ courbe (1) $\implies$ HCOO^-

5.2. a. À l'intersection des deux courbes on a $[\text{HCOO}^-] = [\text{HCOOH}]$

$$\implies \text{pH} = \text{pK}_A + \log\frac{[\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]}$$

$$\implies \text{pH} = \text{pK}_A + \log(1)^{\to 0} \implies \text{pH} = \text{pK}_A$$

$$\boxed{\textbf{pK}_A = 3,8}$$

5.2. b. $[\text{HCOOH}] = \frac{C_A \cdot V_A - x_f}{V_A} = C_A - \frac{x_f}{V_A}$

$$\implies [\text{HCOOH}] = C_A - [\text{HCOO}^-]$$

$$\implies [\text{HCOOH}] + [\text{HCOO}^-] = C_A$$

$$\alpha(\text{HCOO}^-) = \frac{[\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}] + [\text{HCOO}^-]} = \frac{[\text{HCOO}^-]}{C_A} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_A}$$

$$\implies \alpha(\text{HCOO}^-) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_A} = \tau$$

donc pour $\text{pH} = 2,9 \implies \alpha = 6\%$

$$\implies \tau = 0,06$$

6. on a $\tau = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_A} \implies \tau = \frac{10^{-\text{pH}}}{C_A}$

$$\implies \boxed{C_A = \frac{10^{-\text{pH}}}{\tau}} \quad \text{(A.N)} : C_A = \frac{10^{-2,9}}{0,06} = \boxed{0,021 \textbf{ mol/L}}$$

Deuxième méthode :

1. $HCOOH + OH^- \longrightarrow HCOO^- + H_2O$

2. $K = Q_{r,q}$

$$\Longrightarrow K = \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]\cdot[OH^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]}$$

$$= \underbrace{\frac{[HCOO^-]\times[H_3O^+]}{[HCOOH]}}_{K_A} \times \underbrace{\frac{1}{[H_3O^+]\times[OH^-]}}_{K_e}$$

$$\Longrightarrow K = K_A \times \frac{1}{K_e} \Longrightarrow K = \frac{K_A}{K_e} = \frac{10^{-pK_A}}{10^{-pK_e}} = 10^{pK_e - pK_A} \quad (\frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m})$$

$$(A.N) : K = 10^{14-3,8} \Longrightarrow K = 1,58 \times 10^{10} > 10^4$$

d'où la réaction est totale.

3. a à l'équivalence $n(HCOOH) = n(OH^-)$

$$\Longrightarrow C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE} \Longrightarrow C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A}$$

point d'équivalence (méthode des tangentes) : $E(V_{BE} = 10\ mL; pH_E = 7)$

$$(A.N) : C_A = \frac{2\times10^{-2}\times10\times10^{-3}}{9,5\times10^{-3}} = \boxed{2,1\times10^{-2}\ \textbf{mol/L}}$$

4. $pH_E = 7 \in [6,8-8,4]$ donc l'indicateur convenable est le **rouge de phénol**.

5. $pH = pK_A + \log\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$

$$\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 1,6$$

$$pH = 3,8 + \log(1,6) \Longrightarrow pH = 4$$

graphiquement pour $pH = 4$ on a $\boxed{V_B = 6\ \textbf{mL}}$

Partie 2 :

1. on a $Q_{r,i} = \frac{[Ag^+]_i^2}{[Fe^{2+}]_i} = \frac{C_1^2}{C_2} = \frac{C_1^2}{C_1} = \frac{\cancel{C_1}\times C_1}{\cancel{C_1}} = C_1$

$$\text{on a } C_1 = C_2 \Longrightarrow Q_{r,i} = C_1 = 0,2$$

2. $Q_{r,i} = 0,2 > K = 10^{-40}$
donc le système évolue dans le sens inverse.

$$2Ag^+ + Fe \longrightarrow 2Ag + Fe^{2+}$$

3. le système évolue dans le sens d'oxydation de Fe :

$$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$$

et Réduction de Ag^+ :

$$2Ag^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2Ag$$

$\Longrightarrow$ le pole positive c'est l'électrode de Ag et l'électrode négative Fe.

$$\ominus \textbf{Fe}/\textbf{Fe}^{2+} \textbf{ // } \textbf{Ag}^+/\textbf{Ag} \oplus$$

4.1.

Équation Réaction						
état	**avanc.**	**Quantité de matière (mol)**				**n**(e^-)
initial	**0**	$C_1 \cdot V_1$	$n_i(\text{Fe})$	$n_i(\text{Ag})$	$C_2 \cdot V_2$	**0**
intermédiaire	**x**	$C_1 \cdot V_1 - 2x$	$n_i(\text{Fe}) - x$	$n_i(\text{Ag}) + 2x$	$C_2 \cdot V_2 + x$	**2x**
final	$\mathbf{x}_f$	$C_1 \cdot V_1 - 2x_f$	$n_i(\text{Fe}) - x_f$	$n_i(\text{Ag}) + 2x_f$	$C_2 \cdot V_2 + x_f$	$\mathbf{2x}_f$

on a $[Ag^+]_t = \frac{C_1 \cdot V_1 - 2x}{V_1} = C_1 - \frac{2x}{V_1}$
et on sait $Q = I \times \Delta t = n(e^-) \times F$
or $n(e^-) = 2x$ et $\Delta t = t - t_0 = t - 0 = t$
donc $Q = I \times t = 2x \times F \implies 2x = \frac{I \times t}{F}$

$$\text{donc } [Ag^+]_t = C_1 - \frac{2x}{V_1} = C_1 - \frac{\frac{I \times t}{F}}{V_1} = C_1 - \frac{I \times t}{F \times V_1}$$

$$\textbf{d'où } [\textbf{Ag}^+]_t = C_1 - \frac{I}{F \times V_1} \cdot t$$

4-2. la courbe $[Ag^+] = f(t)$ est une fonction affine d'équation $[Ag^+] = a \cdot t + b$ tel que a est le coefficient directeur.

$$a = \frac{\Delta[Ag^+]}{\Delta t} = \frac{(0,05 - 0,2)}{(1500 - 0)} = -10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

par analogie : $a = -\frac{I}{F\times V_1}$

$$\Longrightarrow\ I = -a \times F \times V_1$$

$$\text{(A.N)} : I = 10^{-4} \times 96500 \times 100 \times 10^{-3}$$

$$I = 0,965\ \textbf{A} = 965\ \textbf{mA}$$

4-3.

$$Q_{r,t} = \frac{[\text{Fe}^{2+}]_t}{[\text{Ag}^{+}]_t^2} = \frac{C_2 + \frac{I\cdot t}{2F\cdot V_2}}{\left(C_1 - \frac{I\cdot t}{F\cdot V_1}\right)^2}$$

(A.N) :

$$Q_{r,t} = \frac{0,2 + \frac{0,965\times 1000}{2\times 96500\times 100\times 10^{-3}}}{\left(0,2 - \frac{0,965\times 1000}{96500\times 100\times 10^{-3}}\right)^2} = \ldots \text{ C}$$

Exercice 2 : Nucléaire

1. $E_\ell\left(^{127}_{53}\text{I}\right) = \Delta m \cdot c^2 = \left([Z\times m_p + (A-Z)m_n] - m\left(^{127}_{53}\text{I}\right)\right)\cdot c^2$

$$= [53\times 1,00722 + (127-53)\times 1,00877 - (126,9044)]\ \text{u}\cdot c^2$$

$$= 1,12724\ \text{u}\cdot c^2 = 1,12724\times 931,5\ \text{MeV}/c^2 \times c^2$$

$$E_\ell\left(^{127}_{53}\text{I}\right) = 1050,02406\ \text{MeV}$$

d'où $\xi\left(^{127}_{53}\textbf{I}\right) = \frac{E_\ell}{A} = \frac{1050,02406}{127} = 8,26$ **MeV/nucléon**

$E_\ell\left(^{131}_{53}\text{I}\right) = \Delta m \cdot c^2 = \left([Z\times m_p + (A-Z)m_n] - m\left(^{131}_{53}\text{I}\right)\right)\cdot c^2$

$$= [53\times 1,00722 + (131-53)\times 1,00877 - (130,9061)]\ \text{u}\cdot c^2$$

$$= 1,16062\ \text{u}\cdot c^2 = 1,16062\times 931,5\ \text{MeV}/c^2 \times c^2$$

$$E_\ell\left(^{131}_{53}\text{I}\right) = 1081,11753\ \text{MeV}$$

$\xi\left(^{131}_{53}\textbf{I}\right) = \frac{E_\ell}{A} = \frac{1081,11753}{131} = 8,25$ **MeV/nucléon**

on a $\xi\left(^{127}\text{I}\right) > \xi\left(^{131}\text{I}\right)$ donc ^{127}I est plus stable que ^{131}I.

2. on a ^{131}I est moins stable et radioactif β^-

$$^{131}_{53}\text{I} \longrightarrow ^{A}_{Z}\text{Xe} + ^{0}_{-1}\text{e}$$

selon les lois de conservation Soddy :

$$\begin{cases} 131 = A + 0 \\ 53 = Z - 1 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} A = 131 \\ Z = 53 + 1 = 54 \end{cases}$$

$$^{131}_{53}\mathbf{I} \longrightarrow ^{131}_{54}\mathbf{Xe} + ^{0}_{-1}\mathbf{e}$$

3. $E'_{lib} = N \cdot E_{lib}$

$$E'_{lib} = N\left[(m(\mathbf{Xe}) + m(e)) - m\left(^{131}\mathbf{I}\right)\right] \cdot c^2$$

(A.N) : $E'_{lib} = 10^3\left[(130,9050 + 5,4858 \times 10^{-4} - 130,9061) \times 931,5\right]$

$$E'_{lib} = 513,647\ \mathbf{MeV}$$

4.1. $a_0 = \lambda \cdot N_0$

$$N_0 = \frac{a_0}{\lambda} = \frac{a_0}{\frac{\ln 2}{t_{1/2}}} = a_0 \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$$

$$N_0 = \frac{37 \times 10^6 \times 8 \times 24 \times 3600}{\ln 2} = 3,68 \times 10^{13}$$

$$m_0 = \frac{N_0}{N_A} \times M(\mathbf{I})$$

(A.N) : $m_0 = \frac{3,68\times10^{13}}{6,02\times10^{23}} \times 131 \implies m_0 = 8 \times 10^{-9}\ \mathbf{g}$

4.2. on a : $a = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$\implies a_1 = a_0 \cdot e^{-\lambda t_1} \text{ avec } \lambda = \frac{1}{\tau}$$

$$\implies a_0 = \lambda \cdot N_0 = \lambda \cdot \frac{m_0 \cdot N_A}{M(\mathbf{I})} \quad \left(\frac{N_0}{N_A} = \frac{m_0}{M} \implies N_0 = \frac{m_0 \times N_A}{M}\right)$$

$$\implies a_1 = \frac{m_0 \cdot N_A}{M(\mathbf{I}) \cdot \tau} \cdot e^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

$$\implies e^{-\frac{t_1}{\tau}} = \frac{a_1 \cdot M(\mathbf{I}) \cdot \tau}{m_0 \cdot N_A}$$

$$\implies -\frac{t_1}{\tau} = \ln\left(\frac{a_1 \cdot M(\mathbf{I}) \cdot \tau}{m_0 \cdot N_A}\right)$$

$$\implies \frac{1}{\tau}t_1 = \ln\left(\frac{m_0 \cdot N_A}{a_1 \cdot M(\mathbf{I}) \cdot \tau}\right)$$

$$\implies t_1 = \tau \cdot \ln\left(\frac{N_A \cdot m_0}{\tau \cdot M(\mathbf{I}) \cdot a_1}\right)$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{8}{\ln 2} = 11,54\,\text{j} \xrightarrow{\times 24\times 3600} = 9,97 \times 10^5\,\text{s}$$

(A.N) : $t_1 = 11,54 \times \ln\left(\frac{6,02\times 10^{23}\times 8\times 10^{-9}}{9,97\times 10^5\times 131\times 24\times 10^6}\right)$

$$t_1 \simeq 5\,\textbf{j}$$

5. $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ avec $N = 1\%N_0$

$$\frac{1}{100}N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Longrightarrow \frac{1}{100} = e^{-\lambda t} \Longrightarrow -\ln(100) = -\lambda t$$

$$\Longrightarrow t = \frac{\ln(100)}{\lambda} = \frac{\ln(100)}{\frac{\ln 2}{t_{1/2}}} = \ln(100) \cdot \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$$

(A.N) : $t = \ln(100) \times \frac{8}{\ln 2} =$ **53, 15 jours**

Exercice 3 : Électricité - Partie I

1.1. on a $\begin{cases} q_1 = q_2 = q \\ u_1 + u_2 = u \end{cases} \Longrightarrow \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = \frac{q}{C_e}$

$$\Longrightarrow \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_e} \Longrightarrow \frac{1}{C_e} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$$

$$\Longrightarrow C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

1.2. on a $q_1 = q_2 \Longrightarrow C_1 \cdot u_1 = C_2 \cdot u_2 \Longrightarrow u_1 = \frac{C_2}{C_1} \cdot u_2$
en appliquant la loi d'additivité des tensions :

$$u_1 + u_2 + u_R = E$$

$$u_2 + \frac{C_2}{C_1} \cdot u_2 + R \cdot i = E$$

$$\text{avec } i = \frac{dq_2}{dt} = \frac{d(C_2 \cdot u_2)}{dt} = C_2 \cdot \frac{du_2}{dt}$$

$$\Longrightarrow R \cdot C_2 \cdot \frac{du_2}{dt} + \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1}\right) \cdot u_2 = E$$

$$\Longrightarrow \frac{du_2}{dt} + \left(\frac{C_1 + C_2}{R \cdot C_1 \cdot C_2}\right) \cdot u_2 = \frac{E}{R \cdot C_2}$$

$$\Longrightarrow \frac{du_2}{dt}+\frac{1}{R}\left(\frac{C_1}{C_1\cdot C_2}+\frac{C_2}{C_1\cdot C_2}\right)u_2=\frac{E}{R\cdot C_2}$$

$$\Longrightarrow \frac{du_2}{dt}+\frac{1}{R}\left(\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_1}\right)u_2=\frac{E}{R\cdot C_2}$$

$$\Longrightarrow \frac{du_2}{dt}+\frac{1}{R}\cdot\frac{1}{C_e}\cdot u_2=\frac{E}{R\cdot C_2}$$

$$\Longrightarrow \frac{du_2}{dt}+\frac{1}{R\cdot C_e}\cdot u_2=\frac{E}{R\cdot C_2}$$

1.3. on a $u_2(t)=A(1-e^{-\alpha t})$

$$u_2(t)=A-A\cdot e^{-\alpha t}$$

$$\Longrightarrow \frac{du_2}{dt}=0-A(-\alpha)\cdot e^{-\alpha t}=A\cdot\alpha\cdot e^{-\alpha t}$$

Par remplacement dans l'équation différentielle :

$$A\cdot\alpha\cdot e^{-\alpha t}+\frac{1}{R\cdot C_e}(A-A\cdot e^{-\alpha t})=\frac{E}{R\cdot C_2}$$

$$A\cdot\alpha\cdot e^{-\alpha t}+\frac{A}{R\cdot C_e}-\frac{A\cdot e^{-\alpha t}}{R\cdot C_e}=\frac{E}{R\cdot C_2}$$

$$\underbrace{A\cdot e^{-\alpha t}}_{\neq 0}\left(\alpha-\frac{1}{R\cdot C_e}\right)+\frac{A}{R\cdot C_e}-\frac{E}{R\cdot C_2}=0$$

$$\begin{cases}\alpha-\frac{1}{R\cdot C_e}=0\\ \frac{A}{R\cdot C_e}-\frac{E}{R\cdot C_2}=0\end{cases}\Longrightarrow\begin{cases}\alpha=\frac{1}{R\cdot C_e}\\ A=\frac{R\cdot C_e\cdot E}{R\cdot C_2}=\frac{C_1\cdot E}{C_1+C_2}\end{cases}$$

1-4-1. (a) on a $E=u_1+u_2+u_R$

$$\text{à } (t=0)\quad u_R(0)+u_1(0)+u_2(0)=E$$

$$\text{avec } u_1(0)=u_2(0)=0$$

$$\Longrightarrow u_R(t=0)=E\quad \text{graphiquement } u_R(t=0)=12\text{V}$$

d'où $E=12$V

(b) $u_2(\infty)=8$V et $u_2(\infty)+u_1(\infty)+u_R(\infty)=E$ or $u_R(\infty)=0$

$$\Longrightarrow u_2(\infty)+u_1(\infty)=E\Longrightarrow u_1(\infty)=E-u_2(\infty)$$

$$\Longrightarrow u_1(\infty)=12-8=4\text{V}$$

Partie 2 :

2-1. D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_r + u_L = E$$

$$R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i = E$$

$$\Longrightarrow \ (R+r)i + L \cdot \frac{di}{dt} = E$$

$$\Longrightarrow \ \frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R+r}$$

2-2. $\frac{di}{dt} = \frac{E}{L} - \frac{1}{\tau} i$

$$\text{à } t = 0 \ \Longrightarrow \ i = 0$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{E}{L} \iff 12 = \frac{6}{L} \text{ donc } L = \frac{6}{12} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ H}$$

$$I_p = \frac{E}{R+r} \iff r = \frac{E}{I_p} - R = \frac{6}{6 \times 10^{-2}} - 90 = 10 \ \Omega \ \Omega$$

Partie 3 : RLC Forcée SM

3-1. $N_0 = 863$ Hz ; $Z = 100$

Partie 2 : PC/SVT/SM/STEM

1. système étudié : {skieur}
bilan forces : $\vec{P}$ le poids
$\vec{R}$ Réaction du plan
$\vec{F}$ Force de la corde
en appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

on projette sur (Ox) :

$$-mg \sin \alpha - f + F \cos(\beta) = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m} \cdot \cos(\beta) - g \sin(\alpha) - \frac{f}{m}$$

$$= \frac{450}{80} \times \cos(15°) - 9,81 \sin(20°) - \frac{90}{80} = 0,953 \text{ m/s}^2$$

Mouvement Rectiligne uniformément varié

Partie 2 : PC/SVT/SM/STEM (Suite)

2. $\begin{cases} v(t) = a \cdot t + V_0^{\to 0} \\ x(t) = \frac{1}{2}at^2 + x_0^{\to 0} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} v(t) = a \cdot t \\ x(t) = \frac{1}{2}at^2 \end{cases}$

3. $V_A = a \cdot t_A \iff t_A = \left(\frac{V_A}{a}\right)$

$$OA = x_A - x_0^{\to 0} = \frac{1}{2}a \cdot \frac{V_A^2}{a^2}$$

$$OA = \frac{V_A^2}{2a} \iff V_A = \sqrt{2a \cdot OA}$$

$$\text{(A.N)} : V_A = \sqrt{2 \times 0,953 \times 150} = 16,90 \text{ m/s}$$

4. $R = \sqrt{f^2 + R_N^2}$
on projette sur (Oy) : $P_y + R_y + F_y = 0$

$$-mg\cos\alpha + R_N + F\sin(\beta) = 0$$

$$R_N = mg\cos(\alpha) - F\sin(\beta)$$

$$R = \sqrt{f^2 + (mg\cos\alpha - F\sin\beta)^2}$$

Partie II : SM/PC

1. système étudié {Balle}
bilan forces : $\vec{P}$ Poids
$\vec{F_A}$ Poussée d'Archimède
$\vec{f}$ force de frottement
en appliquant 2ème loi de Newton

$$\vec{P} + \vec{f} + \vec{F_A} = m \cdot \vec{a}$$

Projection sur (Oz) : $mg - k \cdot v_z - \rho \cdot V \cdot g = m \cdot \frac{dv_z}{dt}$

$$\frac{dv_z}{dt} = g - \frac{k}{m} \cdot v_z - \frac{\rho \cdot V \cdot g}{m}$$

$$\frac{dv_z}{dt} = g\left(1 - \frac{\rho \cdot V}{m}\right) - \frac{k}{m} \cdot v_z$$

$$\frac{dv_z}{dt} + \frac{k}{m} \cdot v_z = g\left(1 - \frac{\rho \cdot V}{\rho \cdot V}\right)$$

$$\frac{m}{k}\cdot\frac{dv_z}{dt}+v_z=\frac{mg}{k}(1-\alpha)$$

$$\tau\cdot\frac{dv_z}{dt}+v_z=V_{z\,\text{lim}}$$

$$\begin{cases}\tau=\frac{m}{k}\\ V_{z\,\text{lim}}=\frac{mg}{k}(1-\alpha)\end{cases}$$

2. $v(t)=A\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}+B$

$$\begin{cases}v(0)=A+B=V_0\\ V_{\text{lim}}=B\end{cases}\iff\begin{cases}A=V_0-B\\ A=V_0-V_{\text{lim}\,z}\end{cases}$$

3. **3.1.** $V_0=25$ m/s ; $V_{z\,\text{lim}}=-3$ m/s

$$B=V_{\text{lim}\,z}=-3\text{ m/s}$$

$$A=V_0-V_{\text{lim}\,z}=25+3=28\text{ m/s}$$

3-2. $\tau=0,4$ s $\Longrightarrow$ $\tau=\frac{m}{k}\iff k=\frac{m}{\tau}=\frac{100\times10^{-3}}{0,4}$

$$k=0,25\ \mathbf{kg\cdot s^{-1}}$$

$$V_{\text{lim}\,z}=\frac{mg}{k}(1-\alpha)\Longrightarrow 1-\alpha=\frac{k\cdot V_{\text{lim}\,z}}{mg}$$

$$\alpha=1-\frac{k\cdot V_{\text{lim}\,z}}{mg}$$

4. quand $V_z<0$ donc la balle se dirige vers le bas.
$\vec{V_z}=-3\vec{k}$

5. lorsque $v=0$ on a $t_R=0,32$ s

6. $v(t)=A\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}+B$
on a $v_z(t)=\frac{dz}{dt}\iff dz=v_z\cdot dt$
Par intégration :

$$z(t)=-\tau\cdot A\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}+B\cdot t+C$$

à $t = 0 \implies z(t = 0) = 0$

$$z(0) = -\tau \cdot A \cdot e^{0} + B(0) + C = 0$$

$$C = \tau \cdot A \cdot e^{0} = \tau \cdot A$$

donc $z(t) = -\tau \cdot A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B \cdot t + \tau \cdot A$

$$z(t) = \tau A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + B \cdot t$$

$$z(t_R) = 0,4 \times 28 \times (1 - e^{-\frac{0,32}{0,4}}) - 3 \times 0,32$$

$$z(t_R) = 60,7 \text{ m}$$

	2026 الامتحان التجريبي الأول الثانية باكالوريا - خيار فرنسية		
المادة	علوم فيزيائية	مدة الإنجاز	4h
الشعبة	علوم رياضية (خيار الفرنسية)	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Le sujet comporte 4 exercices : un exercice de chimie et 3 exercices de physique

	Thème	Barème
CHIMIE	Partie I : solutions aqueuses d'acide nitreux et d'éthylamine Partie II : réaction suivie par conductimétrie	7
Physique nucléaire	Scintigraphie thyroïdienne (imagerie médicale)	3
Electricité	Partie I : Etude d'un dipôle RC Partie II : Oscillations électriques dans un dipôle LC idéal	5
Mécanique	Partie I : Match de basket Partie II : Etude du mouvement d'un corps solide dans l'air et dans un liquide	5

Chimie : Les deux parties sont indépendantes (7 points)

Partie I : solutions aqueuses d'acide nitreux et d'éthylamine (4.5pts)

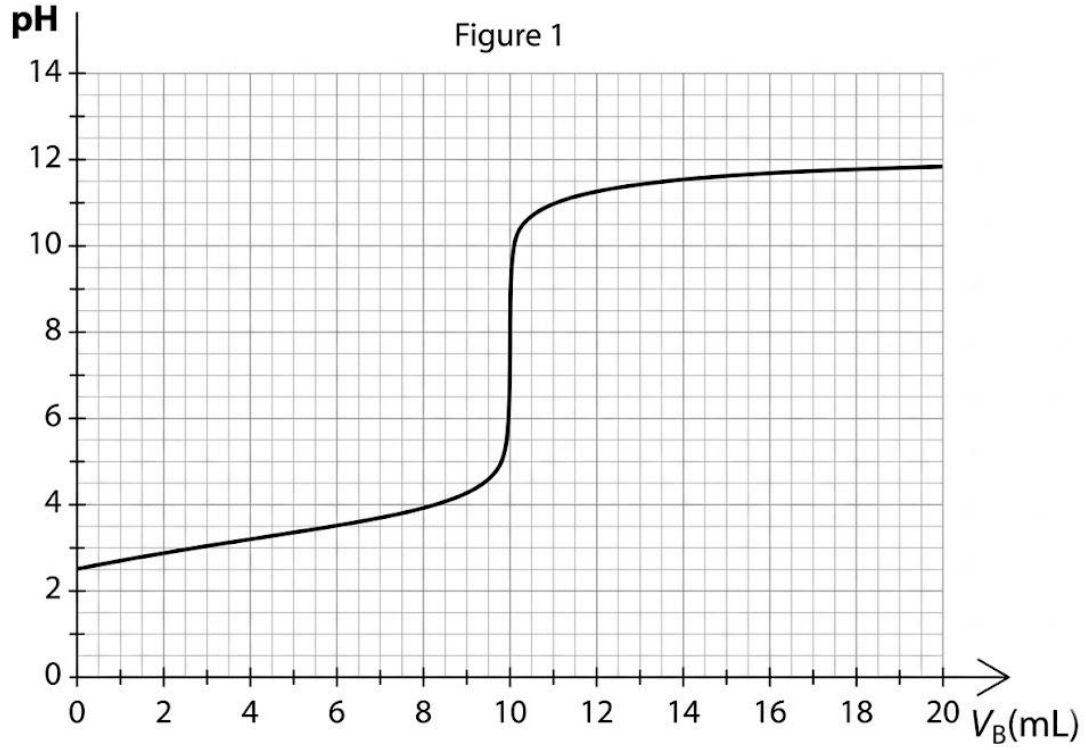
Dans cette partie, on se propose d'étudier une solution aqueuse (S_1) d'acide nitreux HNO_2 et une solution aqueuse basique (S_2) d'éthylamine $C_2H_5NH_2$.

Données à 25°C : $pK_e = 14$

$$pK_{A1} = pK_A\left(HNO_2/NO_2^-\right) = 3,35 \quad ; \quad pK_{A2} = pK_A\left(C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2\right) = 10,2$$

1. Titrage de la solution aqueuse (S_1) d'acide nitreux

On réalise le titrage pH-métrique d'un volume $V_1 = 10mL$ de la solution d'acide nitreux par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $(Na^+ + HO^-)$ de concentration $C_B = 2.10^{-2}mol/L$. En suivant l'évolution du pH en fonction du volume V_B d'hydroxyde de sodium versé, on obtient la courbe de titrage de la figure (1).



1.1 - Ecrire l'équation de réaction du titrage. **(0.25)**

1.2 - Déterminer graphiquement les coordonnées (V_{BE}, pH_E) du point d'équivalence. **(0.5)**

1.3 - En déduire la concentration C_1 de la solution d'acide nitreux (S_1). **(0.5)**

1.4 - Dresser le tableau d'avancement associé à la transformation étudiée. **(0.5)**

1.5 - Montrer que le pH du mélange lorsque le volume d'hydroxyde de sodium versé est $V_B = 2V_{BE}$ s'écrit : **(1)**

$$pH = pK_e + \log\left(\frac{C_1.C_B}{2C_1 + C_B}\right)$$

2. Solution aqueuse (S_2) d'éthylamine

On dispose d'une solution (S_2) d'éthylamine de concentration $C_2 = 2.10^{-2} mol/L$ et de $pH_2 = 11,55$.

2.1 - Ecrire l'équation de réaction d'éthylamine avec l'eau. **(0.25)**

2.2 - Calculer le taux d'avancement final τ_2 de cette réaction. **(0.5)**

2.3 - Montrer que le pK_A du couple $C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2$ peut-être exprimer par la relation : **(0.5)**

$$pK_{A2} = pH_2 + \log \frac{\tau_2}{1 - \tau_2}$$

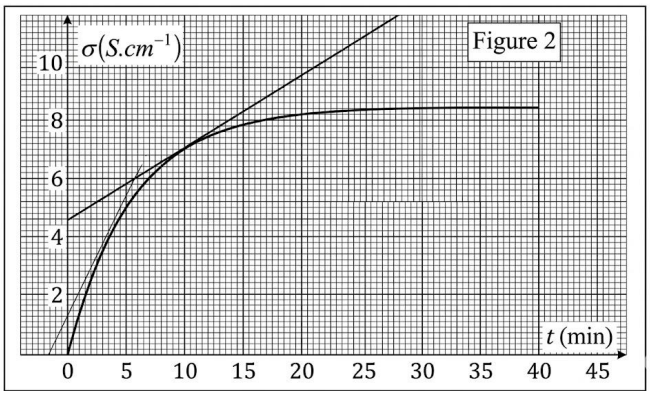
2.4 - Peut-on doser une solution d'éthylamine avec une solution d'acide nitreux, justifier la réponse. **(0.5)**

Partie II : réaction suivie par conductimétrie (2.5pts)

Le chlorure de tertiobutyle réagit avec l'eau selon une réaction totale d'équation :

$$(CH_3)_3C - Cl_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow (CH_3)_3C - OH_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

On introduit 30g d'eau dans un bécher placé dans un bain thermostaté à 40°C. Quand l'équilibre thermique est atteint on plonge la cellule conductimétrique dans le bécher. On ajoute 1 mL de chlorure de tertiobutyle et on déclenche l'enregistrement de la valeur σ de la conductivité de la solution en fonction du temps. La figure (2) représente la courbe $\sigma = f(t)$.



1. Calculer la quantité initiale n_0 du chlorure de tertiobutyle. **(0.5)**

2. Montrer que l'avancement de la réaction $x(t)$ à l'instant t s'écrit : **(0.75)**

$$x(t) = n_0 \frac{\sigma_t}{\sigma_\infty}$$

σ_t : La conductivité de la solution à l'instant t et σ_∞ : La conductivité de la solution à l'état final.

3. Calculer la vitesse volumique de réaction à l'instant t=10 min. **(0.75)**

4. Calculer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. **(0.5)**

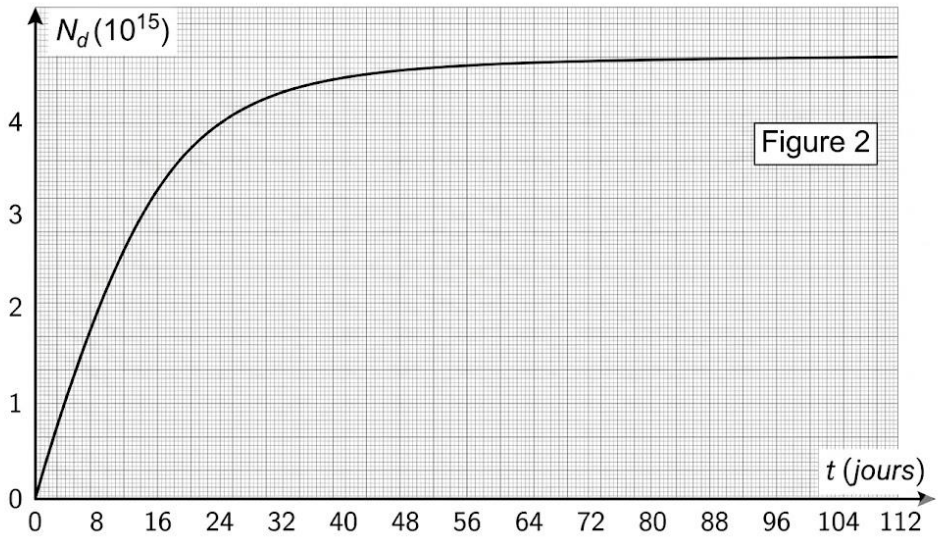
Données :

- Densité de chlorure de tertiobutyle par rapport à l'eau d=0,85.
- Masse molaire du tertiobutyle M=92,5 g.mol^{-1}.
- Masse volumique de l'eau $\rho_{eau} = 1g/mL$.

Physique nucléaire : scintigraphie thyroïdienne (3 points)

La glande thyroïde produit des hormones essentielles à différentes fonctions de l'organisme à partir de l'iode alimentaire.
Pour vérifier la forme ou le fonctionnement de cette glande, on procède à une scintigraphie thyroïdienne (imagerie médicale) en utilisant l'iode $^{131}_{53}I$ qui est radioactif β^-.

À un instant considéré comme origine des dates t=0, un hôpital reçoit un flacon contenant de l'iode 131 d'activité initiale $a_0 = 9,28.10^6$ Bq.
À la date $t_1 = 4$h, l'infirmier injecte une première dose à un premier patient et conserve le reste au deuxième patient.
La courbe de la figure (2) représente les variations du nombre de nucléides désintégrés N_d de l'iode 131, en fonction du temps de la première dose.



Données : $m(^{131}_{53}I) = 130,8777u$; masse du noyau fils $m = 130,8753u$;
masse de la particule émise : $m = 0,00055u$; $1u = 931,5$ Mev/C^2
$_{51}Sb$; $_{52}Te$; $_{54}Xe$; $_{55}Cs$; $_{56}Ba$

1. Ecrire l'équation de la réaction de désintégration de l'iode 131. **(0.5)**

2. Calculer l'énergie libérée au cours de la désintégration d'un noyau d'iode 131. **(0.5)**

3. Déterminer la demi-vie $t_{1/2}$ de l'iode 131. En déduire la valeur en unité du système international de la constante radioactive λ de ce radioélément. **(0.5)**

4. Calculer à la date t_1, l'activité de l'iode 131 de la première dose injectée au premier patient. **(0.5)**

5. Pour injecter la dose restante au deuxième patient, l'infirmier doit attendre l'instant t_2.
À l'instant t_2 l'activité de la dose restante est égale à l'activité de la première dose à t_1.
Déterminer la date t_2. **(1)**

Electricité (5points)
Les deux parties I et II sont indépendantes

Partie 1 : Etude d'un dipôle RC (2,75 points)

Le montage de la figure (2) est composé de :
- Un générateur idéal de tension de fem E=10V.
- Un conducteur ohmique de résistance R=80Ω.
- Un conducteur ohmique de résistance R_0.
- Un condensateur de capacité C.

La courbe de la figure (3) représente les variations de $\ln(u_R(t))$ en fonction du temps t.

1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par

la tension $u_R(t)$ aux bornes la résistance R s'écrit : **(0.5)**

$$(R + R_0)C\frac{du_R}{dt} + u_R = 0$$

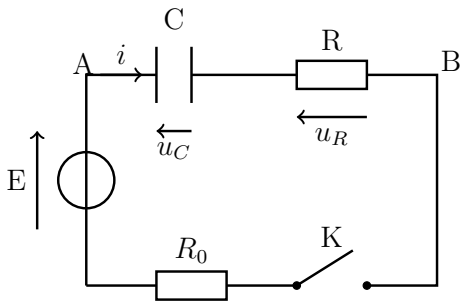


Figure 2

2. Déterminer en fonction des paramètres du circuit, les constantes A et α sachant que la solution de l'équation différentielle précédente est : **(0.5)**

$$u_R(t) = A.e^{-\alpha t}$$

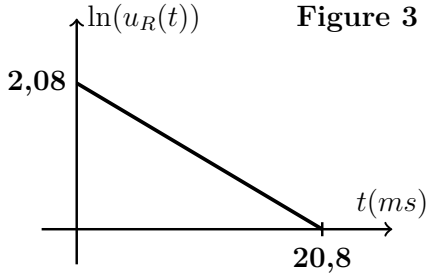


Figure 3

3. Quelle est la dimension de la grandeur A. **(0.25)**

4. Vérifier que R_0=20Ω. **(0.25)**

5. Calculer la valeur de la capacité C du condensateur. **(0.25)**

6. Trouver l'expression de la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$. **(0.25)**

7. Représenter dans le même repère et sans échelle, l'allure des tensions $u_C(t)$, $u_R(t)$. **(0.25)**

8. Soit t_I la date à laquelle les deux courbes $u_C(t)$ et $u_R(t)$ se coupent. Montrer que : **(0.5)**

$$t_I = (R + R_0)C.\ln\left(\frac{2R + R_0}{R + R_0}\right)$$

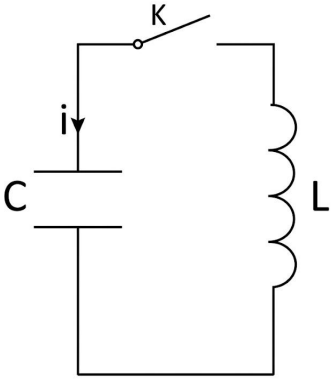
Partie 2 : Oscillations électriques dans un dipôle LC idéal (2,25 points)

On réalise le montage de la figure (4) qui comprend :

- Un condensateur de capacité C chargé initialement sous une tension U_0=6,3V.
- Une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.
- Un interrupteur K .

On ferme l'interrupteur K à la date t=0.
La courbe de la figure (5) représente les variations de l'intensité du courant i(t) dans le circuit LC.

Figure 4



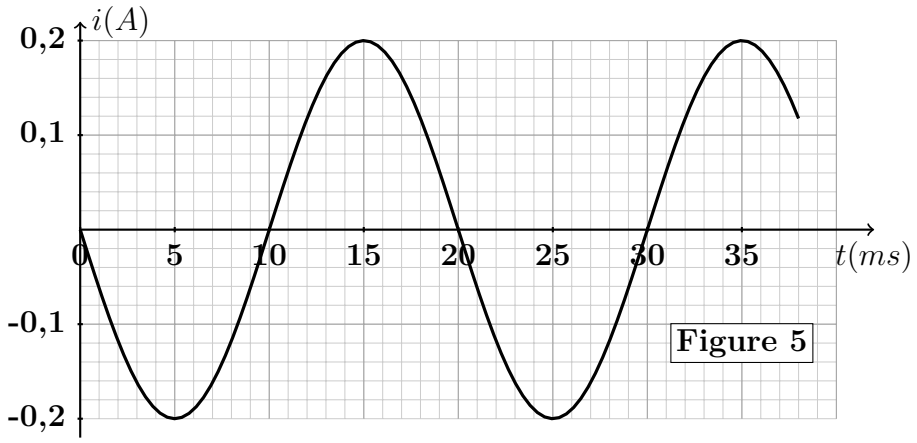


Figure 5

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i(t) traversant le circuit. **(0.25)**

2. La solution de cette équation différentielle est : **(0.5)**

$$i(t) = I_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

2.1- Déterminer les valeurs de I_0, T_0 et φ. **(0.5)**

2.2- Déterminer les valeurs de C et L. **(0.5)**

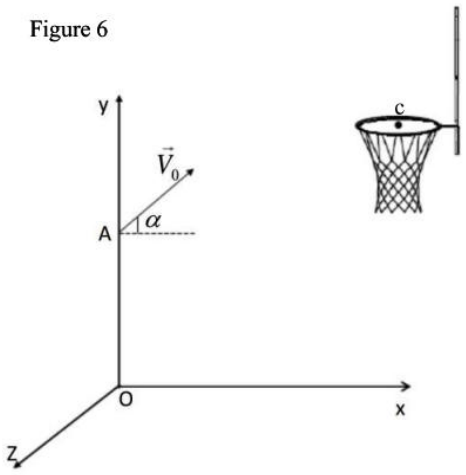
2.3- A quelle date l'énergie emmagasinée dans le condensateur est égale à l'énergie emmagasinée dans la bobine pour la première fois. **(0.5)**

Mécanique (5points)
Les deux parties I et II sont indépendantes
Partie I : Match de basket (2,25 points)

On négligera l'action de l'air. On prendra $g = 10$ m.s^{-2}.
Lors d'un match de basket, pour marquer un panier, il faut que le ballon passe dans un cercle métallique situé dans un plan horizontal, à 3m du sol horizontal. Pour simplifier, on remplacera le ballon par un point matériel devant passé exactement au centre C du cercle métallique.

xOy est un plan vertical contenant le point C ;
xOz est le plan du sol supposé horizontal.
D'un point A de Oy situé à 2,0 m du sol, un basketteur, sans adversaire, lance le ballon, avec une vitesse v_0, contenue dans le plan xOy. Sa direction fait un angle $\alpha = 45°$ avec un plan horizontal.

Figure 6



1. Montrer que la trajectoire du ballon est plane. **(0.25)**

2. Etablir l'équation de cette trajectoire dans le système d'axe indiqué. **(0.5)**

3. Quelle doit être la valeur de v_0 pour que le panier soit réussi sachant que les verticales de A et de C sont distantes de 7,1 m . **(0.5)**

4. Quelle est la durée de la trajectoire effectuée par le ballon du point A au point C . **(0.5)**

5. Voulant arrêter le ballon, un adversaire situé à 0,90 m du tireur, saute verticalement en levant les bras. La hauteur atteinte par ses mains est de 2,7 m au-dessus du sol. α et v_0 ayant les mêmes valeurs que précédemment, le panier sera-t-il manqué ? **(0.5)**

Partie II :Etude du mouvement d'un corps solide dans l'air et dans un liquide (2,75 points)

On trouve dans les piscines des plongeoirs à partir desquels chutent les baigneurs pour plonger dans l'eau.

Dans cette partie de l'exercice, on étudiera le mouvement d'un baigneur dans l'air et dans l'eau.

On modélise le baigneur par un corps solide (S) de masse m et de centre d'inertie G.

On étudie le mouvement du centre G dans un repère R(O,$\vec{k}$) lié à un référentiel terrestre supposé galiléen(figure1).

Données : m = 80kg ; intensité de la pesanteur : $g = 10\text{m.s}^{-2}$. On prend $\sqrt{2} = 1,4$.

1- Etude du mouvement du centre G dans l'air

A l'instant de date t_0, pris comme origine des dates ($t_0 = 0$) , le baigneur se laisse chuter sans vitesse initiale d'un plongeoir. On considère qu'il est en chute libre durant son mouvement dans l'air. A la date t_0 le centre d'inertie G coïncide avec l'origine O du repère R(O,$\vec{k}$) ($z_0 = 0$) et est situé à une hauteur $h = 10\text{m}$ au dessus de la surface de l'eau(figure 1).

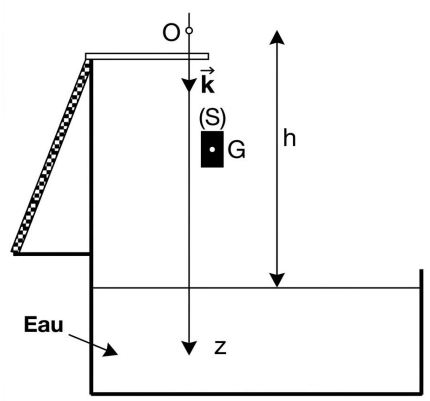


Figure 1

1-1- Etablir l'équation différentielle régissant la vitesse v_z du centre d'inertie G . **(0,5)**

1-2- Déterminer le temps de chute t_c de G dans l'air puis en déduire sa vitesse v_e d'entrée dans l'eau. **(0,5)**

2- Etude du mouvement vertical du centre d'inertie G dans l'eau

Le baigneur arrive avec la vitesse $\vec{V_e}$, de direction verticale, à l'entrée dans l'eau. Lorsqu'il est dans l'eau, il suit une trajectoire verticale où il est soumis à l'action de :

- son poids $\vec{P}$,
- la force de frottement fluide : $\vec{f} = -\lambda.\vec{v}$ où λ est le coefficient de frottement fluide($\lambda = 250\text{kg.s}^{-1}$) et $\vec{v}$ le vecteur vitesse de G à un instant t ,
- la poussée d'Archimède : $\vec{F} = -\frac{m}{d}.\vec{g}$ où g est l'intensité de la pesanteur et d=0,9 la densité du baigneur.

On considère l'instant d'entrée de (S) dans l'eau comme nouvelle origine des dates($t = 0$).

2-1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v_z de G. On posera $\tau = \frac{m}{\lambda}$. **(0,5)**

2-2- Déduire l'expression de la vitesse limite v_{ℓ_e} en fonction de τ , g , et d. Calculer sa valeur. **(0,5)**

2-3- La solution de l'équation différentielle est $v_z(t) = A + Be^{-\frac{t}{\tau}}$, où A et B sont des constantes . Exprimer A en fonction de v_{ℓ_e} et B en fonction de v_{ℓ_e} et v_e . **(0,5)**

2-4- Déterminer l'instant t_1 auquel le mouvement du baigneur change de sens. (Le baigneur n'atteint pas le fond de la piscine). **(0,25)**

Chimie :

Partie I :

1/ a) $HNO_2 + HO^- \longrightarrow NO_2^- + H_2O$

b) $E(V_{B,E}, pH_E) = E(10\text{ mL}; 7,5)$

c) $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{B,E}$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{B,E}}{V_A} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10}{10}$$

$$C_A = 2 \cdot 10^{-2} \textbf{ mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$$

d) $V_B = 2V_{B,E} \Longrightarrow$ Après l'équivalence

$$V_B > V_{B,E}$$
$$C_B V_B > C_A V_A$$
HNO_2 est le réactif limitant

$$[HO^-] = \frac{C_B V_B - C_A V_A}{V_A + V_B}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_e}{[HO^-]} = \frac{K_e(V_A + V_B)}{C_B V_B - C_A V_A} = \frac{10^{-pK_e}(V_A + 2V_{B,E})}{2C_B V_{B,E} - C_A V_A}$$

avec $C_A V_A = C_B V_{B,E}$

$$= 10^{-pK_e}\left(\frac{V_A + 2V_{B,E}}{C_B V_{B,E}}\right) = 10^{-pK_e}\left(\frac{C_B V_A}{C_B V_{B,E}} + \frac{2V_{B,E}}{V_{B,E}}\right) \Longrightarrow \frac{V_A}{V_{B,E}} = \frac{C_B}{C_A}$$

$$= 10^{-pK_e}\left(\frac{C_B}{C_A} + 2\right)$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pK_e}\left(\frac{C_B + 2C_A}{C_A}\right)$$

$$\begin{aligned} pH &= -\log([H_3O^+]) \\ &= -\log\left(10^{-pK_e} \cdot \frac{C_B + 2C_A}{C_A}\right) \end{aligned}$$

$$\boxed{pH = pK_e + \log\left(\frac{C_A}{C_B + 2C_A}\right)}$$

2/ a) $C_2H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+ + HO^-$

b) $\tau_2 = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[HO^-]}{C_2} = \frac{K_e}{C_2 \cdot [H_3O^+]} = \frac{10^{-pKe}}{C_2 \cdot 10^{-pH}} = \frac{10^{pH-pKe}}{C_2}$

$$\tau_2 = \frac{10^{11,55-14}}{2 \cdot 10^{-2}} \Longrightarrow \boxed{\tau_2 = 0,27}$$

c)

$$\begin{aligned} pK_{A_2} &= pH_2 - \log\left(\frac{[A^-]}{[AH]}\right) \\ &= pH_2 + \log\left(\frac{[AH]}{[A^-]}\right) \\ &= pH_2 + \log\left(\frac{\frac{x_f}{V}}{\frac{C_2V - x_f}{V}}\right) \\ &= pH_2 + \log\left(\frac{x_f}{C_2V - x_f}\right) \\ &= pH_2 + \log\left(\frac{\tau_2 C_2 V}{C_2V - \tau_2 C_2 V}\right) \\ &= pH_2 + \log\left(\frac{\tau_2 \cancel{C_2 V}}{\cancel{C_2 V}(1 - \tau_2)}\right) \end{aligned}$$

$$\boxed{pK_{A_2} = pH_2 + \log\left(\frac{\tau_2}{1 - \tau_2}\right)}$$

d) $C_2H_5NH_2 + HNO_2 \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+ + NO_2^-$

$$K = \frac{K_{A_2}}{K_{A_1}} = \frac{10^{-10,65}}{10^{-3,35}} < 10^4$$

La réaction est limitée $\Longrightarrow$ **le dosage est impossible**.

Partie II : (SM - SPC - SVT) 2024-2025

1) $\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]$

$$n_0 = \frac{m}{M((CH_3)_3C - Cl)} = \frac{30}{4 \cdot 12 + 9 \cdot 1 + 35} = \boxed{0,32 \text{ mol}}$$

2) $\sigma(t) = \cancel{\sigma_0}^{0} + K \cdot x(t) = K \cdot x(t)$
$\sigma(t=0) = 0 \quad ; \quad x_f = n_0$
$\sigma_\infty = K \cdot x_f = K \cdot n_0$

$$\frac{\sigma(t)}{\sigma_\infty} = \frac{K \cdot x(t)}{K \cdot n_0} = \frac{x(t)}{n_0} \implies \boxed{x(t) = n_0 \cdot \frac{\sigma(t)}{\sigma_\infty}}$$

3) $v(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

$$\begin{aligned} v(t) &= \frac{1}{V} \cdot \frac{d\left(n_0 \cdot \frac{\sigma}{\sigma_\infty}\right)}{dt} \\ &= \frac{n_0}{V \cdot \sigma_\infty} \cdot \frac{d\sigma}{dt} \end{aligned}$$

Pour $t = 10$ min :

$$\begin{aligned} v(10 \text{ min}) &= \frac{n_0}{V \cdot \sigma_\infty} \cdot \left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_{t=10 \text{ min}} \\ &= \frac{0,32}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 8} \cdot \frac{4-8}{0-15} \end{aligned}$$

$$\boxed{v(10 \textbf{ min}) = 3 \textbf{ mol} \cdot \textbf{L}^{-1} \cdot \textbf{min}^{-1}}$$

4) $\sigma_{1/2} = \frac{\sigma_0 + \sigma_\infty}{2} = \frac{\sigma_\infty}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$

$$\implies \boxed{t_{1/2} = 5 \textbf{ min}}$$

Nucléaires :

1) ${}^{132}_{53}I \longrightarrow \beta^- \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$

d'après les lois de Soddy :

$$\begin{cases} 132 = A + 0 \\ 53 = Z - 1 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} A = 132 \\ Z = 54 \end{cases}$$

$$\boxed{{}^{132}_{53}I \longrightarrow {}^{132}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e}$$

2)

$$\begin{aligned} E &= |\Delta E| \\ &= |\Delta m \cdot c^2| \\ &= |m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}| \cdot c^2 \\ &= |m(Xe) + m({}^{0}_{-1}e) - m(I)| \cdot c^2 \\ &= |130,8877 + 0,00055 - 130,8573| \cdot 931,5 \end{aligned}$$

$$\boxed{|\Delta E| = 18,49 \textbf{ MeV}}$$

3) On a : $a_0 = \lambda N_0$

$$\begin{aligned} N_0 &= N_I(0) = N_{Xe}(\infty) \\ a_0 &= \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot N_{Xe}(\infty) \\ t_{1/2} &= \frac{\ln(2)}{a_0} \cdot N_{Xe}(\infty) \\ t_{1/2} &= \frac{\ln(2)}{9,28 \cdot 10^9} \cdot 4,5 \cdot 10^{15} \\ t_{1/2} &= 336116,62 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{336116,62} \Longrightarrow \boxed{\lambda = 2,06 \cdot 10^{-6} \textbf{ s}^{-1}}$$

4) $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$\begin{aligned} a(t_2) &= a_0 \cdot e^{-\lambda t_2} \\ &= 9,28 \cdot 10^9 \cdot e^{-2,06 \cdot 10^{-6} \times 4 \times 3600} \end{aligned}$$

$$\boxed{a(t_2) = 9 \cdot 10^9 \textbf{ Bq}}$$

5) $a(t_3) = \frac{a(t_2)}{2}$

$$a_0 e^{-\lambda t_3} = \frac{1}{2} a_0 e^{-\lambda t_2}$$
$$-\lambda t_3 = -\lambda t_2 - \ln(2)$$
$$t_3 = t_2 + \frac{\ln(2)}{\lambda}$$
$$t_3 = 4 \times 3600 + \frac{\ln(2)}{2,06 \cdot 10^{-6}}$$

$$t_3 = 350979,21 \text{ s}$$

Remarque : l'activité de la dose injectée à t_2 = activité de la dose injectée à t_1 + activité de la dose restante à t_2.

Électricité :

Partie I :

1)

$$u_C + u_R + u_{R_0} = E$$
$$\frac{du_C}{dt} + (R + R_0) \cdot \frac{di}{dt} = 0$$
$$RC \cdot \frac{du_C}{dt} + (R + R_0)C \cdot \frac{du_R}{dt} = 0$$
$$u_R + (R + R_0)C \cdot \frac{du_R}{dt} = 0$$

2) $u_R(t) = Ae^{-\alpha t}$

$$\begin{cases} u_R(0) = Ae^0 = R \cdot i(0) = R \cdot \frac{E}{R+R_0} \\ u_R(\infty) = 0 \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{1}{(R+R_0)C}$$

3) La dimension de la grandeur A est le **volt (V)**.

4) $u_R(t) = Ae^{-\alpha t}$

$$\ln(u_R(t)) = \ln(A) - \alpha t$$

$$\alpha = -\frac{2,08 - 0}{(0 - 20,8) \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ s}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{1}{(R + R_0)C}$$

$$\ln(A) = \ln\left(\frac{RE}{R + R_0}\right) \implies A = \frac{RE}{R + R_0}$$

$$A(R + R_0) = RE \implies R + R_0 = \frac{RE}{A}$$

$$R_0 = R\left(\frac{E}{A} - 1\right)$$

$$R_0 = 400\left(\frac{10}{e^{2,08}} - 1\right)$$

$$\boxed{R_0 = 144,22\ \Omega}$$

5) $\alpha = \frac{1}{(R+R_0)C}$

$$C = \frac{1}{\alpha(R + R_0)} = \frac{1}{100(144,22 + 400)}$$

$\boxed{C = 1,84 \cdot 10^{-5}\ \textbf{F}}$ *(selon transcription)*

6) $u_R = Ri = RC \cdot \frac{du_C}{dt}$

$$\frac{du_C(t)}{dt} = \frac{1}{RC}u_R(t)$$

$$u_C(t) = \frac{1}{RC}\int_0^t u_R(t)dt$$

$$= \frac{1}{RC}\int_0^t Ae^{-\alpha t}dt$$

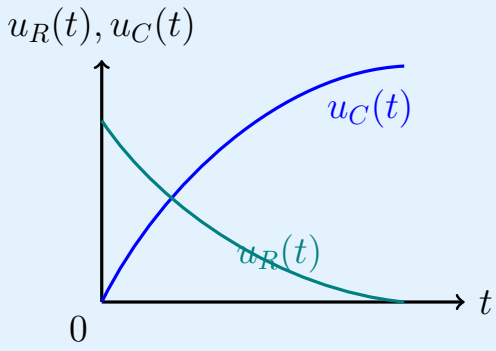
$$= \frac{A}{RC}\left[\frac{-1}{\alpha}e^{-\alpha t}\right]_0^t$$

$$= \frac{A}{-\alpha RC}(e^{-\alpha t} - e^0) = \frac{A}{\alpha RC}(1 - e^{-\alpha t})$$

Avec $A = \frac{RE}{R+R_0}$ et $\alpha = \frac{1}{(R+R_0)C}$, on a $\alpha RC = \frac{R}{R+R_0}$

$$u_C(t) = \frac{\frac{RE}{R+R_0}}{\frac{R}{R+R_0}}(1 - e^{-\alpha t}) \implies \boxed{u_C(t) = E(1 - e^{-\alpha t})}$$

7)



8) $u_C(t_r) = u_R(t_r)$

$$E(1 - e^{-\alpha t_r}) = \frac{RE}{R + R_0} e^{-\alpha t_r}$$

$$1 - e^{-\alpha t_r} = \frac{R}{R + R_0} e^{-\alpha t_r}$$

$$e^{-\alpha t_r} \left(\frac{R}{R + R_0} + 1 \right) = 1$$

$$e^{-\alpha t_r} \left(\frac{2R + R_0}{R + R_0} \right) = 1$$

$$-\alpha t_r = \ln \left(\frac{R + R_0}{2R + R_0} \right)$$

$$t_r = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(\frac{R + R_0}{2R + R_0} \right)$$

$$\boxed{t_r = (R + R_0)C \cdot \ln \left(\frac{2R + R_0}{R + R_0} \right)}$$

Partie II :

1)

$$u_C + u_L = 0$$
$$L \cdot \frac{di}{dt} + u_C = 0$$
$$LC \cdot \frac{d^2i}{dt^2} + C \cdot \frac{du_C}{dt} = 0$$
$$LC \cdot \frac{d^2i}{dt^2} + i = 0$$
$$\boxed{i + LC \cdot \tfrac{d^2i}{dt^2} = 0}$$

2) $i(t) = I_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

a)

$$\begin{cases} i(0) = I_m \cos(\varphi) = 0 \implies \cos(\varphi) = 0 \implies \varphi = \pm\frac{\pi}{2} \\ \frac{di}{dt}\big|_0 = -I_m \frac{2\pi}{T_0} \sin(\varphi) < 0 \implies \sin(\varphi) > 0 \end{cases}$$

$$\boxed{\varphi = \tfrac{\pi}{2}}$$

$I_m = 0,2$ A et $T_0 = 4$ ms

c) $E_e(t') = E_m(t')$ $\left(\text{avec } \frac{2\pi}{T_0} = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right)$

$$\frac{1}{2}Cu_C^2(t') = \frac{1}{2}Li^2(t')$$
$$u_C(t) = \frac{1}{C}\int_0^t i(t)dt = \frac{I_m}{C} \cdot \frac{T_0}{2\pi}\left[-\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)\right]_0^t$$
$$= \frac{I_m}{C} \cdot \frac{2\pi\sqrt{LC}}{2\pi}\left[\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)\right]_0^t \quad \text{(développement basé sur C.I.)}$$

En remplaçant dans l'égalité des énergies :

$$\frac{1}{2}C\cdot\frac{I_m^2}{C^2}LC\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t'+\frac{\pi}{2}\right)=\frac{1}{2}LI_m^2\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t'+\frac{\pi}{2}\right)$$

$$\cancel{\frac{1}{2}}\cancel{LI_m^2}\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t'+\frac{\pi}{2}\right)=\cancel{\frac{1}{2}}\cancel{LI_m^2}\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t'+\frac{\pi}{2}\right)$$

$$\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t'+\frac{\pi}{2}\right)-\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t'+\frac{\pi}{2}\right)=0$$

$$\cos\left(2\left(\frac{2\pi}{T_0}t'+\frac{\pi}{2}\right)\right)=0$$

$$\cos\left(\frac{4\pi}{T_0}t'+\pi\right)=\cos\left(\frac{\pi}{2}+k\pi\right)$$

$$\frac{4\pi}{T_0}t'+\pi=\frac{\pi}{2}+k\pi$$

pour $k=1$:

$$\frac{4\pi}{T_0}t'=\frac{\pi}{2}$$

$$t'=\frac{T_0}{8}$$

Mécanique :

Partie I :

1)

$$\sum\vec{F}_{ext}=m\cdot\vec{a}_G$$

$$\vec{P}=m\cdot\vec{a}_G$$

$$-mg\vec{j}=m\cdot a_x\vec{i}+m\cdot a_y\vec{j}$$

$$\vec{a}_G\begin{cases}a_x=0\\a_y=-g\end{cases}$$

donc la trajectoire du ballon est plane.

2)

$$\vec{v}_G : \begin{cases} v_x = v_0 \cos(\alpha) \\ v_y(t) = -gt + v_0 \sin(\alpha) \end{cases}$$

$$G : \begin{cases} x(t) = v_0 \cos(\alpha) t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin(\alpha) t + OA \end{cases}$$

$$t = \frac{x}{v_0 \cos(\alpha)}$$

$$y = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)} \right)^2 + v_0 \sin(\alpha) \left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)} \right) + OA$$

$$y = \frac{-g}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)} \cdot x^2 + \tan(\alpha) x + OA$$

$$y_C = \frac{-g}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)} \cdot x_C^2 + \tan(\alpha) x_C + OA$$

3)

$$\frac{g}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)} x_C^2 = \tan(\alpha) x_C - y_C + OA$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{g x_C^2}{2 \cos^2(\alpha)(\tan(\alpha) x_C - y_C + OA)}}$$

$$= \sqrt{\frac{10 \times (7,2)^2}{2 \cos^2(45°)(\tan(45°) \cdot 7,2 - 3 + 2)}}$$

$$\boxed{v_0 = 9,09 \ \mathbf{m \cdot s^{-1}}}$$

4) $x_C = v_0 \cos(\alpha) t_C$

$$t_C = \frac{x_C}{v_0 \cos(\alpha)}$$

$$= \frac{7,2}{9,09 \cdot \cos(45°)}$$

$$\boxed{t_C = 1,1 \ \mathbf{s}}$$

5) $y = \frac{-g}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)} x^2 + \tan(\alpha) x + OA$

$$y(0,9) = \frac{-10}{2 \cdot (9,09)^2 \cos^2(45°)} (0,9)^2 + \tan(45°) \cdot 0,9 + 2$$

$$= 2,8 \text{ m} > 2,7 \text{ m}$$

Le panier ne sera pas manqué.

Partie II :

1) a)

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$
$$\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$$
$$(Oz) : P_z = ma_z$$
$$mg = ma_z$$
$$a_z = g \implies \frac{dv_z}{dt} = g$$

b)

$$v_z(t) = gt$$
$$z(t) = \frac{1}{2}gt^2$$
$$z(t_c) = \frac{1}{2}gt_c^2 = h$$
$$t_c^2 = \frac{2h}{g}$$
$$t_c = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{h}{g}} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{10}{10}} = 1,4 \text{ s}$$

$$v_z(t_c) = gt_c = 10 \times 1,4 = 14 \ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$$

2) a)

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$
$$\vec{P} + \vec{f} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$$
$$(Oz) : P_z + f_z + F_z = ma_z$$
$$mg - \lambda v_z - \frac{m}{d}g = m \cdot \frac{dv_z}{dt}$$
$$\lambda v_z + m \cdot \frac{dv_z}{dt} = mg\left(1 - \frac{1}{d}\right)$$

$$v_z + \frac{m}{\lambda} \cdot \frac{dv_z}{dt} = \frac{mg}{\lambda}\left(1 - \frac{1}{d}\right)$$

b) $v_{z_{lim}} = C^{te} \Longrightarrow \frac{dv_z}{dt} = 0$

$$\boxed{v_{z_{lim}} = \frac{mg}{\lambda}\left(1 - \frac{1}{d}\right)}$$

c) $v_z(t) = A + Be^{-\frac{t}{\tau}}$

$$\begin{cases} v_z(0) = A + B = V_c \\ v_z(\infty) = A = v_{z_{lim}} \end{cases} \Longrightarrow B = V_c - A = V_c - v_{z_{lim}}$$

$$\boxed{v_z(t) = v_{z_{lim}} + (V_c - v_{z_{lim}})e^{-\frac{t}{\tau}}}$$

d) À l'instant où le baigneur change le sens :

$$\Longrightarrow v_z(t') = 0$$
$$\Longrightarrow v_{z_{lim}} + (V_c - v_{z_{lim}})e^{-\frac{t'}{\tau}} = 0$$
$$\Longrightarrow e^{-\frac{t'}{\tau}} = \frac{v_{z_{lim}}}{v_{z_{lim}} - V_c}$$
$$\Longrightarrow -\frac{t'}{\tau} = \ln\left(\frac{v_{z_{lim}}}{v_{z_{lim}} - V_c}\right)$$
$$\Longrightarrow \frac{t'}{\tau} = \ln\left(\frac{v_{z_{lim}} - V_c}{v_{z_{lim}}}\right)$$
$$\Longrightarrow \frac{t'}{\tau} = \ln\left(1 - \frac{V_c}{v_{z_{lim}}}\right)$$
$$\Longrightarrow t' = \tau \ln\left(1 - \frac{V_c}{v_{z_{lim}}}\right) \quad \text{avec} \quad \left[v_{z_{lim}} = \frac{mg}{\lambda}\left(1 - \frac{1}{d}\right)\right]$$
$$\Longrightarrow t' = \frac{m}{\lambda} \ln\left(1 - \frac{V_c}{v_{z_{lim}}}\right)$$
$$\Longrightarrow t' = \frac{80}{250} \ln\left(1 - \frac{14}{\frac{80\times 10}{250}\left(1 - \frac{1}{0{,}9}\right)}\right)$$

$$\boxed{t' = 1{,}18\ \mathbf{s}}$$

Chimie :

Partie 1 :

L'acide éthanoïque est un antiseptique et un désinfectant. Il représente le principal constituant du vinaigre et lui donne son goût acide et son odeur piquante.

Une solution d'acide éthanoïque, de concentration molaire $C = 2,7.10^{-3}\,mol.L^{-1}$ a un pH égal à 3,70 à 25°C.

L'acide éthanoïque CH_3CO_2H, réagit avec l'eau selon l'équation chimique :

$$CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3CO_{2(aq)}^- + H_3O_{(aq)}^+$$

1. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.

2. Dans l'équation ci-dessus, identifier les deux couples acide/base mis en jeu.

3. Vérifier, que le taux d'avancement final de la réaction est $\tau \simeq 7,4.10^{-2}$.

La transformation étudiée est-elle totale ? Justifier votre réponse.

4. Donner l'expression littérale du quotient de réaction $Q_{r,éq}$ à l'état d'équilibre du système chimique en fonction de C et pH.

5. En déduire la valeur de la constante d'acidité K_A associée au couple $CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO_{(aq)}^-$.

En déduire la valeur de pK_A

6. Calculer le rapport $R = \dfrac{[CH_3CO_2^-]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}}$ à l'équilibre. Conclure.

Partie 2 :

Cette partie vise à déterminer le sens d'évolution d'un système chimique.

On mélange le même volume V_0 d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque $CH_3CO_2H_{(aq)}$ et d'une solution aqueuse du benzoate de sodium $C_6H_5CO_{2(aq)}^- + Na_{(aq)}^+$. Les deux solutions ont la même concentration molaire C_0.

Données :

$K_{A1} = K_A(CH_3CO_2H_{(aq)} / CH_3CO_{2(aq)}^-) = 1,8.10^{-5}$; $K_{A2} = K_A(C_6H_5CO_2H_{(aq)} / C_6H_5CO_{2(aq)}^-) = 6,3.10^{-5}$.

1. Écrire l'équation chimique de la réaction qui se produit entre l'acide éthanoïque et l'ion benzoate.

2. Montrer que l'expression de la constante d'équilibre K associée à l'équation de cette réaction s'écrit $K = \dfrac{K_{A1}}{K_{A2}}$, puis calculer sa valeur.

3. La valeur du quotient de réaction du système chimique à l'état initial est $Q_{r,i} = 1$.

Dans quel sens évolue le système chimique? Justifier.

Physique :

Première partie : Diffraction d'une onde lumineuse

On réalise une expérience de diffraction de la lumière, en utilisant un fil fin de diamètre $d = 0,1\,mm$ et une source de lumière monochromatique de longueur d'onde λ.

On visualise le phénomène de diffraction sur un écran qui se trouve à une distance $D = 3,5\,m$ du fil. La mesure de la largeur de la tache centrale donne $L = 56\,mm$.

On suppose que l'écart angulaire θ est petit et on prend $\tan(\theta) \approx \theta$.

1- Trouver la longueur d'onde λ de la source lumineuse utilisée.

2- On remplace uniquement la source précédente par une autre source monochromatique de couleur violette.

Comment varie la largeur de la tache centrale ? Justifier la réponse.

Deuxième partie : Noyau du cobalt 60

La désintégration du noyau de cobalt $^{60}_{27}Co$ donne un noyau de nickel $^{60}_{28}Ni$ et une particule X.

Données :

- La masse du noyau $^{60}_{27}Co$: 59,91901 u ;
- La masse du noyau $^{60}_{28}Ni$: 59,91543 u ;
- La masse de l'électron : 0,00055 u ;
- La masse du proton : 1,00728 u ;
- La masse du neutron : 1,00866 u ;
- l'énergie de liaison par nucléon du noyau $^{56}_{28}Ni$: 8,64 MeV/nucléon ;
- $1u = 931{,}5\ MeV.c^{-2}$.

1- Identifier la particule X, puis déterminer le type de désintégration du cobalt 60.

2- Calculer, en MeV, l'énergie libérée E_{lib} au cours de cette désintégration.

3- Déterminer, en MeV/nucléon, l'énergie de liaison par nucléon $\mathscr{E}$ du noyau $^{60}_{28}Ni$, puis déduire parmi les deux noyaux $^{60}_{28}Ni$ et $^{56}_{28}Ni$, lequel est le plus stable.

L'électricité :

Charge et décharge d'un condensateur

Les condensateurs et les bobines sont des composants essentiels de nombreux appareils électriques tels ceux utilisés pour l'émission et la réception des ondes électromagnétiques.

Cet exercice se propose d'étudier la charge d'un condensateur et sa décharge dans une bobine.

On réalise le montage électrique schématisé sur la figure 1, constitué des éléments suivants:

- un générateur idéal de tension de force électromotrice E =10V ;
- un condensateur de capacité C initialement déchargé ;
- un conducteur ohmique de résistance R ;
- une bobine d'inductance L et de résistance négligeable ;
- un interrupteur K à double position.

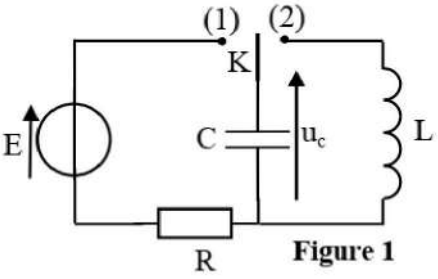


Figure 1

I -Etude de la charge du condensateur

On met l'interrupteur K sur la position (1) à un instant choisi comme origine des dates (t = 0). Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe d'évolution de la charge q(t) du condensateur.

La droite (T) représente la tangente à la courbe à la date t = 0 (figure 2).

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par q(t) au cours de la charge du condensateur.

2. Trouver, en fonction des paramètres du circuit, les expressions des constantes A et α pour que la solution de cette équation différentielle s'écrive sous la forme : $q(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$

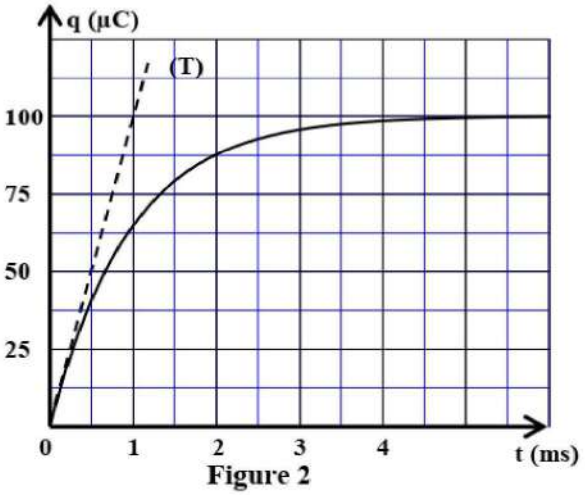


Figure 2

3. Déterminer graphiquement :

3.1. la valeur de la charge Q du condensateur quand le régime permanent est établi.

3.2. la valeur de la constante de temps τ .

4. Montrer que la capacité du condensateur est: $C = 10\,\mu F$.

5. Trouver la valeur de la résistance R .

II-Etude des oscillations électriques dans le circuit LC

Une fois que le régime permanent est établi, on bascule l'interrupteur K en position (2) à un instant choisi comme nouvelle origine des dates(t=0) .On visualise, à l'aide d'un dispositif adéquat, les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur en fonction du temps.

1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur s'écrit :

$$\frac{d^2u_c}{dt^2} + \frac{1}{LC}u_c = 0$$

2. L'une des trois courbes (a),(b) ou (c) de la figure 3 représente, pour cette expérience, l'évolution de la tension $u_c(t)$.

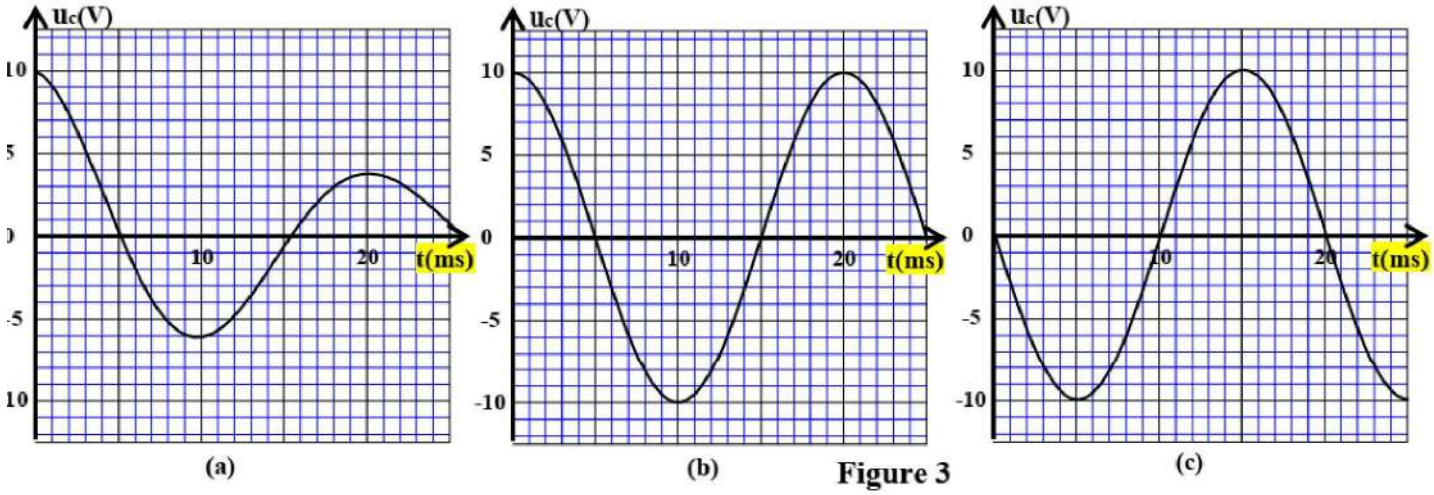


Figure 3

2.1. Indiquer la courbe qui représente l'évolution de la tension $u_c(t)$ lors de cette expérience. Justifier votre réponse.

2.2. Trouver la période propre T_0 de l'oscillateur LC.

3. Déterminer l'inductance L de la bobine.(On prend $\pi^2 = 10$).

4. A l'aide de la courbe représentant l'évolution de la tension $u_c(t)$ pour cette expérience :

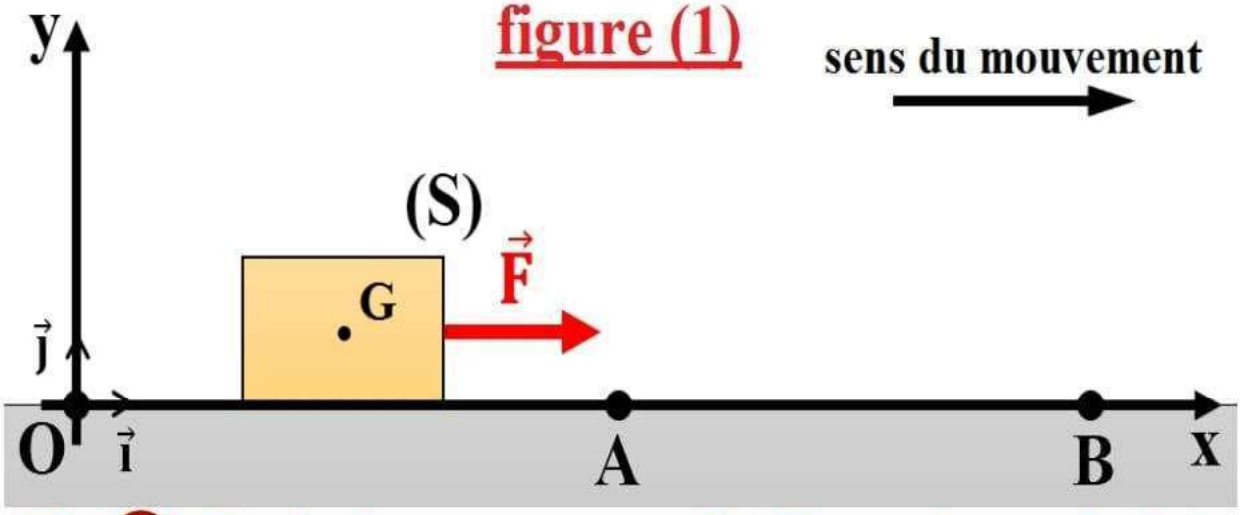
4.1. Trouver l'énergie totale E_t du circuit.

4.2. En déduire l'énergie magnétique E_{m1} emmagasinée dans la bobine à l'instant $t_1 = 12\,ms$.

Mécaniqueee

Partie 1:

En considérant un solide (S) de centre de d'inertie G et de masse m = 400g, glisse avec frottement sur un plan horizontal OAB. On modélise les frottements par une force $\vec{f}$ constante de direction parallèle à la trajectoire et de sens contraire à celui du mouvement.
Pour étudier le mouvement de (S), on choisit un repère $R(O,\vec{i},\vec{j})$ lié à la terre considéré comme galiléen. (on donne g = 10N/kg)



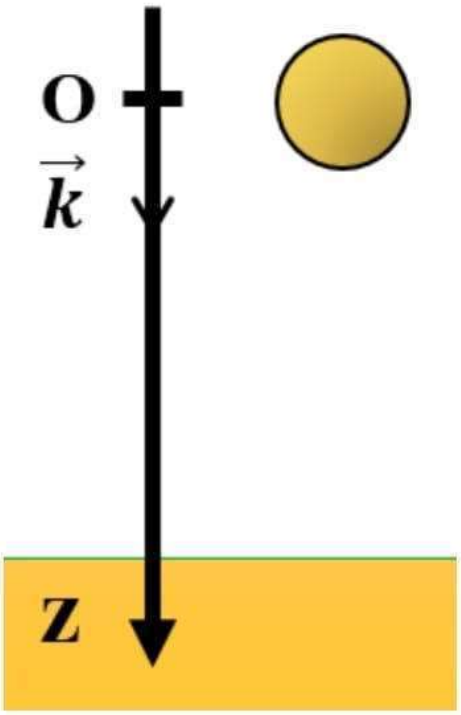
❑ **1: Etude de mouvement de (S) sur la partie OA :**

Le solide (S) est soumis lors de son mouvement entre O et A, à une force motrice $\vec{F}$ constante horizontale ayant le sens du mouvement de (S). (voir la figure 1)
On choisit l'instant de départ de (S), à partir de O, sans vitesse initiale comme origine des dates $t_0 = 0$.

1) Faire l'inventaire des forces appliquées sur (S) et les représentées sur la figure (1) sans souci d'échelle.
2) Trouver l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse x dans R.
3) Le solide passe par A à l'instant $t_A = 2s$ avec une vitesse $v_A = 6m/s$, déterminer la valeur de l'accélération a_1 de mouvement de (S).

Partie 2 :

On laisse tomber une balle sans vitesse initiale depuis une hauteur h = 2m, dans un repère orthonormé $R(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k})$ de l'axe (Oz) vertical dirigé vers le bas, et d'origine coïncide avec la position de la balle (considérée comme ponctuelle) à l'instant du lancement que l'on considère comme origine des dates (t = 0).



1) Trouver l'équation différentielle du mouvement de la balle, si on considère que sa chute verticale est libre.
2) Trouver les équations horaires de ce mouvement.
3) Quelle est la durée nécessaire pour que la balle atteigne la surface de la terre ?
4) Quelle est la valeur de la vitesse v_F de la balle au sol ?

Correction de l'examen Blanc

Chimie

Partie I :

1. Un acide selon Bronsted toute espèce chimique capable de céder un proton H^+ lors d'une transformation chimique.

2. les deux couples sont : $\boldsymbol{CH_3CO_2H\,/\,CH_3CO_2^-}$ et $\boldsymbol{H_3O^+/H_2O}$.

3. On a $\boldsymbol{\tau = \frac{x_f}{x_{max}}}$ avec $\boldsymbol{x_f = [H_3O^+].V}$ et $\boldsymbol{x_{max} = C.V}$ d'où $\boldsymbol{\tau = \frac{[H_3O^+].V}{C.V} = \frac{[H_3O^+]}{C}}$ avec $\boldsymbol{[H_3O^+] = 10^{-pH}}$

D'où $\boldsymbol{\tau = \frac{10^{-p}}{C}}$ A.N : $\tau = \frac{10^{-3,70}}{2,7.10^{-3}}$ d'où $\tau = 7,4.10^{-2}$

La transformation est limitée car $\tau < 1$

4. On sait que : $Q_{r,éq} = \frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}}$ et d'après le tableau d'avancement on a :

$[CH_3CO_2^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$ et $[CH_3CO_2H]_{éq} = \frac{C.V-x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V}$ avec $[H_3O^+] = \frac{x_f}{V}$

D'où $[CH_3CO_2H]_{éq} = C - [H_3O^+]_{éq} \Rightarrow [CH_3CO_2H]_{éq} = C - 10^{-pH}$

D'où $Q_{r,éq} = \frac{(10^{-pH})^2}{C-10^{-pH}} \Rightarrow Q_{r,éq} = \frac{10^{-2pH}}{C-10^{-pH}}$

5. On sait que $K_A = Q_{r,éq}$ d'où $K_A = \frac{10^{-2pH}}{C-10^{-pH}}$ A.N : $K_A = \frac{10^{-2\times3,70}}{2,7.10^{-3}-10^{-3,70}}$ i.e. $K_A = 1,59.10^{-5}$

Avec $pK_A = -logK_A$ d'où $pK_A = -log(1,59.10^{-5}) \Rightarrow pK_A = 4,80$

6. On sait que $pH = pK_A + log\,\frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}}$ d'où $pH - pK_A = log\,\frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}}$

d'où $\frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}} = 10^{pH-pK_A}$ A.N : $\frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}} = 10^{3,70-4,80} \Rightarrow \frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}} = 7,94.10^{-2}$

On a $\frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}} < 1 \Rightarrow [CH_3CO_2^-]_{éq} < [CH_3CO_2H]_{éq}$ L'acide est prédominant.

Partie 2

1. L'équation de la réaction : $CH_3CO_2H_{(aq)} + C_6H_5CO_{2(aq)}^- \rightleftarrows CH_3CO_{2(aq)}^- + C_6H_5CO_2H_{(aq)}$

2. On a $K = \frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}[C_6H_5CO_2H]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}[C_6H_5CO_2^-]_{éq}}$ d'où $K = \frac{[CH_3CO_2^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}} \times \frac{[C_6H_5CO_2H]_{éq}}{[C_6H_5CO_2^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}}$ d'où $K = K_{A1} \times \frac{1}{K_{A2}}$

D'où $K = \frac{K_{A1}}{K_{A2}}$ A.N : $K = \frac{1,8.10^{-5}}{6,3.10^{-5}} \Rightarrow K = 2,86.10^{-2}$

3. Le système évolue dans le sens indirect

Physique

Exercice 1

Première partie : diffraction d'une lumineuse

1- On a : $tan\theta = \frac{L}{2D}$ et $\theta = \frac{\lambda}{d}$ d'où $\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{d} \Rightarrow \lambda = \frac{L}{2D}d$ A.N : $\lambda = \frac{56.10^{-3}}{2\times3,5} \times 0,1.10^{-3}$

d'où : $\lambda = 8.10^{-7}m \Rightarrow \lambda = 800\ nm$

2. On sait que $\lambda_v = 400\ nm$ et comme $\lambda_v < \lambda$ d'où $\frac{2D\lambda_v}{d} < \frac{2D\lambda}{d} \Rightarrow L_v < L$ d'où la largeur de la tache centrale va diminuer.

Deuxième partie : Noyau du cobalt 60

1. On a ${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{A}_{Z}X$ d'après les lois de Soddy : $\begin{cases} 60 = 60 + A \\ 27 = 28 + Z \end{cases}$ d'où $\begin{cases} A = 0 \\ Z = -1 \end{cases}$ d'où la particule X est un électron ${}^{0}_{-1}e$ donc le type de désintégration est β^-

2. On a $\Delta E = \left(m({}^{60}_{28}Ni) + m({}^{0}_{-1}e) - m({}^{60}_{27}Co)\right).c^2$

AN : $\Delta E = (59{,}91543 + 0{,}00055 - 59{,}91901) \times 931{,}5$ d'où $\Delta E = -2{,}82\ MeV$ d'où $E_{lib} = 2{,}82\ MeV$

3- On a $E_l({}^{60}_{28}Ni) = \Delta m.c^2 \Rightarrow E_l({}^{60}_{28}Ni) = \left(28m_p + (60-28)m_n - m({}^{60}_{28}Ni)\right).c^2$

AN : $E_l({}^{60}_{28}Ni) = (28 \times 1{,}00728 + (60-28) \times 1{,}00866 - 59{,}91543) \times 931{,}5 \Rightarrow E_l({}^{60}_{28}Ni) = 526{,}79\ MeV$

Comme : $\xi({}^{60}_{28}Ni) = \frac{E_l({}^{60}_{28}Ni)}{A}$ A.N : $\xi({}^{60}_{28}Ni) = \frac{526{,}79}{60} \Rightarrow \xi({}^{60}_{28}Ni) = 8{,}78\ MeV/nucleon$

${}^{60}_{28}Ni$ est plus stable que ${}^{56}_{28}Ni$ car : $\xi({}^{60}_{28}Ni) > \xi({}^{56}_{28}Ni)$

Exercice 2 : Electricité

I- Etude de la charge du condensateu

1. D'après la loi d'additivités des tensions on a : $u_C + u_R = E$ et on sait que : $q = Cu_C \Rightarrow u_C = \frac{q}{C}$

D'après la loi d'Ohm : $u_R = Ri$ et $i = \frac{dq}{dt}$ d'où $u_R = R\frac{dq}{dt}$

D'où $\frac{q}{C} + R\frac{dq}{dt} = E \Rightarrow q + RC\frac{dq}{dt} = CE$

2. On a $q(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$ d'où $\frac{dq}{dt} = A\alpha e^{-\alpha t} \Rightarrow A(1 - e^{-\alpha t}) + RCA\alpha e^{-\alpha t} = CE$

$A - Ae^{-\alpha t} + RCA\alpha e^{-\alpha t} = CE \Rightarrow Ae^{-\alpha t}(RC\alpha - 1) = CE - A \Rightarrow \begin{cases} RC\alpha - 1 = 0 \\ CE - A = 0 \end{cases}$ d'où $\begin{cases} RC\alpha = 1 \\ CE = A \end{cases}$

D'où $A = CE$ et $\alpha = \frac{1}{RC}$

3.

3.1. Au régime permanent : $Q = 100\mu C$ **3.2.** graphiquement : $\tau = 1ms$

4. On a : $Q = CE$ d'où : $C = \frac{Q}{E}$ A.N : $C = \frac{100.10^{-6}}{10} \Rightarrow C = 10.10^{-6}F$ d'où $C = 10\mu F$

5. On a : $\tau = RC$ d'où : $R = \frac{\tau}{C}$ A.N : $R = \frac{1\times10^{-3}}{10\times10^{-6}}$ d'où $R = 100\Omega$

II- Etude des oscillations électriques dans le circuit LC

1. D'après la loi d'additivités des tensions on a : $u_C + u_L = 0$ et on sait que : $u_L = L\frac{di}{dt} \Rightarrow$

Et on a $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = Cu_C$ d'où $i = C\frac{du_C}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$ d'où : $u_L = LC\frac{d^2u_C}{dt^2}$

Finalement : $u_C + LC\frac{d^2u_C}{dt^2} = 0$

Correction de l'examen Blanc

2.

2.1. Le condensateur est initialement chargé $\Rightarrow u_C(0) = E$

$R_T = 0$ le régime d'oscillation est périodique ce qui implique que la courbe **-b-** représente l'évolution temporelle de la tension aux bornes de condensateur.

2.2. Graphiquement on a : $T_0 = 20ms$

3. On a $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ d'où ${T_0}^2 = 4\pi^2 LC$ d'où $L = \frac{{T_0}^2}{4\pi^2 C}$ A.N : $L = \frac{(20\times10^{-3})^2}{4\times10\times10\times10^{-6}}$ d'où : $L = 0{,}1\ H$

4.1. On a $E_T = E_{e,max}$ d'où $E_T = \frac{1}{2}Cu_C^2 \Rightarrow E_T = \frac{1}{2}\times 10\times 10^{-6}\times 10^2$ d'où $E_T = 5.10^{-4}J$

4.2. On a $E_T = E_e + E_m$ d'où $E_m = E_T - E_e$ à l'instant t_1 =12ms on a : $E_m(t_1) = E_T(t_1) - E_e(t_1)$

Avec $E_T(t_1) = \frac{1}{2}C(u_C(t_1))^2$ graphiquement : $u_C(t_1) = -8V$ d'où : $E_T(t_1) = \frac{1}{2}\times 10\times 10^{-6}\times(-8)^2$

D'où $E_T(t_1) = 3{,}2.10^{-4}J$

L'énergie totale est constante $\Rightarrow E_T = E_T(t_1) = 5.10^{-4}J$

D'où : $E_m(t_1) = 5.10^{-4} - 3{,}2.10^{-4}$ d'où $E_m(t_1) = 1{,}8.10^{-4}J$

Exercice 3 : Mécanique

1. système étudié : {solide S}
→ le bilan des forces :

→ le Poids $\vec{P}$

→ la réaction du plan $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T = \vec{R}_N + \vec{f}$

→ $\vec{F}$: force motrice

2. D'après la 2ème loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\iff \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}_G \iff \vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{F} = m\vec{a}_G$$

Par la projection sur (Ox) :

$$P_x + R_{Nx} + f_x + F_x = m \cdot a_x$$

$$\underbrace{0}_{P \perp (Ox)} + \underbrace{0}_{R_N \perp (Ox)} - f + F = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{avec} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} \\ a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \end{cases}$$

alors l'éq diff : $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F-f}{m}$

3. on a les équations horaire du mouvement R.U.V

$$v(t) = a_x \cdot t + V_{0x}$$

$$x(t) = \frac{1}{2} a_x \cdot t^2 + V_{0x} \cdot t + x_0$$

en A :

$$v_A(t) = a_1 \cdot t_A \quad \text{A}$$

$x_A(t) = \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot t_A^2$ **B**

D'après l'équation A on a :

$$V_A = a_1 \cdot t_A \iff a_1 = \frac{V_A}{t_A}$$

$a_1 = \frac{6}{2} = 3$ **m/s²**

4. L'intensité $\vec{R}_N$:
Par la projection sur l'axe (Oy) :

on a $P_y + R_{Ny} + f_y + F_y = m \cdot \cancel{a_y}^{\to 0}$

car le mouvement se fait sur l'axe (Ox).

$$-P + R_N + \underbrace{0}_{f \perp (Oy)} + \underbrace{0}_{F \perp (Oy)} = m \times 0$$

$$-P + R_N = 0 \quad \text{avec } P = m \cdot g$$
$$-mg + R_N = 0 \iff R_N = m \cdot g$$
$$(A.N) : R_N = 400 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 4 \text{ N}$$

5. $OA = x_A - x_0$

$$OA = x_A \iff OA = \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot t_A^2$$

$$(A.N) : OA = \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6 \text{ m}$$

Partie II :

1. **système étudié :** {balle (S)}
bilan des forces : $\vec{P}$
on appliquant 2ème loi de Newton

$$\sum \vec{F}_{ext/S} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$$

Par la projection sur l'axe (Oz)

$$\cancel{m}g = \cancel{m} \cdot a_z \iff a_z = g$$

$\frac{dv_z}{dt} = g$

2. **équation de Vitesse :**

$$v(t) = at + V_0 \quad \text{avec } \begin{cases} a = g \\ V_0 = 0 \text{ m/s} \end{cases}$$

$v(t) = g \cdot t$
équation horaire $z(t)$ **:**

$$z(t) = \frac{1}{2} \cdot at^2 + V_0^{\to 0} \cdot t + z_0^{\to 0} \quad \text{avec } \begin{cases} a = g \\ V_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases}$$

$z(t) = \frac{1}{2} \cdot gt^2$

3. $v(t) = g \cdot t$

$$v_S = g \cdot t_S \implies t_S = \frac{v_S}{g}$$

$$\rightarrow z(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_S^2 \iff t_S^2 = 2\frac{h}{g} \iff t_S = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 2}{10}}$$

$$t_S = \sqrt{\frac{4}{10}} = \sqrt{0,4}\ \text{s}$$

(Unité 's' rajoutée pour la clarté)

4. $v(t) = g \cdot t$

$$v_S = g \cdot t_S = 10 \times \sqrt{0,4} = \ldots \text{ m/s}$$

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأولي والرياضة

ⵜⴰⴳⵍⴷⵉⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⴱ
ⵜⴰⵎⴰⵡⴰⵙⵜ ⵏ ⵓⵙⴳⵎⵉ ⴰⵏⴰⵎⵓ
ⴰ ⵓⵎⵎⴰ ⴰⵎⵣⵡⴰⵓ ⴰ ⵜⵓⵏⵓⵙ

EXAM BLANC

2024/2025

LYCEE MOHAMED EL FASSI – EL MENZEL / SEFROU

الامتحان التجريبي الموحد للبكالوريا دورة -

مادة الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية)

Organisé par: Mr. Abdelali LAHSINI et Mr. Rida BILAK

Lycée Mohamed EL FASSI – EL MENZEL - SEFROU

الصفحة			
1 / 7	الامتحان التجريبي الموحد للبكالوريا دورة يونيو 2023 - الموضوع -	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة مختبر الفيزياء والكيمياء ثانوية محمد الفاسي التأهيلية - المنزل مديرية صفرو	

المادة	الفيزياء والكيمياء	مدة الانجاز	3H
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية)	المعامل	7

Les calculatrices non programmables sont autorisées

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques

Le sujet comporte QUATRE exercices :

- **2 exercices de chimie (7 points)**
- **3 exercices de physique (13 points)**

Exercices de chimie (7 points)

Partie 1 : Fraicheur d'un lait.....(5points)

Partie 2 : Durée de fonctionnement d'une pile.....(2points)

Exercices de physique (13 points)

Exercice 1 : Désintégration du noyau du radium 226 / Propagation d'une onde.....(3,5points)

Exercice 2 : Etude des dipôles RC, RL et RLC ... .(4,5points)

Exercice 3 : Etude du mouvement d'un skieur..... .....(5 points)

Organisé par : Mr. Abdelali LAHSINI , Mr. Rida BILAK & Mr. Said EL HOUAT

16 Mai 2023

Lycée Mohammed EL FASSI – EL MENZEL - SEFROU

Chimie (7 points)

Les applications pratiques de la chimie sont nombreuses dans les domaines industriel et agricole. Parmi ces applications on trouve la synthèse des produits agroalimentaires, le contrôle de qualité, l'amélioration du rendement et la production d'énergie électrique.

Ce sujet se compose de deux parties indépendantes et vise :

- L'étude du contrôle de la fraicheur d'un lait ;
- La détermination de la durée de fonctionnement d'une pile.

Partie 1 (5 points) : Fraicheur d'un lait

Le lait de vache est un liquide biologique constitué d'eau, du lactose et des matières grasses. Il renferme aussi les vitamines A et D et des ions minéraux : calcium, sodium, potassium, magnésium, chlorure ...

Dans le lait, les bactéries provoquent, au cours du temps, la transformation d'une partie du lactose en acide lactique $C_3H_6O_3$.

L'industrie laitière utilise le degré Dornic pour évaluer l'acidité d'un lait. Un degré Dornic (1°D) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

Cette partie a pour but de déterminer l'état de fraicheur d'un lait.

Un technicien dose l'acidité d'un lait selon la méthode Dornic. Il prélève un volume $V_A = 10,0mL$ de lait, y ajoute deux gouttes de phénolphtaléine et verse progressivement une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_B = 0,111 mol.L^{-1}$ en agitant le mélange, jusqu'à obtenir une couleur rose pâle.

Ce dosage peut être suivi par pH-métrie, le montage expérimental utilisé est représenté sur la figure (1)
La courbe de titrage obtenue par suivi pH-métrique est représentée sur la figure (2).

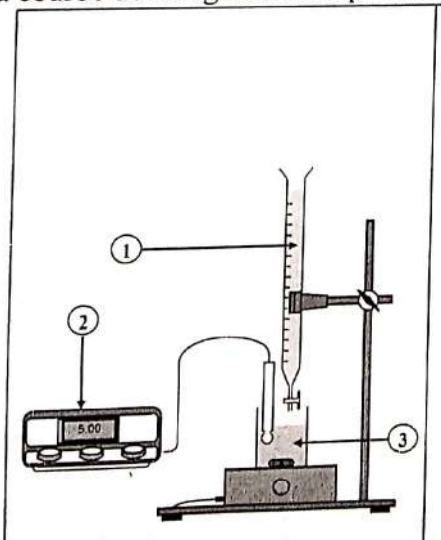


Figure 1

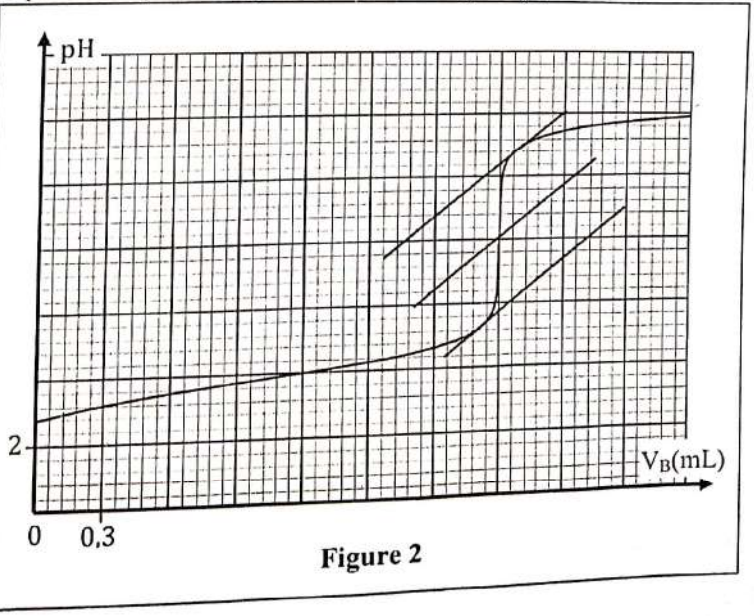


Figure 2

Données :

- On admettra que l'acidité du lait est uniquement due à l'acide lactique.
- $pK_A(C_3H_6O_{3(aq)} \ / \ C_3H_5O_3^-{}_{(aq)}) = 3,9$ à 25°C
- $M(C_3H_6O_3) = 90,0\ g.mol^{-1}$

Barème

- Couleurs et zone de virage des indicateurs colorés acido-basiques usuels :

Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique
Hélianthine	Rouge	3,1 < pH < 4,4	Jaune
Bleu de bromothymol	Jaune	6,0 < pH< 7,6	Bleu
Phénolphtaléine	Incolore	8,0 < pH< 10	Rosé

0,75 1- Nommer les différents éléments numérotés sur le montage expérimental de la figure (1).

0,5 2- Écrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide lactique $C_3H_6O_{3(aq)}$ et les ions hydroxydes $HO^-_{(aq)}$ au cours du dosage, sachant qu'elle est totale.

0,5 3- Déterminer les coordonnées $(V_{BE}\ ,\ pH_E)$ du point d'équivalence acido-basique.

0,25 4- Justifier le choix de la phénolphtaléine comme indicateur coloré de fin de réaction.

0,5 5- Déterminer la valeur de la concentration molaire C_A de l'acide lactique dans le lait.

0,75 6- Pour être considéré comme frais, un lait doit avoir une acidité inférieure ou égale à 18°D (c'est-à-dire qu'un litre de ce lait contient une masse d'acide lactique inférieure ou égale à 1,8 g).
Le lait dosé est-il frais ? Justifier votre réponse.

1 7- Etant donnée la transformation, au cours du temps, d'une partie du lactose en acide lactique, sur quel facteur cinétique peut-on agir et comment afin d'augmenter la durée de la fraicheur d'un lait ?

8- Le lait étudié a un pH initial noté pH_0.

0,25 8-1- Relever à partir de la courbe de titrage la valeur de pH_0.

0,5 8-2- Dresser le diagramme de prédominance des espèces du couple $(C_3H_6O_{3(aq)} / C_3H_5O_3^-{}_{(aq)})$, et préciser l'espèce prédominante dans le lait.

Partie 2 (2 points) : Durée de fonctionnement d'une pile

Une pile est conçue pour alimenter des circuits électriques, elle met en jeu des transformations chimiques afin de récupérer de l'énergie électrique.
Cette partie a pour but de déterminer la durée de fonctionnement d'une pile.

On réalise la pile zinc-argent schématisée sur la figure (3). On relie les électrodes de la pile à un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre et on observe le passage d'un courant électrique dans le circuit extérieur de la pile.

Données :

- Couples mis en jeu : $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(s)}$; $Ag^+_{(aq)} / Ag_{(s)}$;
- Les deux solutions ont même concentration molaire $C_0 = 0,20\ mol.L^{-1}$ et même volume $V_0 = 100mL$;
- La masse initiale de l'électrode de zinc est $m_0(Zn) = 2,0\ g$;
- $1F = 96500\ C.mol^{-1}$; $M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$

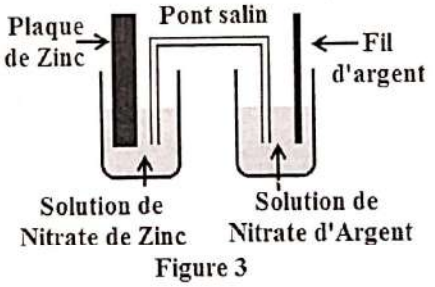


Figure 3

- La constante d'équilibre associée à l'équation $Zn_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} Zn^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$ est $K = 10^{52}$

0,5 1- Calculer la valeur du quotient de la réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial du système chimique. Prévoir le sens d'évolution spontané de ce système.

0,5 2- En déduire les polarités des électrodes. Justifier votre réponse.

0,5 3- Déterminer le réactif limitant.

0,5 4- La pile débite un courant continu d'intensité constante I = 0,15 A et s'épuise après une longue durée Δt. Calculer la valeur de Δt.

Barème

Physique (13 points)

Exercice 1 (3 ,5 points) :

Partie 1- Désintégration du noyau du radium 226

C'est en 1898 que Marie et Pierre Curie annoncèrent le découvert de deux éléments radioactifs : Le polonium et le radium. Le radium $^{226}_{88}Ra$ qui se transforme en radon $^{226}_{88}Ra$, est considéré comme l'un des exemples historiques de la radioactivité α.
L'activité d'un échantillon radioactif était alors calculée par rapport au radium considéré comme étalon. Elle fut exprimée en curie (Ci) pendant des années, avant d'utiliser le Becquerel (Bq) comme unité.
Le curie (1Ci) est l'activité d'un échantillon d'un gramme (1g) de radium 226.

- Masse molaire du radium : **M=226 g.mol^{-1} ;**
- Constante d'Avogadro : **N_A=6,02.10^{23}mol^{*1}.**
- Energie de liaison du noyau de radium : $E_\ell\left(^{226}_{88}Ra\right)=1731,1MeV$
- Energie de liaison du noyau de radon : $E_\ell\left(^{222}_{86}Rn\right)=1707,4MeV$
- Energie de liaison du noyau de l'hélium : $E_\ell\left(^{4}_{2}He\right)=28,4MeV$
- Constante radioactive du radium : $\lambda = 1,4.10^{-11}\ s^{-1}$; 1an= 365,25 jours

1- Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :

a- Le radium et le radon sont des isotopes.

0,5 **b-** Le noyau du radium $^{226}_{88}Ra$ est constitué 88 neutrons et de 138 protons.

c- Après une durée égale à **3.$t_{1/2}$,** il reste **12,5%** des noyaux initiaux.

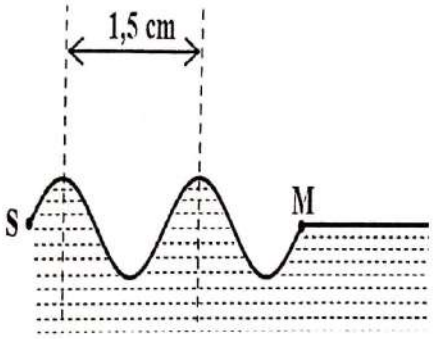
d- La relation entre la demi-vie et la constante radioactive est : **$t_{1/2}=\lambda.\ln 2$.**

0,5 **2-** Quelle serait, en Becquerel **(Bq)**, en Juillet 2020, l'activité d'un échantillon de masse **1g** de radium dont l'activité en Juillet 1898 était de **1Ci. Sachant que $1Ci \approx 3,73\times10^{10}Bq$**

0,5 3- Calculer, en MeV, l'énergie $|\Delta E|$ produite par la désintégration d'un noyau de radium $^{226}_{88}Ra$.

Partie 2 :propagation d'une onde mécanique

Pour étudier la propagation des ondes mécaniques à la surface de l'eau, on utilise une cuve à ondes. Le but de cette partie de l'exercice est de déterminer quelques grandeurs caractéristiques d'une onde mécanique.
A l'aide d'un vibreur d'une cuve à ondes, on crée en un point S de la surface libre de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence N=20 Hz. Cette onde se propage à t=0 à partir du point S, sans amortissement et sans réflexion
La figure ci-contre représente une coupe, dans un plan vertical, d'un partie de la surface de l'eau à l'instant de date t_1



0 ,5 **1.** Déterminer la longueur d'onde de l'onde étudiée

0,5 **2.** Déduire la célérité V de l'onde à la surface de l'eau.

0 ,5 **3.** Le point M, situé à la distance d=SM du point S, est le front de l'onde à l'instant de date t_1.
Exprimer le retard temporel τ du mouvement de M par rapport au mouvement de S, en fonction de la période T de l'onde. Calculer τ

Barème

Exercice 2 (4 ,5 points) : Etude des dipôles RC, RL et RLC :

Beaucoup d'appareils électriques contiennent des circuits qui se composent de condensateurs, de bobines, de conducteurs ohmiques …La fonction de ces composantes varie selon leurs domaines d'utilisation et la façon dont elles sont montées dans les circuits.

I-Etude de RL

On réalise le montage, représenté dans la figure 1, comportant :

- Un générateur de f.é.m. E=12V et de résistance interne négligeable ;
- Un conducteur ohmique de résistance $R1$ = 52Ω ;
- Une bobine (b) d'inductance Let de résistance r
- Un interrupteur K .

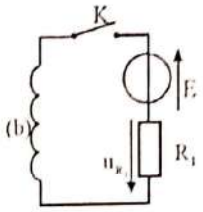


Figure 1

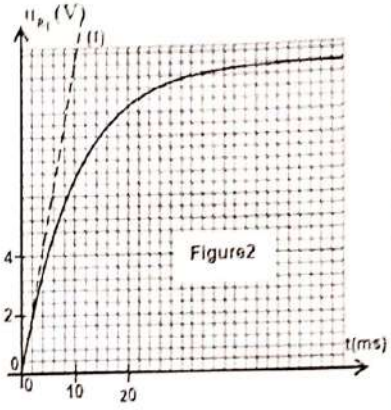


Figure2

On ferme l'interrupteur K à l'instant de date t=0. Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe représentant la tension $u_{R1}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique (fig.2). (La droite (T) représente la tangente à la courbe à t=0).

0,5 1- Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de u_{R1}

0,5 2- Déterminer la valeur de la résistance r de la bobine.

0, 25 3- Vérifier que L = 0,6H

II-Etude de RC

On réalise le montage, représenté dans la figure 1, comportant :

- Un générateur idéal de courant ;
- Un microampèremètre ;
- Deux conducteurs ohmiques de résistance R_0 ;
- Un condensateur de capacité C , non chargé initialement ;

On ferme l'interrupteur K_1 à l'instant de date t=0. L'intensité du courant indiquée par le microampèremètre est $I_0 = 4\mu A$.

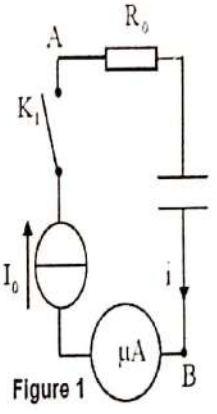


Figure 1

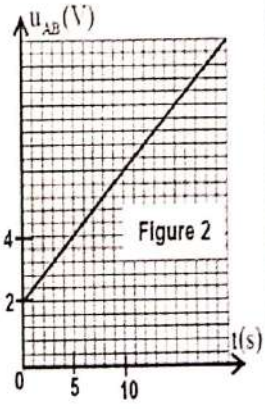


Figure 2

Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe représentant la tension $u_{AB}(t)$ (fig2).

0,5 1- Déterminer la valeur de R_0.

0 ,25 2- Trouver la valeur de la capacité C du condensateur.

Barème

III-Etude de RLC

On réalise le montage, représenté dans la figure 1, comportant :
— Un générateur idéal de courant ;
— Un microampèremètre ;
— Deux conducteurs ohmiques de résistance R_0 et $R = 40\Omega$;
— Une bobine (b) d'inductance L = 0,6H et de résistance interne $r = 8\Omega$;
— deux interrupteurs K_1 et K_2.
— Un condensateur de capacité C , non chargé initialement ;

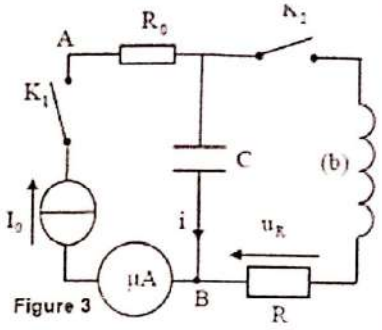


Figure 3

On ferme l'interrupteur K_1 à l'instant de date t=0. L'intensité du courant indiquée par le microampèremètre est $I_0 = 4\mu A$
Lorsque la tension entre les bornes du condensateur prend la valeur $u_c = U_0$,on ouvre K_1 et on ferme K_2 à un instant pris comme nouvelle origine des dates (t=0). Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe représentant la tension $u_R(t)$ (fig.5). (la droite (T1) représente la tangente à la courbe à t = 0.)

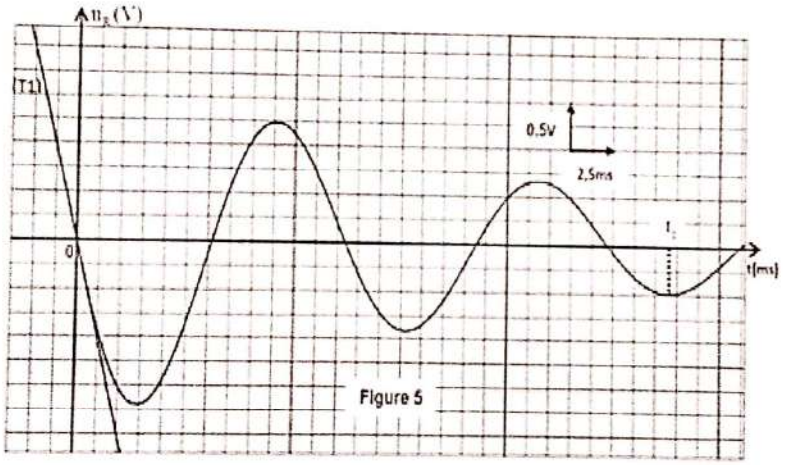


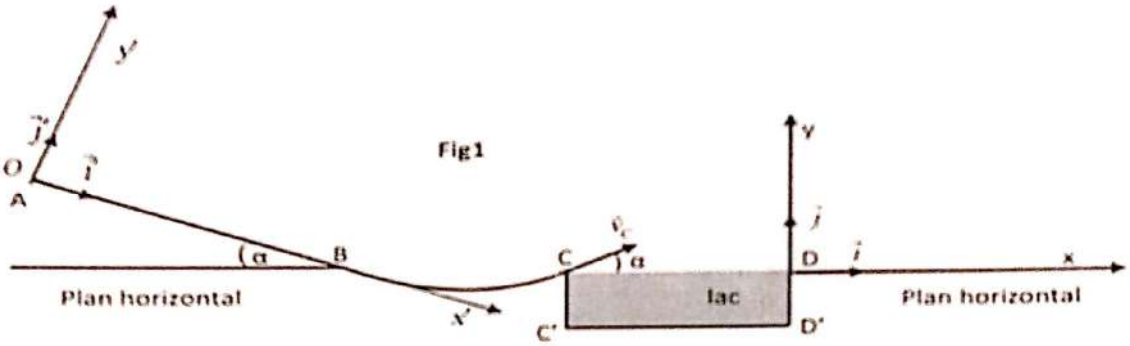
Figure 5

1. Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de la charge q du condensateur — 0.75
2. . Exprimer dE_T/dt en fonction de R, r et i ; E_t représente l'énergie totale du circuit à un instant tet i l'intensité du courant circulant dans le circuit au même instant. — 0,75
3. . Montrer que $U_0 = -\frac{L}{R}.\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$ où $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$ représente la dérivée par rapport au temps de u_R à t = 0 .Calculer U_0. — 0,5
4. Trouver/ *EJ* / l'énergie dissipée par effet Joule dans le circuit entre les instants t=0 et $t = t_1$(fig.5). — 0 .5

Barème

Exercice 3 (5 points) : Etude du mouvement d'un skieur

Un skieur veut s'exercer sur une piste modélisée par la figure 1.
Avant de faire un premier essai, le skieur étudie les forces qui s'exercent sur lui lors du glissage sur la piste ABC.
Données :
-Intensité de pesanteur g=9,8m.s^{-2}
-AB est un plan incliné d'un angle α=20° par rapport au plan horizontal passant par le point B.
-La largeur du lac C'D'=L=15m
On modélise le skieur et ses accessoires par un solide (S) de masse m=80kg et de centre d'inertie G.
On considère sur la partie AB que les frottements ne sont pas négligeables et on les modélise par une force constante



I-Etude des forces appliquées sur le skieur entre A et B

1 Le skieur part du point A d'abscisse $x'_A = 0$ dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sans vitesse initiale à un instant que l'on considère comme origine des temps t=0s , le skieur glisse sur le plan incliné AB suivant la ligne de la plus grande pente avec une accélération constante a et passe par le point B avec une

0,75 vitesse V_B=20m/s

I-1°- en appliquant la deuxième loi de newton, trouver en fonction de α,a et g l'expression du coefficient de frottement tanφ. Avec φ l'angle de frottement défini par la normale à la trajectoire et la direction de la force appliquée par le plan incliné sue le skieur.

I-2°- Montrer que l'intensité de la force $\vec{R}$ exercée par le plan AB sur le skieur s'écrit sous la forme :

$$R = mg.cos\alpha.\sqrt{1 + (tan\varphi)^2}$$ puis le calculer à t_B = 10 s

II-Etape de saut :

A l'instant t=0 que l'on considère comme une nouvelle origine des temps, le skieur quitte la partie BC au point C avec une vitesse V_C dont le vecteur vitesse forme l'angle α=20° avec le plan horizontal

1,5 II-1°- Montrer que les équations horaires du mouvement de (S) dans le repère $(D, \vec{i}, \vec{j})$ sont :

$$\begin{cases} x(t) = V_c cos\alpha.t - 15 \\ y(t) = -\frac{g}{2}t^2 + V_c sin\alpha.t \end{cases}$$

0,75 II-2°-Déterminer dans le cas ou V_C=16.27m/s les coordonnées du sommet de la trajectoire de (S)

1 II-3°-Déterminer en fonction de g et α la condition que doit vérifier la vitesse V_C pour que le skieur ne tombe pas dans le lac, puis calculer la valeur minimale de cette vitesse

CHIMIE (7 pts)

Partie 1

2)

① - Solution de Hydroxyde de sodium (titrante)

② - pH-mètre

③ - Solution de l'acide lactique (titrée)

3/ Équation de la réaction :

$$C_3H_6O_{3(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow C_3H_5O^-_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

4/ Les coordonnées (V_{bE}, pH_E) :

Graphiquement : $pH_E = 8,2 \quad , \quad V_E = 2,1\,\text{mL}$

5/ Le choix de la phénolphtaléine :

Puisque $pH_E \in [8-10]$, donc c'est l'indicateur convenable.

6/ La valeur de C_A :

D'après la relation d'équivalence : $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{bE}$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{bE}}{V_A}$$

A.N : $C_A = \frac{0,111 \times 2,1}{10} = 2,33 \times 10^{-2}\,\text{mol/L}$

$C_A = 2,33 \times 10^{-2}\,\text{mol/L}$

7/ On a :

$n_A = C_A \cdot V \implies \frac{m}{M(A)} = C_A \cdot V$ $\quad m = C_A \times V \times M(A)$ avec $\underline{V = 1\,\text{L}}$

A.N : $m = 2,33 \times 10^{-2} \times 1 \times 90$

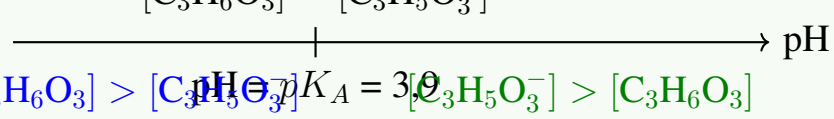
$m = 2,097\,\text{g} > 1,8\,\text{g}$

Donc le lait n'est pas frais.

8-1 La valeur de pH_0 :

$pH_0 = 2,8$

8-2 Diagramme de prédominance :



Puisque : $pH_0 < pK_A$ donc, l'espèce prédominante est l'acide $C_3H_6O_3$.

Partie 2

1 - On sait que :

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Ag^+]_i^2} = \frac{C_0}{C_0^2} = \frac{1}{C_0} = \frac{1}{0,2} = 5 < K$$

Donc, le sens d'évolution est le **sens direct**.

2 - Polarités :
Ag est la cathode $\oplus$
Zn est l'anode $\ominus$

3 - Le réactif limitant :
D'après T.A :

$$\frac{m_0(Zn)}{M(Zn)} - x_{max_1} = 0 \implies x_{max_1} = \frac{m_0(Zn)}{M(Zn)} = \frac{2}{65,4} = 3 \times 10^{-2}\,\text{mol}$$

$$C_0V_0 - 2x_{max_2} = 0 \implies x_{max_2} = \frac{C_0V_0}{2} = \frac{0,2 \times 0,1}{2} = 10^{-2}\,\text{mol}$$

$x_{max_2} < x_{max_1}$ donc $x_{max} = 10^{-2}\,\text{mol}$

4 - On sait que :

$$I \times \Delta t = n(e^-) \times F$$

$$I \times \Delta t = n_{max}(e^-) \times F \implies \Delta t = \frac{n(e^-) \times F}{I} = \frac{2x_{max} \times F}{I}$$

$$\Delta t = \frac{2 \times 10^{-2} \times 96500}{0,27} = 1,97\,\text{h}$$

PHYSIQUE

Exercice Nř3

Partie 1

1 - Proposition juste : C car

$$N(3t_{1/2}) = \frac{N_0}{2^3} = \frac{1}{8}N_0 = 0,125N_0$$

$$\frac{N(3t_{1/2})}{N_0} = 0,125 \implies \frac{N(3t_{1/2})}{N_0} \approx 12,5\%$$

2 - On a $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$

$$a(t) = a_0 e^{-\lambda \Delta t}$$

$$a(t) = 3,73 \times 10^{10} \times e^{-(2020-1898)\times 1,4\times 10^{-11}\times 365,25\times 24\times 3600}$$

$$a(t) = 3,73 \times 10^{10} \times e^{-0,053}$$

$$a(t) = 3,53 \times 10^{10}\,\text{Bq}$$

3 - L'énergie $|\Delta E|$

On a :

$$|\Delta E| = \left|E_l(^{226}_{88}\text{Ra}) - E_l(^{222}_{86}\text{Rn}) - E_l(^{4}_{2}\text{He})\right|$$

$$|\Delta E| = |1726,1 - 1702,4 - 28,4|$$

$$|\Delta E| = |-4,7| = 4,7\,\text{MeV}$$

Partie 2 :

1/ Longueur d'onde $\lambda = 1,5\,\text{cm}$

2/

$$v = \frac{SM}{\Delta t} = N \times \lambda = 1,5 \times 10^{-2} \times 20 = 0,3\,\text{m/s}$$

3/ On a $v = \frac{SM}{\tau} = \frac{\lambda}{T} \implies \frac{2\lambda}{\tau} = \frac{\lambda}{T}$

$$\tau = 2T$$

$$\tau = \frac{2}{N} = \frac{2}{20} = 10^{-1}\,\text{s}$$

EXERCICE 2 : ÉLECTRICITÉ

I - Étude de RL

1 - Équation différentielle vérifiée par u_{R_1}

D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_{R_1} + u_L = E \implies u_{R_1} + L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i = E$$

D'après la loi d'Ohm : $u_{R_1} = R_1 \cdot i \implies \frac{di}{dt} = \frac{1}{R_1}\frac{du_{R_1}}{dt}$

Donc :

$$u_{R_1} + L \times \frac{1}{R_1}\frac{du_{R_1}}{dt} + r \times \frac{u_{R_1}}{R_1} = E$$

$$u_{R_1}\left(1 + \frac{r}{R_1}\right) + \frac{L}{R_1}\frac{du_{R_1}}{dt} = E$$

$$u_{R_1} + \frac{L}{R_1+r}\frac{du_{R_1}}{dt} = \frac{R_1}{R_1+r}E$$

2 - La valeur de r :

En R.P (Régime Permanent), on a :

$$u_{R_1} = U_{R_{1max}} = \frac{R_1}{R_1 + r} \cdot E = 10,4\,\text{V}$$

$$r = \frac{R_1}{U_{R_{1max}}}E - R_1 = \frac{52 \times 12}{10,4} - 52 = 8\,\Omega$$

$$r = 8\,\Omega$$

3 - La valeur de L :

On a $\tau = \frac{L}{R_1+r} \implies L = \tau(R_1 + r)$

$$L = 10 \times 10^{-3}(60) = 0,6\,\text{H}$$

$$L = 0,6\,\text{H}$$

II - Étude de RC

1/ La valeur de R_0 :

On a $u_{AB} = R_0 I_0 + u_C = kt + R_0 I_0$

Graphiquement $u_{R_0} = R_0 \times I_0 = 2 \implies R_0 = \frac{2}{I_0} = \frac{2}{4\times10^{-6}}$

$$R_0 = \frac{1}{2} \times 10^6 = 0,5 \times 10^6 = 5 \cdot 10^5\,\Omega$$

2 - La valeur de C :

On a $u_{AB} = u_{R_0} + u_C = u_{R_0} + \frac{I_0}{C}t$

Avec $\frac{I_0}{C} = \frac{\Delta u_{AB}}{\Delta t} \implies \frac{I_0}{C} = \frac{4-2}{5-0} = \frac{2}{5}$

$$\implies C = \frac{5}{2}I_0 \implies C = \frac{5}{2} \times 4 \times 10^{-6} = 10 \times 10^{-6} = 10^{-5}\,\text{F}$$

III - Étude de RLC

1/ Équation diff vérifiée par $q(t)$:
D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_C + u_R + u_L = 0$$

$$\frac{q}{C} + R \cdot \frac{dq}{dt} + L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + r \cdot \frac{dq}{dt} = 0$$

$$\frac{q}{C} + (R+r) \cdot \frac{dq}{dt} + L\frac{d^2q}{dt^2} = 0$$

$$\frac{q}{LC} + \frac{(R+r)}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{d^2q}{dt^2} = 0$$

2 - L'expression $\frac{dE_T}{dt} = f(R, r, et, i)$:
On a $\frac{dE_T}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}\right)$

$$= L \cdot i\frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt} \cdot q(t)$$

$$= L \cdot \frac{dq}{dt} \times \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}\frac{dq}{dt} \times q(t)$$

$$= \left(L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q\right) \times \frac{dq}{dt}$$

$$= -(R+r)\left(\frac{dq}{dt}\right)^2 = -(R+r)i^2$$

3 - Montrons que $U_0 = -\frac{L}{R}\left(\frac{dU_R}{dt}\right)_{t=0}$:
On a d'après la loi d'additivité des tensions :

$$L \cdot \frac{di}{dt} + R_t i + u_C = 0$$

$$\frac{L}{R}\frac{dU_R}{dt} + \frac{R_t u_R}{R} + u_C = 0$$

On a d'après la figure 5 à $t = 0$, $u_R = 0$ et $u_C = U_0$

$$\text{donc} \quad \frac{L}{R}\left(\frac{dU_R}{dt}\right)_{t=0} + U_0 = 0 \implies -\left(\frac{dU_R}{dt}\right)_{t=0}\frac{L}{R} = U_0$$

$$U_0 = -\frac{L}{R}\left(\frac{dU_R}{dt}\right)_{t=0}$$

Graphiquement $U_0 = -\frac{0,6}{40}(-800) = 12\,\text{V}$ car $\left(\frac{\Delta U_R}{\Delta t}\right)_{t=0} = \frac{0-2}{2,5\times10^{-3}-0} = -800\,\text{V/s}$

4/ Énergie dissipée par effet Joule entre $t = 0$ et t_1 :
On a $E_T = E_m + E_e$

$$|E_j| = |E_T(t_1) - E_T(t_0)|$$

Avec $E_T(t_1) = \frac{1}{2}C\left(u_C(t_1)\right)^2 + \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}C\left[\frac{L}{R}\frac{dU_R}{dt} + \frac{r+R}{R}U_R\right]^2 + \frac{1}{2}L\cdot\frac{U_R^2}{R^2}$
À t_1, on a $U_R = -0,15\,\text{V}$ et $\frac{dU_R}{dt} = 0$, donc :

$$E_T(t_1) = \frac{1}{2}C\left[\frac{L}{R}\times 0 + \frac{(r+R)^2}{R^2}\cdot(-0,15)^2\right] + \frac{1}{2}\times 0,6\times\frac{(-0,15)^2}{40^2}$$

$$E_T(t_1) = \frac{1}{2}\times 10^{-5}\times\left(\frac{8+40}{40}\right)^2\times(-0,15)^2 + \frac{1}{2}\times 0,6\times\frac{(-0,15)^2}{40^2}$$

$$E_T(t_1) = 4,68\times10^{-5}\,\text{J}$$

D'autre part, à $t = 0$:

$$E_T(t=0) = \frac{1}{2}C\cdot U_c^2(t=0) \quad \text{car } u_R = 0 \text{ donc } i = 0$$

$$E_T(t=0) = \frac{1}{2}\times C\cdot U_0^2 = \frac{1}{2}\times10^{-5}\times12^2 = 7,2\times10^{-4}\,\text{J}$$

D'où :

$$|E_j| = |4,68\times10^{-5} - 7,2\times10^{-4}|$$

$$|E_j| = 6,7\times10^{-4}\,\text{J}$$

EXERCICE 3

I - 1ř : coefficient de frottement tg(φ)
On a d'après la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} = m\cdot\vec{a}_G$$

Projection sur ox :

$$P_x + R_{Nx} + f_x = m\cdot a_x$$
$$mg\sin(\alpha) - f = m\cdot a_x$$

$$f = m\left[g\sin(\alpha) - a_x\right]$$

Projection sur oy :

$$R_{Ny} + P_y + f_y = m \cdot a_y$$
$$R_N - \cos(\alpha) \times mg = 0$$

$$R_N = mg\cos(\alpha)$$

$$\text{tg}(\varphi) = K = \frac{f}{R_N} = \frac{g\sin(\alpha) - a_x}{g\cos(\alpha)}$$

I - 2) à $t_B = 10\,\text{s}$

On a :

$$R = \sqrt{R_N^2 + f^2} = \sqrt{R_N^2 + R_N^2 \cdot \text{tg}^2(\varphi)}$$

$$R = R_N\sqrt{1 + \text{tg}^2(\varphi)}$$

$$= mg\cos(\alpha)\sqrt{1 + \text{tg}^2(\varphi)}$$

On a $v = a \cdot t_B + v_0 \implies a = \frac{v_B}{t_B} = \frac{20}{10} = 2\,\text{m/s}^2$

$$\text{tg}(\varphi) = \frac{10 \times \sin(20) - 2}{10 \times \cos(20)} = 0,15$$

D'où :

$$R = 80 \times 9,8 \times \cos(20)\sqrt{1 + (0,15)^2} = 744,96\,\text{N}$$

II - Étape de saut

II - 1) Mq $\begin{cases} x(t) = V_c\cos(\alpha)t - 15 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_c\sin(\alpha) \cdot t \end{cases}$

D'après la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} = m\vec{a}_G$$

$$m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{g} = \vec{a}_G \implies a_y = -g$$

$$\begin{cases} a_x = 0 \implies \frac{dv_x}{dt} = 0 \implies v_x = c_1 = V_c\cos(\alpha) \\ a_y = -g \implies \frac{dv_y}{dt} = -g \implies v_y(t) = -gt + c_2 = -gt + V_c\sin(\alpha) \end{cases}$$

Donc :

$$v_x = \frac{dx}{dt} \implies x(t) = V_c\cos(\alpha)t + x_0 \implies$$

$$\boxed{x(t) = V_c\cos(\alpha)t - 15}$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} \implies y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_c\sin(\alpha)t + y_0 \implies$$

$$\boxed{y(t) = -\tfrac{1}{2}gt^2 + V_c\sin(\alpha)t}$$

II - 2 - Les coordonnées du sommet de S

$$v_y(t_s) = 0 \implies -gt_s + V_c\sin(\alpha) = 0 \implies t_s = \frac{V_c\sin(\alpha)}{g}$$

$$t_s = \frac{16,27 \times \sin(20)}{10} = 0,556\,\text{s}$$

$$x_s = 16,27\cos(20) \times 0,556 - 15 = -6,5\,\text{m}$$

$$y_s = -\frac{10}{2} \times 0,55^2 + 16,27\sin(20) \times 0,55$$

$$= -5 \times 0,55^2 + 3 = +1,5\,\text{m}$$

II - 3ř -

On a $y_D = 0 \implies -\frac{g}{2}t_D^2 + V_c\sin(\alpha)t_D = 0$

$$t_D\left(-\frac{g}{2}t_D + V_c\sin(\alpha)\right) = 0$$

$$t_D = \frac{2V_c\sin(\alpha)}{g}$$

Donc :

$$x_D = V_c\cos(\alpha) \times \frac{2V_c\sin(\alpha)}{g} - 15$$

$$x_D = \frac{V_c^2\sin(2\alpha)}{g} - 15$$

Pour que le skieur ne tombe pas dans le lac, il faut donc que $x_D = 0$:

$$\frac{V_{c_{min}}^2 \sin(2\alpha)}{g} = 15$$

$$V_{c_{min}} = \sqrt{\frac{15g}{\sin(2\alpha)}}$$

$$V_{c_{min}} = \sqrt{\frac{15 \times 9,8}{\sin(2 \times 20)}} = 15,2\,\text{m/s}$$

المملكة المغربية
ⵜⴰⴳⵍⴷⵉⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⴱ
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأولي والرياضة
ⵜⴰⵎⴰⵡⴰⵙⵜ ⵏ ⵓⵙⴳⵎⵉ ⴰⵏⴰⵎⵓⵔ
ⴷ ⵓⵙⵙⵍⵎⴷ ⴰⵎⵣⵡⴰⵔⵓ ⴷ ⵜⵓⵏⵏⵓⵏⵜ
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

الإمتحان الوطني الموحد للبكالوريا

المسالك الدولية

الامتحان التجريبي رقم 1 دورة 2025

– الموضوع –

ⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍⵍ-ⵍⵍⵍ

NS 28F

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الانجاز	3h
الشعبة	شعبة العلوم التجريبية : مسلك العلوم الفيزيائية ـ خيار فرنسية	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifiques non programmable est autorisé.

On donnera les expression littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte quatre exercices :

Exercice 1 (7 points) :

- **Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le dibrome**
- **Étude d'une solution aqueuse de l'acide formique**

Exercice 2 (3 points) :

- **Propagation des ondes à la surface de l'eau**

Exercice 3 (4,75 points) :

- **La charge d'un condensateur par une source de tension continue;**
- **La charge d'un condensateur par une source idéale de courant ;**
- **La décharge d'un condensateur dans une bobine.**

Exercice 4 (5,25 points) :

- **Partie 1: Étude du mouvement de chute verticale d'une bille dans un liquide visqueux**
- **Partie 2: Étude du mouvement d'un système (cylindre-solide)**

Exercice 1: (7 points)

Les deux parties sont indépendantes:

L'acide formique (méthanoïque) est un liquide corrosif incolore secrété par les fourmis et d'autres insectes. Il est généralement employé dans les industries de papier et de textiles, dans la fabrication des insecticides ....

Le but de cet exercice est:

- Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le dibrome
- Étude d'une solution aqueuse de l'acide formique

Donnée :

- Toutes les mesures sont effectuées à 25°C
- Le produit ionique de l'eau $K_e = 10^{-14}$
- Le volume molaire gazeux dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24$ L.mol^{-1}.

1. Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le dibrome

En solution aqueuse, l'acide formique réagit lentement avec le dibrome selon l'équation suivante :

$$HCOOH_{(aq)} + Br_{2(aq)} \longrightarrow 2Br^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + CO_{2(\ g)}$$

La solution aqueuse de dibrome a une couleur rouge brun, alors que la solution d'acide bromhydrique $(H^+ + Br^-)$ est incolore.

A t = 0, un volume de $V_1 = 50$ mL d'une solution de dibrome de concentration molaire $C_1 = 0,024$ mol. L^{-1} est mélangé avec $V_2 = 50$ mL d'une solution d'acide formique de concentration molaire $C_2 = 0,03$ mol. L^{-1}.

1.1. Construire le tableau d'avancement, sachant que la réaction entre l'acide formique et le dibrome est totale. **(0,5 pt)**

1.2. Calculer l'avancement maximale de la réaction. **(0,5 pt)**

1.3. Une étude expérimentale à permis de tracer la courbe de l'évolution du volume de dioxyde de carbone formé au cours du temps, figure 1.

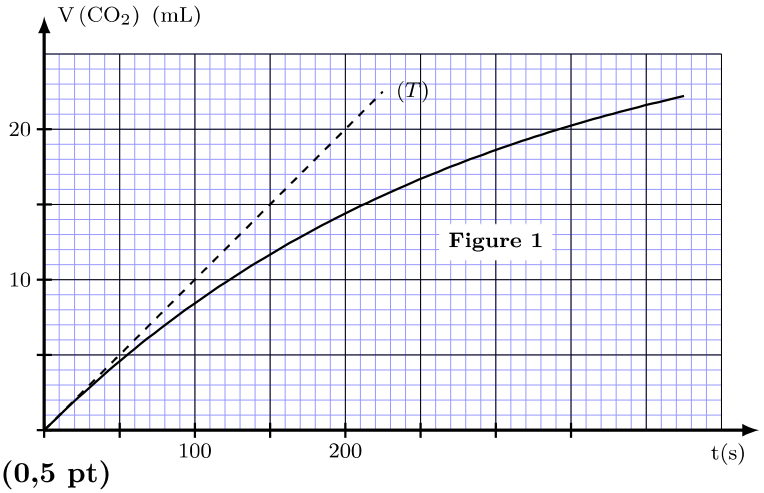


Figure 1

1.3.1. Montrer la relation suivante :
$x(t) \approx 4,17 \cdot 10^{-5} \cdot V(CO_2)_t$;
où $x(t)$ est l'avancement de la réaction à un instant t en mol et $V(CO_2)_t$ est le volume de CO_2 formé au même instant t exprimé en mL. **(0,5 pt)**

1.3.2. Déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. **(0,5 pt)**

1.3.3. Calculer en mol.L^{-1}.s^{-1} la vitesse volumique de la réaction à t=0. et expliquer l'évolution de la vitesse volumique au cours de temps. **(0,75 pt)**

2. Étude d'une solution aqueuse de l'acide formique

On considère une solution (S_a) d'acide méthanoïque de volume V et de concentration molaire $C_a = 10^{-2}$ mol $\cdot$ L^{-1}. La mesure du pH de cette solution donne : pH = 2,9.

On modélise la réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau par l'équation suivante :

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(aq)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2.1. On définit les proportions des espèces basique $HCOO^-$ et acide HCOOH dans une solution respectivement par : $\alpha(HCOO^-) = \dfrac{[HCOO^-]}{[HCOO^-] + [HCOOH]}$ et $\alpha(HCOOH) = \dfrac{[HCOOH]}{[HCOO^-] + [HCOOH]}$.

Montrer, en se basant sur le tableau d'avancement, que $\tau = \alpha(HCOO^-)$ **(0,75 pt)**

2.2. La courbe de la figure 2 représente l'évolution en fonction du pH de la proportion de l'une des formes basique ou acide (exprimée en pourcentage) du couple $HCOOH/HCOO^-$.

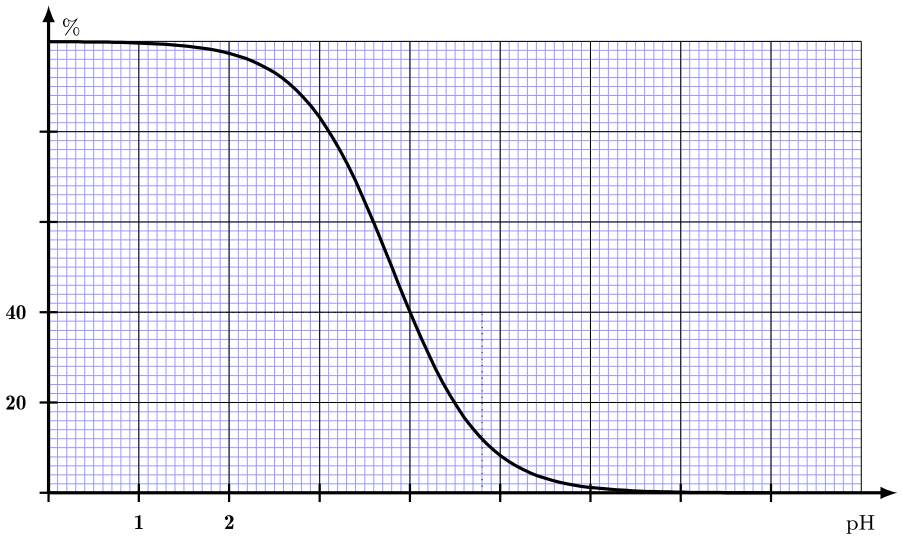


Figure 2

2.2.1. A quelle forme du couple $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$ est associée cette courbe? Justifier la réponse **(0,5 pt)**

2.2.2. En utilisant le graphe de la figure 2, identifier, en justifiant, l'espèce prédominante du couple $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$ dans la solution (S_a). et déduire la valeur de τ, **(0,75 pt)**

2.2.3. Montrer que lorsque $\alpha(HCOO^-) = 50\%$, $pH = pK_A$ et déduire la valeur de pK_A du couple $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$. **(0,75 pt)**

2.3. On mélange un volume V_a d'une solution d'acide formique de concentration molaire C_a avec un volume V_b d'une solution d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_b = C_a$. Le pH de la solution obtenue est pH=5,4.

2.3.1. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction qui se produit, Déduire? **(0,75 pt)**

2.3.2. En se basant sur le graphe de la figure 2, calculer la valeur du rapport $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$. Déduire parmi les espèces du couple $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$, l'espèce prédominante dans le mélange? **(0,75 pt)**

Exercice 2: Propagation des ondes à la surface de l'eau (3 points)

Les perturbations progressives crées à la surface de l'eau sont des ondes mécaniques. Selon les conditions expérimentales, leur propagation engendre des phénomènes différents. L'étude de ces phénomènes peut fournir des informations sur cette propagation et déterminer certaines de ses caractéristiques.

Cet exercice vise l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau dans deux situations différentes.

À l'aide d'un vibreur de fréquence réglable, on crée à l'instant $t_0 = 0$, en un point S de la surface de l'eau d'une cuve à ondes, des ondes progressives sinusoïdales. Ces ondes se propagent sans atténuation et sans réflexion. On règle la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 50$ Hz.

Le document de la figure (1), représente l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné.

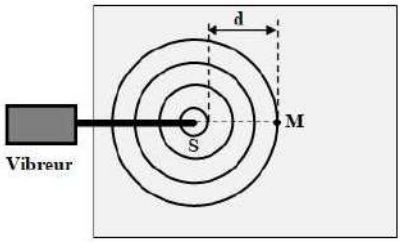


Figure 1

Donnée: $d = 15$ mm.

1. Définir une onde mécanique progressive. **(0,25 pt)**
2. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

2.1. La valeur de la longueur d'onde λ de l'onde qui se propage à la surface de l'eau est: **(0,5 pt)**

A	$\lambda = 15$ mm	**B**	$\lambda = 7,5$ mm	**C**	$\lambda = 5$ mm	**D**	$\lambda = 1,5$ mm

2.2. La valeur de la vitesse v de propagation de l'onde à la surface de l'eau est : **(0, 5 pt)**

A	$v = 0,75m \cdot s^{-1}$	**B**	$v = 0,35m \cdot s^{-1}$	**C**	$v = 0,25ms^{-1}$	**D**	$v = 0,15m \cdot s^{-1}$

2.3. On considère un point M de la surface de l'eau, tel que $SM = 17,5$ mm. L'élongation $y_M(t)$ du point M en fonction de l'élongation $y_s(t)$ de la source s'écrit : **(0, 5 pt)**

A	$y_M(t) = \mathrm{y}_s(t - 0,07)$	**B**	$y_M(t) = \mathrm{y}_s(t - 0,35)$	**C**	$y_M(t) = \mathrm{y}_s(t + 0,07)$	**D**	$y_M(t) = \mathrm{y}_s(t + 0,35)$

3. On règle la fréquence du vibreur sur la valeur $N' = 100$ Hz la longueur d'onde devient $\lambda' = 3$ mm. L'eau est-elle un milieu dispersif? Justifier. **(0, 5 pt)**

4. On règle à nouveau la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 50$ Hz et on place dans l'eau de la cuve un obstacle contenant une ouverture de largeur $a = 4,5$ mm (figure 2).

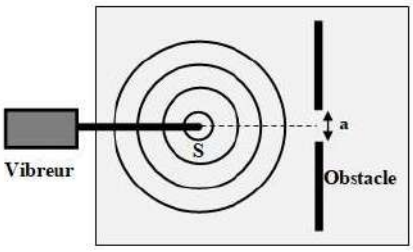


Figure 2

4.1. Nommer le phénomène qui se produit. **(0, 25 pt)**

4.2. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie. **(0, 5 pt)**

Les valeurs de la longueur d'onde et de la vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau lorsque l'onde dépasse l'ouverture sont :

A	$\lambda = 3$ mm $v = 0,15$ m $\cdot$ s^{-1}	**B**	$\lambda = 15$ mm $v = 0,10$ m $\cdot$ s^{-1}	**C**	$\lambda = 5$ mm $v = 0,20$ m $\cdot$ s^{-1}	**D**	$\lambda = 5$ mm $v = 0,25$ m $\cdot$ s^{-1}

Exercice 3 : (4,75 points)

Dans le cadre de la réalisation d'un projet scientifique, une enseignante encadrant dans un club scientifique, propose à ses élèves de s'assurer de la capacité C_0 d'un condensateur, du coefficient d'inductance L d'une bobine, de la résistance interne r du générateur et le taux d'influence de la résistance sur l'énergie électrique totale d'un circuit série RLC libre.

Dans cet exercice on étudie :

- La charge d'un condensateur par une source de tension continue;
- La charge d'un condensateur par une source idéale de courant ;
- La décharge d'un condensateur dans une bobine.

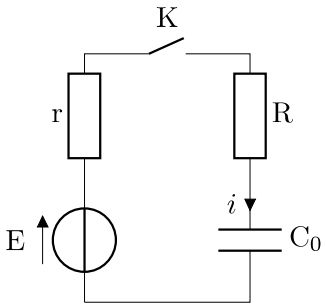


Figure 1

1. Charge d'un condensateur par une source de tension continue:

Un groupe des élèves réalise le circuit schématisé dans la figure 1 comportant :

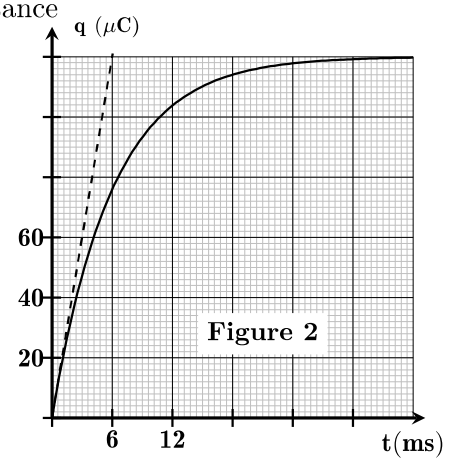
- Un condensateur de capacité C_0, initialement déchargé,
- Un générateur de tension de force électromotrice E = 12 V et de résistance interne r,
- Un résistor de résistance R = 590 Ω,
- Un interrupteur K.

A un instant t = 0 on ferme l'interrupteur K.

1.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par de la charge q(t) du condensateur. **(0, 5 pt)**

1.2. Déterminer les expressions de Q_m et τ en fonction de E, r, R et C_0, pour que la solution de l'équation différentielle soit: $q(t) = Q_m(1 - e^{-t/\tau})$. **(0, 5 pt)**

1.3. La courbe de la figure 2, représente les variation de la charge q(t) du condensateur ainsi visualisée.



1.3.1. Déterminer graphiquement Q_m et τ. **(0, 5 pt)**

1.3.2. Montrer que la valeur de la capacité du condensateur est: $C_0 = 10\mu F$ et déduire la valeur de r la résistance interne du générateur. (**0,5 pt**)

2. Charge d'un condensateur par un générateur idéal de courant :

Pour vérifier la valeur de C_0 du condensateur un deuxième groupe réalise le montage de la figure 3 comportant :

- Le condensateur de capacité C_0, initialement déchargé,
- Un générateur idéal de courant délivrant un courant d'intensité I_0,
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 590\Omega$,
- Un interrupteur K.

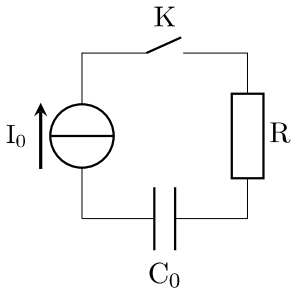


Figure 3

À la date t=0, on ferme l'interrupteur K et on enregistre, à l'aide d'un système informatique adéquat, l'évolution temporelle de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur (figure 4).

La mesure de la tension aux bornes du conducteur ohmique donne : $u_R = 0,1$ V.

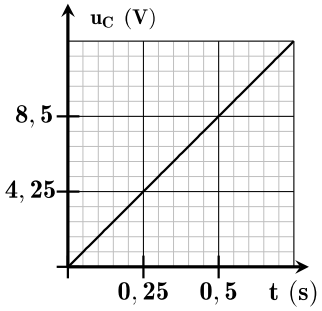


Figure 4

2.1. Calculer I_0 l'intensité débité par la source de courant. (**0,25 pt**)

2.2. Retrouver la valeur de la capacité C_0 du condensateur. (**0,5 pt**)

3. Pour obtenir des oscillations électriques libres, dans un circuit RLC, le deuxième groupe monte en série

- Le condensateur de capacité C_0 initialement chargé.
- Une bobine d'inductance L et de résistance interne r négligeable
- Un conducteur ohmique de résistance $R' = 90\Omega$.

Le suivi de l'évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur en fonction du temps, à l'aide d'un matériel informatique convenable, permet d'obtenir la courbe de la figure suivante.

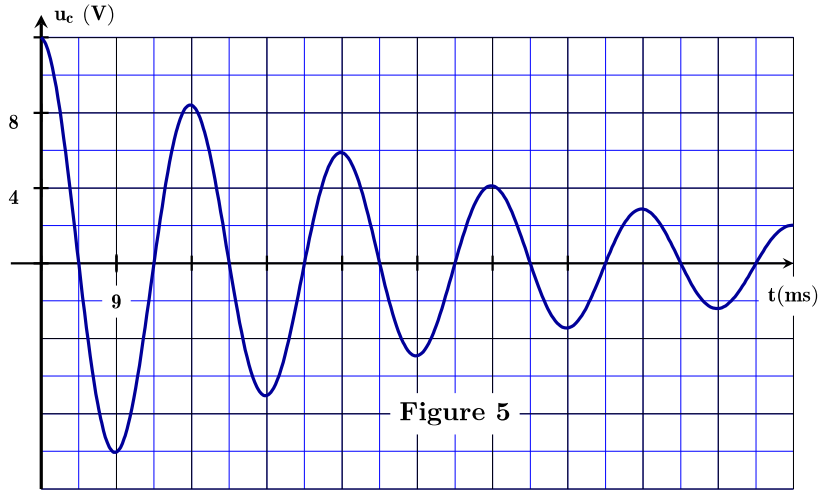


Figure 5

3.1. Représenter le schéma du dispositif expérimental, et montrer dessus, le branchement du système d'acquisition permettant de suivre $u_C(t)$. (**0,5 pt**)

3.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$. (**0,25 pt**)

3.3. Calculer la valeur de l'inductance L de la bobine, sachant que la valeur de la pseudo période est égale à celle de la période propre de l'oscillateur. (**0,5 pt**)

3.4. Déterminer ΔE_T la variation de l'énergie électrique totale du circuit RLC entre les instants $t = 0$ et $t = 2T$.(**0,5 pt**)

3.5. Justifier, du point de vue énergétique, l'influence de la résistance sur l'énergie électrique totale du circuit RLC série. (**0,25 pt**)

Exercice 4: (5,25 points)

Partie 1: Étude du mouvement de chute verticale d'une bille dans un liquide visqueux

On se propose d'étudier le mouvement de la chute verticale, avec frottement fluide, dans un liquide visqueux d'une bille homogène de masse m.
A l'aide d'une caméra numérique et d'un logiciel adéquat, on suit l'évolution de la vitesse du centre d'inertie G de la bille lors de sa chute verticale dans un liquide visqueux.
On étudie le mouvement de G dans un référentiel terrestre supposé galiléen.
On repère la position de G, à chaque instant t, par son ordonnée y sur l'axe vertical $(O, \vec{j})$ orienté vers le bas (figure 1).
Les forces de frottement fluide exercées sur la bille sont modélisées par la force :
$\vec{f} = -k.v.\vec{j}$; avec v la vitesse instantanée de G et k une constante positive.
On néglige la poussée d'Archimède par rapport aux autres forces exercées sur la bille.

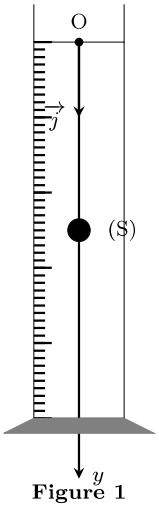


Figure 1

Données :

- Accélération de la pesanteur : $\mathrm{g} = 10\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$;
- $\mathrm{m} = 2,5 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{kg}$

1. En appliquant la deuxième loi de Newton sur la bille, montrer que l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G s'écrit :
$$\frac{\mathrm{dv}}{\mathrm{dt}} + \frac{\mathrm{k}}{\mathrm{m}}\mathrm{v} = \mathrm{g}. \quad \textbf{(0,5 pt)}$$
2. Trouver l'expression de la vitesse limite v_ℓ de G en fonction de g, m et k. **(0, 5 pt)**
3. La courbe de la figure 2 représente l'évolution de la vitesse v du centre d'inertie G de la bille.
Déterminer graphiquement la valeur de v_ℓ. **(0, 25 pt)**
4. Vérifier que, dans le système international d'unités, l'équation différentielle du mouvement de G s'écrit ainsi: $\frac{\mathrm{dv}}{\mathrm{dt}} = 10 - 6,67\mathrm{v}$. **(0, 5 pt)**
5. A l'aide des données du tableau ci-contre et de la méthode d'Euler, calculer :

5.1. L'accélération a_1 à l'instant t_1. **(0, 5 pt)**

5.2. La vitesse v_3 à l'instant t_3 sachant que le pas de calcul est: $\Delta\mathrm{t} = 0,015$ s. **(0, 5 pt)**

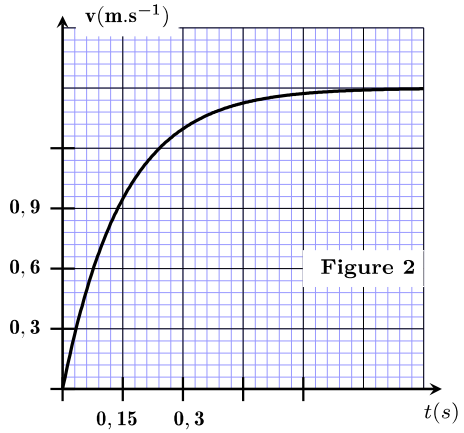


Figure 2

t	v $(\mathrm{m \cdot s^{-1}})$	a $(\mathrm{m \cdot s^{-2}})$
/	/	/
t_1	0,150	$\mathrm{a}_1 = \ldots$.
t_2	0,285	8,10
t_3	$\mathrm{v}_3 = \ldots$	/

Partie 2: Étude du mouvement d'un système (cylindre-solide)

Les cylindres tournants sont utilisés dans plusieurs appareils mécaniques et électromécaniques...
Dans cet exercice on étudie le mouvement d'un système mécanique formé par un cylindre et un corps solide.
Ce système est constitué d'un corps solide (S) de masse m et de centre d'inertie G accroché à un fil, inextensible et de masse négligeable, enroulé autour d'un cylindre (C) homogène de rayon R, tournant librement autour d'un axe (Δ) fixe et horizontal.
On note J_Δ le moment d'inertie du cylindre par rapport à l'axe (Δ).
Le mouvement de (S) entraine la rotation du cylindre (figure 3). Le fil ne glisse pas sur le cylindre au cours du mouvement.
On repère la position d'un point du cylindre, à chaque instant t, par son abscisse angulaire θ et le centre d'inertie G de (S) par sa cote z dans le repère $(O, \vec{k})$.

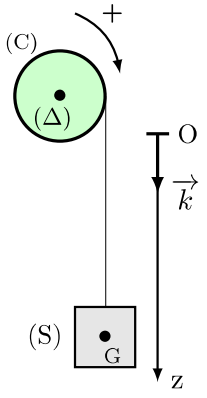


Figure 3

On étudie le mouvement du système dans un repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.
On néglige toute sorte de frottement pendant le mouvement du système.
On abandonne le système sans vitesse initiale et on choisit l'abscisse angulaire $\theta = 0$ à l'instant $t_0 = 0$.
Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentant la variation de la cote z du centre d'inertie G du solide (S) en fonction de t^2 (figure 2).
Données : $\mathrm{m} = 50\ \mathrm{g}; \mathrm{R} = 5\ \mathrm{cm}; \mathrm{g} = 10 \mathrm{m.s}^{-2}$

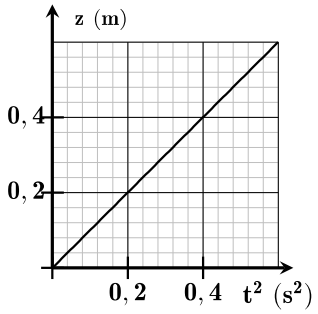


Figure 4

1. Déterminer, en justifiant la réponse, la nature du mouvement du solide (S)et déduire la valeur de son accélération **a**. (**0,5 pt**)
2. Déterminer l'instant t_1 auquel le solide (S) parcourt la distance $\mathrm{h} = 1$ m. (**0,5 pt**)
3. Calculer le nombre de tours effectués par le cylindre pendant la durée $\Delta t = t_1 - t_0$. (**0,5 pt**)
4. Par application de la $2^{\text{ème}}$ loi de Newton au solide (S) et la relation fondamentale de la dynamique au cylindre, montrer que : $J_\Delta = \dfrac{m \cdot R^2 \cdot (g - a)}{a}$. Calculer sa valeur. (**1 pt**)

CORRECTION DE L'EXAMEN BLANC

Partie I

1.1) T.A :

	$HCOOH$	$+$	Br_2	$\longrightarrow$	$2Br^- + 2H^+ + CO_2$		
Initial	C_2V_2		C_1V_1		0	0	0
Final	$C_2V_2 - x_m$		$C_1V_1 - x_m$		$2x_m$	$2x_m$	x_m

1.2) Calcul de x_m :

$$x_m = \min(C_1 \cdot V_1 \,;\, C_2V_2)$$
$$= \min(0,024 \times 50 \times 10^{-3} \,;\, 0,03 \times 50 \times 10^{-3})$$
$$= \min(1,2 \times 10^{-3}\,\text{mol} \,;\, 1,5 \times 10^{-3}\,\text{mol}) = 1,2 \times 10^{-3}\,\text{mol}.$$

1.3) 1) Expression de $x(t)$:

On sait que $n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m}$.
D'après T.A : $n(CO_2) = x$
Et on a $V_m = 24\,\text{L.mol}^{-1} = 24 \times 10^3\,\text{mL.mol}^{-1}$

D'où $x(t) = \frac{1}{24\times10^3} \cdot V(CO_2)$ $\boxed{x(t) = 4,17 \times 10^{-5}\,V(CO_2)}$

1.3.2. Valeur de $t_{1/2}$:

On a : $x(t) = 4,17 \times 10^{-5}\,V(CO_2)$
$x(t_{1/2}) = 4,17 \times 10^{-5}\,V(CO_2)_{t_{1/2}}$

$$V(CO_2)_{t_{1/2}} = \frac{x_m}{2 \times 4,17 \times 10^{-5}} = \frac{1,2 \times 10^{-3}}{2 \times 4,17 \times 10^{-5}}$$

$\boxed{V(CO_2)_{t_{1/2}} = 14,4\,\text{mL}}$

$\boxed{t_{1/2} = 200\,\text{s}}$

Graphiquement △ *on admet toutes les valeurs entre 200 s et 220 s*

1.3.3 - La vitesse volumique :

$$v(t) = \frac{1}{V_T}\frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_T}\frac{d(4,17 \times 10^{-5}V(CO_2))}{dt}$$

$$v(t) = \frac{4,17 \times 10^{-5}}{V_T} \cdot \frac{dV(\mathbf{CO_2})}{dt}$$

À $t = 0$:

$$v(t=0) = \frac{4,17 \times 10^{-5}}{100 \times 10^{-3}} \cdot \frac{20-0}{200-0}$$

$$v(t = 0) = 4,17 \times 10^{-5}\,\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

Partie II

2)

$HCOOH$	$+$	H_2O	$\rightleftharpoons$	$HCOO^-$	$+$	H_3O^+
C_aV		Excès		0		0
$C_aV - x_{eq}$		"		x_{eq}		x_{eq}

On sait : $\tau = \frac{x_{eq}}{x_m} \implies x_{eq} = \tau \cdot x_m$.
H_2O en excès et on considère que la réaction est totale donc HCOOH est le réactif limitant d'où :

$$x_m = C_aV \quad \text{alors} \quad x_{eq} = \tau \cdot C_a \cdot V$$

Et on a d'après T.A :

$$[HCOO^-] = [H_3O^+] = \frac{x_{eq}}{V} = \frac{\tau \cdot C_a \cdot V}{V} = \tau \cdot C_a$$

$$[HCOOH] = \frac{C_a \cdot V - x_{eq}}{V} = \frac{C_a \cdot V - \tau \cdot C_a \cdot V}{V} = C_a(1-\tau)$$

Alors

$$\alpha(HCOO^-) = \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH] + [HCOO^-]} = \frac{\tau \cdot C_a}{C_a - C_a\tau + \tau C_a} = \frac{\tau C_a}{C_a} = \tau$$

$$\boxed{\alpha(HCOO^-) = \tau}$$

2.2.1) La courbe de la figure représente la forme acide HCOOH (courbe 3) car la proportion de l'acide diminue avec l'augmentation de pH.

2.2.2) On a $pH = 2,9$.
Graphiquement $\alpha(HCOOH) = 86\% > 50\%$. △ *on admet toutes les valeurs entre 84% et 88%*
D'où l'acide HCOOH est l'espèce prédominante.
On a $\alpha(HCOO^-) = \tau$
Et on sait $\alpha(HCOO^-) + \alpha(HCOOH) = 100\%$.
D'où : $\tau = \alpha(HCOO^-) = 100 - 86 \approx 14\%$ △ *on admet toutes les valeurs entre 12% et 16%*

2.2.3) On sait que :

$$pH = pK_A + \log\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$$

Et on a : $[\text{HCOO}^-] = \alpha(\text{HCOO}^-) \cdot C_a$ et $[\text{HCOOH}] = \alpha(\text{HCOOH}) \cdot C_a$.

$$\text{D'où :} \quad pH = pK_A + \log\left(\frac{\alpha(\text{HCOO}^-) \cdot C_a}{\alpha(\text{HCOOH}) \cdot C_a}\right)$$

$$pH = pK_A + \log\left[\frac{\alpha(\text{HCOO}^-)}{\alpha(\text{HCOOH})}\right] = pK_A + \log\left(\frac{0,5}{0,5}\right)$$

D'où : $\boxed{pH = pK_A}$

Graphiquement pour $\alpha(\text{HCOOH}) = 50\%$: $\boxed{pH = pK_A = 3,8}$ △ *on admet toutes les valeurs entre 3,6 et 4*

2.3.1.

$$\text{HCOOH}_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{HCOO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$

$$K = \frac{[\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}][\text{HO}^-]} = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}][\text{HO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_A}{K_e}$$

$\boxed{K = \frac{10^{-3,8}}{10^{-14}} = 1,58 \times 10^{10}}$ △ *on admet toutes les valeurs entre* 10^{10} *et* $2,5 \times 10^{10}$

2.3.2. On a graphiquement : $\alpha(\text{HCOOH}) = 4\%$ et $[\text{HCOOH}] = \alpha(\text{HCOOH}) \cdot C_a$.

$$[\text{HCOO}^-] = \alpha(\text{HCOO}^-) \cdot C_a = [1 - \alpha(\text{HCOOH})] \cdot C_a$$

$$\frac{[\text{HCOOH}]}{[\text{HCOO}^-]} = \frac{\alpha(\text{HCOOH}) \cdot C_a}{[1 - \alpha(\text{HCOOH})] \cdot C_a} = \frac{\alpha(\text{HCOOH})}{1 - \alpha(\text{HCOOH})}$$

A.N :

$$\frac{[\text{HCOOH}]}{[\text{HCOO}^-]} = \frac{0,04}{1 - 0,04} = 4,17 \times 10^{-2} < 1$$

D'où HCOO^- est l'espèce prédominante.

[14pt]extarticle [utf8]inputenc [T1]fontenc [french]babel amsmath,amssymb,amsfonts geometry xcolor tikz

enumitem [locale=FR, per-mode=symbol, number-unit-product=]siunitx fancyhdr graphicx tcolorbox skins,breakable times

a4paper, margin=2cm

EXERCICE 2 : Ondes

1) Définition.

2) 1- $\lambda = 5\,\text{mm}$. **C)**

2.2. C. $v = 0,25\,\text{m/s}$

2.3. A. $Y_M(t) = Y_S(t - 0,07)$

3) $v' = \lambda' \cdot N' = 3 \times 10^{-3} \times 100 = 0,3\,\text{m/s} \neq v$
d'où la vitesse de propagation de l'onde dépend de la fréquence.
$\Rightarrow$ **L'eau est un milieu dispersif.**

4.1. Phénomène de diffraction.

4.2. D $\lambda = 5\,\text{mm}$ et $v = 0,25\,\text{m.s}^{-1}$

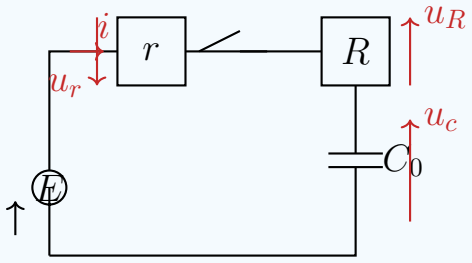
EXERCICE 3 : Électricité

1.1)
D'après la loi des mailles :

$$u_c + u_R + u_r = E$$

$$\frac{q}{C_0} + R \cdot i + r \cdot i = E$$

$$\boxed{q + (R + r)C_0\frac{dq}{dt} = C_0E}$$



1.2) on a : $q(t) = Q_m\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

$$\frac{dq}{dt} = +\frac{Q_m}{\tau}e^{-t/\tau}$$

on remplace dans l'éq diff : $Q_m - Q_m e^{-t/\tau} + (R + r)C_0\frac{Q_m}{\tau}e^{-t/\tau} = C_0E$

$$Q_m + Q_m e^{-t/\tau}\left(-1 + \frac{(R + r)C_0}{\tau}\right) = C_0E$$

Alors : $\boxed{Q_m = C_0E}$ et $-1 + \frac{(R+r)C_0}{\tau} = 0 \Longrightarrow \boxed{\tau = (R + r)C_0}$

1.3.1 - $Q_m = 120\,\mu\text{C}$ et $\tau = 6\,\text{ms}$.

1.3.2 . on a : $Q_m = C_0 E$

$$C_0 = \frac{Q_m}{E} = \frac{120 \times 10^{-6}}{12} = 10 \times 10^{-6}\,\text{F}$$

$$\boxed{C_0 = 10\,\mu\text{F}}$$

et on a : $\tau = (R + r)C_0$

$$r = \frac{\tau}{C_0} - R = \frac{6 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-6}} - 590$$

$$\boxed{r = 10\,\Omega}$$

2.1 - $u_R = R \cdot I_0 \Longrightarrow$ $\boxed{I_0 = \frac{u_R}{R} = \frac{0{,}1}{590} = 1{,}7 \times 10^{-4}\,\text{A}}$ $= 170\,\mu\text{A}$

2.2 - on a : $q = C_0 \cdot u_c$ et $I_c = \frac{q}{t} = \frac{C_0 u_c}{t}$

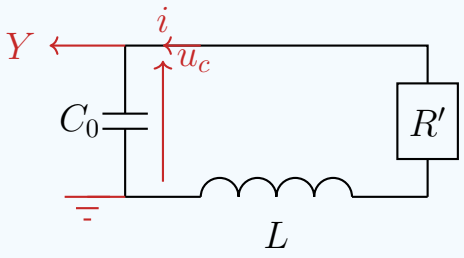
d'où : $C_0 = \frac{I_0 \cdot t}{u_c}$

Graphiquement pour : $t = 0{,}5\,\text{s}$ on trouve $u_c = 8{,}5\,\text{V}$

d'où : $C_0 = \frac{1{,}7 \times 10^{-4} \times 0{,}5}{8{,}5} = 10^{-5}\,\text{F}$

d'où : $\boxed{C_0 = 10\,\mu\text{F}}$

3.1 - Schéma :



3.2. L'équation différentielle :

$$u_c + u_{R'} + u_L = 0$$

$$u_c + R'i + L\frac{di}{dt} = 0$$

$$i = C\frac{du_c}{dt}$$

d'où : $\boxed{u_c + R'C\frac{du_c}{dt} + LC\frac{d^2u_c}{dt^2} = 0}$

3.3 - $T_0 \approx T$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$T^2 = 4\pi^2 LC$$

d'où : $\boxed{L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}}$

AN : $L = \frac{(18\times10^{-3})^2}{4\pi^2\times10\times10^{-6}}$

$$\boxed{L = 0,82\,\text{H}}$$

3.4. $\Delta E_T = E_T(t_2) - E_T(t_0)$

$$E_T = \frac{1}{2}Cu_c^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

à $t = 0$: $i(0) = 0$ et $u_c(0) = 12\,\text{V}$
à $t = 2T$: $i(2T) = 0$ et $u_c(2T) = 6\,\text{V}$

$$\Delta E_T = \frac{1}{2}C\left(u_c^2(2T) - u_c^2(0)\right)$$

$$= \frac{1}{2}\times10^{-5}\left(6^2 - 12^2\right)$$

$$\boxed{\Delta E_T = -5,4\times10^{-4}\,\text{J}}$$

3.5) L'énergie totale diminue au cours du temps grâce à la dissipation par effet de Joule dans la résistance.

EXERCICE 4 : Mécanique

Partie 1 :

1) Bilan des forces exercées sur la bille :

– Le poids $\vec{P}$

– La force de frottement fluide : $\vec{f}$

D'après la 2ème loi de Newton :

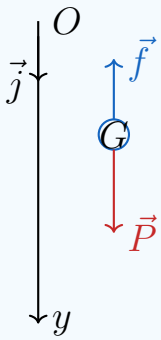
$$\vec{P} + \vec{f} = m\vec{a}$$

Projection sur (oy) : $P_y + f_y = m \cdot a_y$

$$P - f = m \cdot a$$

$$mg - k \cdot v = m\frac{dv}{dt}$$

d'où : $\boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g}$



2) Dans le régime permanent $v = \text{cte} \implies \frac{dv}{dt} = 0$
alors d'après l'éq diff : $\frac{k}{m}v_\ell = g$

$$\boxed{v_\ell = \frac{mg}{k}}$$

3) $\boxed{v_\ell = 1,5\,\text{m/s}}$

4) on a : $g = 10\,\text{m/s}^2$
et $v_\ell = \frac{mg}{k}$ d'où $\frac{k}{m} = \frac{g}{v_\ell} = \frac{10}{1,5} \simeq 6,67\,\text{s}^{-1}$
Finalement l'éq diff devient :

$$\frac{dv}{dt} + 6,67v = 10$$

alors : $\frac{dv}{dt} = 10 - 6,67v$

5.1. on a : d'après l'éq diff :

$$a_i = 10 - 6,67v_i$$

alors : $a_1 = 10 - 6,67v_1$

$$= 10 - 6,67 \times 0,15$$

$$a_1 \simeq 9\,\text{m/s}^2$$

5.2. on sait : $v_{i+1} = a_i\Delta t + v_i$

$$v_3 = a_2\Delta t + v_2$$

AN : $v_3 = 8,10 \times 0,015 + 0,285$

$$v_3 = 0,4\,\text{m/s}$$

Partie 2 :

1 - $z(t) = f(t^2)$ est une fonction linéaire alors

$$a = \frac{d^2z}{dt^2} = \text{cte}$$

d'où le mouvement de (S) est un mouvement rectiligne uniformément varié.
D'après l'équation horaire de mvt :

$$z(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + z_0$$

$v_0 = 0$ le système sans vitesse initiale.

$$\Longrightarrow\ z(t) = \frac{1}{2}at^2 \ \Longrightarrow\ a = \frac{z \cdot 2}{t^2} = \frac{0,4 \times 2}{0,4}$$

$$\boxed{a = 2\,\text{m/s}^2}$$

2) on a : $z(t) = \frac{1}{2}at^2$.
à $t = t_1$: $z = h$

d'où $h = \frac{1}{2}at_1^2 \Longrightarrow$ $\boxed{t_1 = \sqrt{\frac{2h}{a}}}$

AN : $\boxed{t_1 = \sqrt{\frac{2\times1}{2}} = 1\,\text{s}}$

3) - $\Delta\theta = 2\pi n \Longrightarrow n = \frac{\Delta\theta}{2\pi}$.
et on a l'équation horaire de mouvement pour le cylindre

$$\theta(t) = \frac{1}{2}\ddot{\theta}t^2 + \theta_0 \quad (\dot{\theta}_0 = 0 \text{ le système abandonné sans vitesse initiale})$$

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = \frac{1}{2}\ddot{\theta} \cdot t^2$$

d'où : $\boxed{n = \frac{\ddot{\theta}\cdot t_1^2}{4\pi}}$ avec $\ddot{\theta} = \frac{a}{R}$

Alors : $n = \frac{a \cdot t_1^2}{4\pi R}$

AN : $n = \frac{2 \times 1^2}{4\pi \times 0{,}05} = 3{,}18\,\text{tr}$

4)

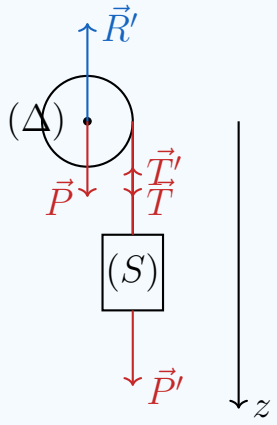
Système étudié { cylindre }
Bilan des forces :

- $\vec{P}$: Le poids du cylindre.
- $\vec{R'}$: Réaction de l'axe de rotation.
- $\vec{T}$: Tension du fil.

D'après RFD : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R'}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) = J_\Delta \ddot{\theta}$ (1)
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{R'}) = 0.$
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) = T \cdot R$ et $\ddot{\theta} = \frac{a}{R}$
on remplace dans (1) on obtient :

$$0 + 0 + T \cdot R = J_\Delta \cdot \frac{a}{R}$$

alors $T \cdot R^2 = J_\Delta \cdot a$ (2)



Bilan des forces exercées sur le solide (S) :

- $\vec{P'}$: Le poids de (S)
- $\vec{T'}$: Tension du fil sur (S)

D'après la 2ème loi de Newton : $\vec{P'} + \vec{T'} = m\vec{a}$
Projection sur (oz) : $mg - T = ma$

$$mgR^2 - T \cdot R^2 = mR^2 a \quad (3)$$

on remplace (2) dans (3) :

$$mgR^2 - J_\Delta a = mR^2 a$$

$$J_\Delta \cdot a = mgR^2 - mR^2 a = mR^2(g - a)$$

d'où : $J_\Delta = \frac{mR^2(g-a)}{a}$

AN : $J_\Delta = \frac{50\times10^{-3}\times0{,}05^2\times(10-2)}{2}$

$$J_\Delta = 5 \times 10^{-4}\,\text{kg.m}^2$$

من انجاز ذ.
محمد سعيد

امتحان وطني تجريبي رقم 8 للبكالوريا

المسالك الدولية

الدورة العادية 2024

- الموضوع -

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	المعامل	7

INSTRUCTIONS GENERALES

- L'utilisation de la calculatrice non programmable est autorisée ;
- Le candidat peut traiter les exercices de l'épreuve suivant l'ordre qui lui convient ;
- L'utilisation de la couleur rouge lors de la rédaction des solutions est à éviter.

COMPOSANTES DU SUJET

L'épreuve est composée de quatre exercices indépendants entre eux et répartis suivant les domaines comme suit :

Exercice 1	Chimie	7 points
Exercice 2	Nucléaire	3 points
Exercice 3	Électricité	5points
Exercice 4	Mécanique	5points

Chimie :

Partie I :Solution aqueuse d'acide butanoïque

L'acide butanoïque de formule $\mathbf{C_3H_7CO_2H}$, est l'un des composés responsables de l'odeur très forte et du goût piquant de certains fromages et beurres rances. Il est présent dans les huiles végétales et les graisses animales.
Cet exercice vise :
- l'étude d'une solution aqueuse d'acide butano que ;
- la détermination du pourcentage d'acide butanoïque dans un beurre.

Donnée :
- La masse molaire de l'acide butano que : $M\left(\mathbf{C_3H_7CO_2H}\right) = 88\ \mathbf{g.mol^{-1}}$
- Les conductivités molaires ioniques :

$\lambda\left(\mathbf{C_3H_7COO^-}\right) = 3,58\mathbf{mS\cdot m^2\cdot mol^{-1}}$ et $\lambda\left(\mathbf{H_3O^+}\right) = 35,0\mathbf{mS\cdot m^2\cdot mol^{-1}}$

I-Étude de la solution aqueuse d'acide butanoïque :

On prépare, à $\mathbf{25°C}$, une solution aqueuse (S_0) d'acide butanoïque de concentration molaire $C_0 = \mathbf{10^{-2}\ mol\cdot L^{-1}}$. La mesure du **pH** de la solution (S_0) a donné la valeur $pH = 3,42$.

0.5 (1) Dresser le tableau d'avancement de la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau.

0.5 (2) Calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction. Conclure.

0.5 (3) Trouver l'expression de la constante d'acidité $\mathbf{K_A}$ du couple $\mathbf{C_3H_7CO_2H_{(aq)}/C_3H_7CO^-_{2(aq)}}$ en fonction de $\mathbf{C}_A$ et τ. Montrer que $pK_A \approx 4,82$.

1 (4) On dilue un volume $V_0 = \mathbf{10\ mL}$ de la solution S_0 en ajoutant un volume V_e d'eau distillée. On obtient ainsi une solution S_1 de concentration molaire C_1. La mesure de la conductivité de S_1 donne $\sigma_1 = 4,45\mathbf{mS\cdot m^{-1}}$. Montrer que $C_1 \approx \mathbf{10^{-3}\ mol\cdot L^{-1}}$ et déduire la valeur $\mathbf{V_e}$,

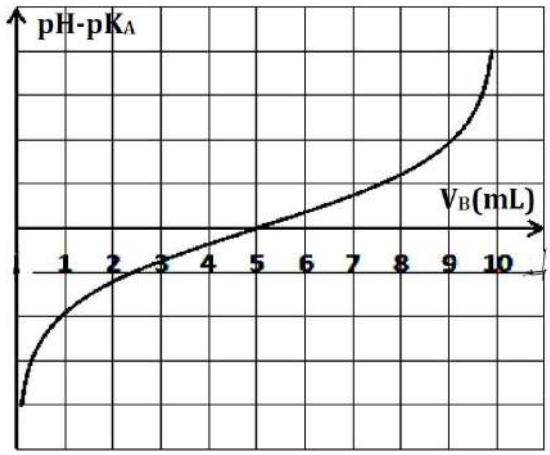
II -Détermination du pourcentage d'acide butanoïque dans un beurre :

Un beurre est rance si le pourcentage en masse d'acide butanoïque qu'il contient est supérieur à $\mathbf{4\%}$, c'est-à-dire qu'il y a plus de **4 g** d'acide butanoïque dans **100 g** de beurre.

Dans un bécher, on introduit $m_b = \mathbf{10,0\ g}$ de beurre fondu auquel on ajoute de l'eau distillée. On agite afin de dissoudre dans l'eau la totalité de l'acide butanoïque $\mathbf{C_3H_7CO_2H}$ présent dans le beurre. On obtient une solution aqueuse (S_A) d'acide butanoïque de concentration molaire C_A et de volume $V = 1,0L$.

On dose le volume $V_A = \mathbf{10,0\ mL}$ de la solution (S) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$de concentration molaire $C_B = \mathbf{4,0.10^{-3}\ mol\cdot L^{-1}}$.

Les mesures expérimentales ont permis de représenter les variations de $pH - pK_A$ en fonction de V_B



0.25 (1) Écrire l'équation de la réaction du dosage sachant qu'elle est totale.

0.5 (2) Montrer que **pH** du mélange avant l'équivalence s'écrit : $\mathbf{pH = pK_A - \log\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)}$

0.75 (3) A la demi-équivalence $\mathbf{V_B = \frac{V_{BE}}{2}}$, montrer que $\mathbf{pH = pK_A}$. puis déduire graphiquement la valeur de V_{BE}

0.5 (4) Calculer la valeur de C_A.

0.5 (5) Déterminer la masse de l'acide butanoïque présent dans la masse $m_b = \mathbf{10,0\ g}$ du beurre.
Le beurre étudié est-il rance ? Justifier.

Partie II :Étude de la pile plomb- fer

On étudie la pile plomb-fer qui fait intervenir les deux couples ox/red : $\mathbf{Pb^{2+}_{(aq)}/Pb_{(s)}}$ et $\mathbf{Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}}$.
On la constitue de deux compartiments liés par un pont salin.

• Le premier compartiment est constitué d'une lame de plomb plongée dans un volume $\mathbf{V = 100\ mL}$ d'une solution aqueuse de nitrate de plomb $\mathbf{Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3(aq)}}$ de concentration molaire initiale $\boldsymbol{C_1 = 1,0.10^{-3}}$ mol. $\mathbf{L^{-1}}$.

• Le deuxième compartiment est constitué d'une lame de fer plongée dans un volume V=100 **mL** d'une solution aqueuse de chlorure de fer (II) $\mathbf{Fe^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}}$ de concentration molaire initiale $\boldsymbol{C_2 = 4,0.10^{-2}\ mol.L^{-1}}$.

La partie immergée de la lame de fer dans la solution est en excès.

Données :

- Le faraday : $\mathbf{1\ F = 9,65 \cdot 10^4 C \cdot mol^{-1}}$;
- Masse molaire du plomb : $\mathbf{M(Pb) = 207\ g \cdot mol^{-1}}$.

On monte en série avec la pile un conducteur ohmique (D), un ampèremètre (A) et un interrupteur $\boldsymbol{K}$. À un instant de date $\boldsymbol{t_0 = 0}$, on ferme le circuit, l'ampèremètre indique alors le passage d'un courant électrique d'intensité $\mathbf{I_0}$ considérée constante.

On négligera l'oxydation des ions $\mathbf{Fe^{2+}_{(aq)}}$ par le dioxygène dissous dans l'eau. **Au** cours du fonctionnement de la pile, la masse de la lame de plomb a augmenté de 2,07 mg après une durée de fonctionnement $\mathbf{\Delta t = t_1 - t_0}$.

0.5 1) Donner le nombre d'affirmations fausses parmi les affirmations suivantes :

a) La réduction se produit au niveau de l'électrode de fer.

b) L'oxydation se produit au niveau de l'électrode de plomb.

c) La lame de fer représente la cathode et c'est le pôle négatif de la pile.

d) La lame de plomb représente l'anode et c'est le pôle négatif de la pile.

0.5 2) Écrire l'équation bilan lors du fonctionnement de la pile.

0.5 3) Déterminer à l'instant $\boldsymbol{t_1}$ le quotient de réaction lors du fonctionnement de la pile.

0.5 4) Sachant que l'intensité du courant est $\mathbf{I_0 = 2\ mA}$, trouver la valeur de l'instant $\mathbf{t_1}$.

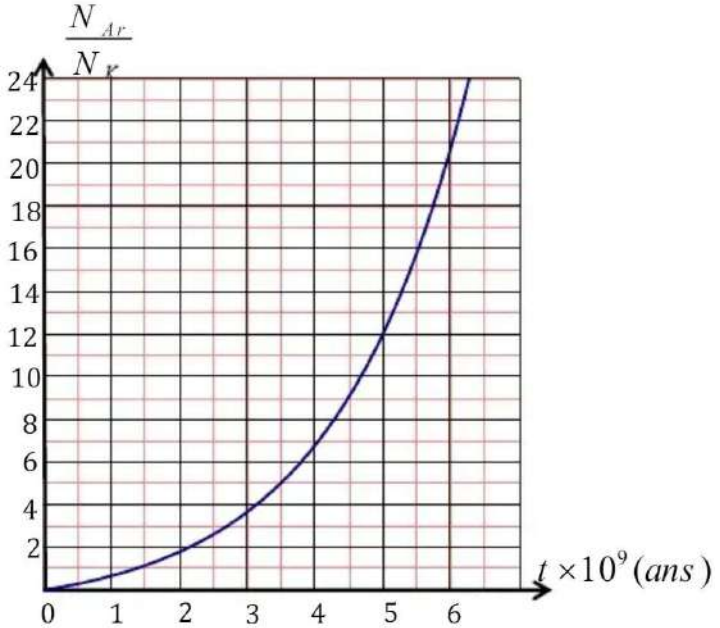
Physique :1

Les roches volcaniques contiennent du potassium $\mathbf{^{40}_{19}K}$ radioactif qui se transforme en argon $\mathbf{^{40}_{18}Ar}$ gazeux avec une demi-vie d'environ 1,4 milliards d'années. Au cours des siècles, l'argon 40 s'accumule alors que le potassium 40 disparait.

0.5 1) Écrire l'équation de la désintégration du potassium 40 en précisant le type de radioactivité émise.

0.25 2) La désintégration précédente peut s'accompagner de l'émission d'un rayonnement $\boldsymbol{\gamma}$. Quelle est la nature physique de ce rayonnement ? Expliquer son émission.

3) Le graphe ci-dessous donnant le rapport $\frac{\boldsymbol{N_{Ar}}}{\boldsymbol{N_K}}$ en fonction du temps :



0.25 (a) Énoncer la définition du temps de demi-vie $\mathbf{t_{1/2}}$.

0.5 (b) Trouver l'expression de $\frac{N_{Ar}}{N_K}$ en fonction de t et $t_{1/2}$.

0.5 (c) Trouver graphiquement la valeur de $t_{1/2}$.

(4) Lors d'une éruption volcanique, la lave dégaze : l'argon présent dans la lave s'échappe. À la date de l'éruption, la lave solidifiée ne contient plus d'argon antérieur à l'événement. L'analyse d'un échantillon de basalte trouvé auprès d'un volcan ancien permet de déterminer la date approximative de l'éruption.

0.25

Pour déterminer la date de formation des cailloux lunaires, d'origine volcanique, rapportés lors de l'expédition Apollon XI, l'analyse d'un échantillon de cailloux effectuée dans les conditions normales a donné $V = 8,1.10^{-3}\mathbf{mL}$ d'argon et $m = 1.67.10^{-6}$ g de potassium 40.

0.5 (a) En se basant sur la lois de décroissance radioactive montrer que : $t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(1 + \frac{V \cdot M(K)}{m \cdot V_m}\right)$

0.25 (b) Calculer l'âge de la roche.

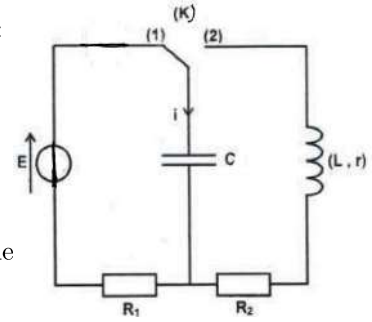
On donne :

- Le volume molaire : $V_m = 22,4 L.mol^{-1}$
- La masse molaire de $^{40}_{19}$K : $M\left(^{40}_{19}\text{K}\right) = 40\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Physique :2

On réalise le montage représenté dans la figure ci-contre et qui constitué de :

- ✓ un générateur de force électromotrice **E** ;
- ✓ un condensateur de capacité **C**
- ✓ une bobine de coefficient d'inductance **L** et de résistance r ;
- ✓ deux conducteurs ohmiques de résistances $R_1 = 200\Omega$ et $R_2 = 50\Omega$;
- ✓ un commutateur **K** à deux positions (1) et (2).



$I-$Le condensateur est initialement déchargé. À l'instant $\mathbf{t = 0}$, on place le commutateur **K** sur la position (1).

(1) Montrer que différentielle régissant l'évolution temporelle de la tension est de la forme :u_c

0.5
$$\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau}u_c = \frac{E}{\tau}$$

où $\tau = RC$ la constante de temps du circuit.

(2) Un dispositif d'acquisition de données permet de suivre l'évolution temporelle de la tension $\mathbf{u_c}$, de calculer $\frac{\mathbf{du_C}}{\mathbf{dt}}$ et de tracer la courbe $\frac{du_C}{dt} = f(u_c)$ donnée par la figure 5 .

0.75 (a) En exploitant la courbe de la figure 1 , déterminer la valeur de la constante de temps τ et celle de la f.e.m **E**.

0.25 (b) Déduire la valeur de la capacité **C**.

$II-$On bascule le commutateur **K** vers la position (2) à un instant pris comme nouvelle origine des temps.
Le dispositif d'acquisition de données enregistre alors la courbe de la figure 2 représentant l'évolution temporelle de la tension $\mathbf{u_c(t)}$ aux bornes du condensateur.

0.25 (1) Nommer le type d'oscillations observées. Préciser le régime des oscillations.

0.5 (2) Établir l'équation différentielle vérifie par la tension $\mathbf{u_c(t)}$ aux borne de condensateur.

0.5 (3) En admettant que la pseudo période est donnée à la même expression que la période propre du dipôle(L, C), déterminer l'inductance L de la bobine. (On prendra $\pi^2 = 10$))

0.5 (4) Préciser en le justifiant, la nature (électrique ou magnétique) de l'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit à l'instant de date $t_2 = 20$ ms. Déterminer sa valeur.

0.5 (5) Déduire la valeur de l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit entre les instants $t = 0$ et $t_2 = 20$ ms.

(6) Pour entretenir les oscillations, on monte en série avec le circuit RLC un générateur délivrant une tension d'expression $\mathbf{u_G(t) = R_0.i}$.

0.75 (a) Montrer que $\frac{dE_T}{dt} = -(R_2 + r - R_0)\, i^2$ avec $\mathbf{E_T}$, l'énergie totale de l'oscillateur électrique .

0.5 (b) on règle le paramètre $\mathbf{R_0}$ sur la valeur $\mathbf{R_0 = 61.2\Omega}$ pour avoir des oscillations sinusoïdales. retrouver la résistance **r** du conducteur ohmique.

Figure -1-

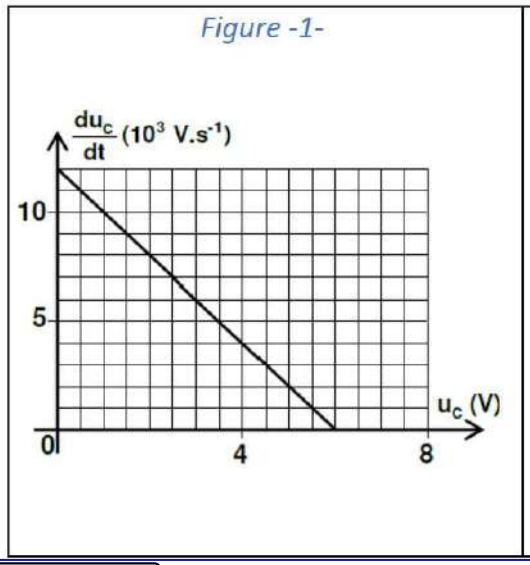
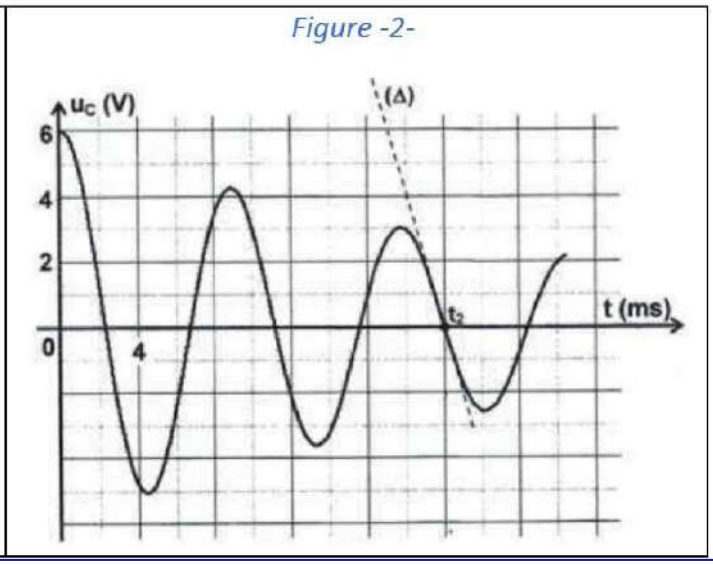


Figure -2-



Physique :3

Le pendule élastique représenté par la figure - 1 - est constitué par :

- Un ressort (R) à spires non jointives, d'axe horizontal, de masse négligeable et de raideur **k**.
- Un solide (S), supposé ponctuel, de centre d'inertie G et de masse $m = 40$ g.

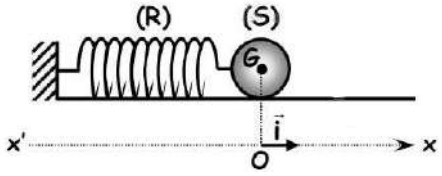


Figure -1-

I-Les frottements sont supposés négligeables :

Lorsque (S) est au repos, son centre d'inertie G occupe la position O origine d'un axe $x'Ox$ horizontal.
On écarte (S) de sa position d'équilibre 0 jusqu'au point d'abscisse $x_0 > 0$ et on le lâche sans vitesse initiale à un instant qu'on prendra comme origine des dates.
A une date t quelconque, le centre d'inertie G de (S) a une élongation x et une vitesse instantanée v.

0.5 (1) Établir l'équation différentielle que vérifie l'abscisse x. Déterminer la nature du mouvement de (S).

0.5 (2) Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $x(t) = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. déterminer l'expression de T_0

(3) On choisit comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur, le plan horizontal auquel appartient G_2 à l'équilibre, et comme état de référence de l'énergie potentielle d'élasticité, lorsque le ressort est non déformé.

0.5 (a) Tablier l'expression de l'énergie mécanique **E** du système { solide (S), ressort } en fonction de x, v, k et m.

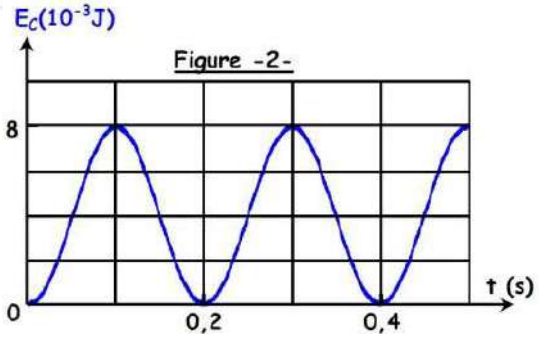
0.5 (b) Montrer que l'énergie mécanique E_m du système { solide (S), ressort (R)} est constante.

(4) La courbe de la figure-2 -, représente les variations de l'énergie cinétique $E_c(t)$ du solide (S) en fonction du temps. Déterminer la valeur de :

0.25 (a) La période propre T_0.

0.25 (b) La constante de raideur k du ressort (R). On prendra $\pi^2 = 10$.

0.5 (c) L'amplitude X_m des oscillations.



0.5 (5) Écrire l'équation horaire du mouvement.

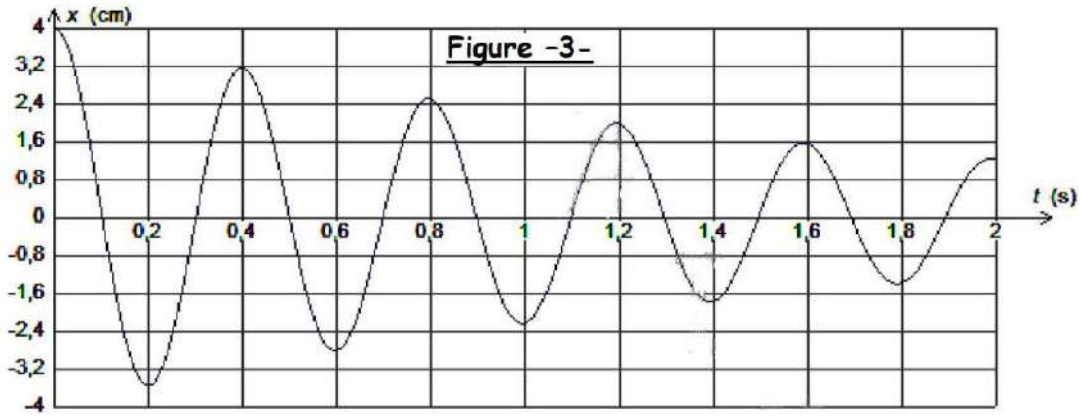
II -Les frottements ne sont plus négligeables :

A l'aide d'un dispositif approprié, on soumet maintenant le solide (S) à des frottements visqueux dont la résultante est $\vec{f} = -h \cdot \vec{v}$ où h est une constante positive et $\vec{v}$ la vitesse instantanée du centre d'inertie G de (S).

0.5 1 Établir l'équation différentielle que vérifie l'abscisse x.

0.5 2 Déduire que l'énergie mécanique E du système { solide (S), ressort (R)} n'est pas conservée au cours du temps.

0.5 3 L'enregistrement des différentes positions de G au cours du temps donne la courbe de la figure -3 -.



Déterminer la perte d'énergie entre les instants $t_1 = 0$ s et $t_2 = 4$ T. (T étant la pseudo-période).

CORRECTION : CHIMIE ET PHYSIQUE

CHIMIE

Partie 1 : Étude de l'acide C_3H_7COOH

1-1. Tableau d'avancement

Équation	$C_3H_7COOH + H_2O \rightleftharpoons C_3H_7COO^- + H_3O^+$				
État	**Avanc.**	**Quantité de matière (mol)**			
Initial	0	C_0V	Excès	0	0
En cours	x	$C_0V - x$	Excès	x	x
Équilibre	$x_{éq}$	$C_0V - x_{éq}$	Excès	$x_{éq}$	$x_{éq}$

1-2. Taux d'avancement final τ

$$\tau = \frac{x_{éq}}{x_m}$$

L'eau est en excès donc $x_m = C_0 \cdot V$. D'après le tableau d'avancement : $x_{éq} = n(H_3O^+)_{éq} = [H_3O^+]_{éq} \cdot V$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{éq} \cdot V}{C_0 \cdot V} = \frac{10^{-pH}}{C_0}$$

Application numérique :

$$\tau = \frac{10^{-3,42}}{5 \times 10^{-3}} \approx 0,076 < 1$$

Conclusion : La réaction est limitée.

1-3. Constante d'acidité K_A

$$K_A = \frac{[C_3H_7COO^-]_{éq} \cdot [H_3O^+]_{éq}}{[C_3H_7COOH]_{éq}}$$

D'après le tableau : $[C_3H_7COO^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq} = \tau \cdot C_0$
$[C_3H_7COOH]_{éq} = \frac{C_0V - x_{éq}}{V} = C_0 - [H_3O^+]_{éq} = C_0(1-\tau)$

$$K_A = \frac{(\tau \cdot C_0)^2}{C_0(1-\tau)} = \frac{\tau^2 \cdot C_0}{1-\tau}$$

$$K_A = \frac{(0,076)^2 \times (5 \times 10^{-3})}{1 - 0,076} \approx 3,12 \times 10^{-5}$$
$$pK_A = -\log(K_A) \approx 4,5$$

Conductivité et Dilution

1-4. Calcul de concentration via σ

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+]_{\text{éq}} + \lambda_{A^-}[A^-]_{\text{éq}} = [H_3O^+]_{\text{éq}}(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})$$

$$[H_3O^+]_{\text{éq}} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}} \times 10^{-3}$$

$$[H_3O^+] = \frac{4,45 \times 10^{-3}}{35 \times 10^{-3} + 3,58 \times 10^{-3}} \times 10^{-3} = 1,15 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Expression de C_1 :

$$K_A = \frac{[H_3O^+]_1^2}{C_1 - [H_3O^+]_1} \implies C_1 = \frac{[H_3O^+]_1^2}{K_A} + [H_3O^+]_1$$

Application : $C_1 = \frac{(1,15\times10^{-4})^2}{10^{-4,8}} + 1,15 \times 10^{-4} = 10^{-3}$ mol/L

Relation de dilution :

$$C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1 \implies V_1 = \frac{C_0 \cdot V_0}{C_1} = \frac{10^{-2} \times 10}{10^{-3}} = 100 \text{ mL}$$

Volume d'eau à ajouter : $V_1 = V_0 + V_e \iff V_e = V_1 - V_0 = 100 - 10 =$ 90 mL

Partie 2 : Titrage

2-1. Équation de la réaction

$$C_3H_7COOH + OH^- \longrightarrow C_3H_7COO^- + H_2O$$

2-2. Expression du pH pour $V_B < V_{BE}$ Le réactif limitant est OH^- donc $x = C_BV_B$.

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{[C_3H_7COO^-]}{[C_3H_7COOH]}\right)$$

$$[C_3H_7COO^-]_{\text{éq}} = \frac{C_BV_B}{V_A + V_B} \quad \text{et} \quad [C_3H_7COOH]_{\text{éq}} = \frac{C_AV_A - C_BV_B}{V_A + V_B}$$

À l'équivalence : $C_A V_A = C_B V_{BE}$.

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{C_B V_B}{C_B V_{BE} - C_B V_B}\right) = pK_A + \log\left(\frac{V_B}{V_{BE} - V_B}\right)$$

$$\boxed{pH = pK_A - \log\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)}$$

2-4. Concentration C_A À l'équivalence : $C_A V_A = C_B V_{BE}$

$$C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A} = \frac{4 \times 10^{-3} \times 10}{10} = \boxed{4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}$$

PHYSIQUE 1 : Transformations Nucléaires

Désintégration du Potassium 40

1. Équation de désintégration

$$^{40}_{19}K \longrightarrow ^{40}_{18}Ar + ^{A}_{Z}p$$

D'après les lois de Soddy :

— Conservation du nombre de masse : $40 = 40 + A \implies A = 0$

— Conservation du nombre de charge : $19 = 18 + Z \implies Z = 1$

La particule est un positron $^{0}_{1}e$ (β^+).

$$^{40}_{19}K \longrightarrow ^{40}_{18}Ar + ^{0}_{1}e$$

2. Rayonnement γ Le rayonnement γ est une radiation électromagnétique émise par le noyau fils excité.

3. Demi-vie et loi de décroissance 3-b. Rapport N_{Ar}/N_K

$$N_{Ar} = N_0 - N_K = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

$$\frac{N_{Ar}}{N_K} = \frac{N_0(1 - e^{-\lambda t})}{N_0 e^{-\lambda t}} = \frac{1}{e^{-\lambda t}} - 1 = e^{\lambda t} - 1$$

4. Calcul de l'âge t **(Roche volcanique)**

$$\frac{N_{Ar}}{N_K} = e^{\lambda t} - 1 \implies e^{\lambda t} = \frac{N_{Ar}}{N_K} + 1$$

$$\lambda t = \ln\left(1 + \frac{N_{Ar}}{N_K}\right) \implies t = \frac{1}{\lambda}\ln\left(1 + \frac{n(Ar)N_A}{n(K)N_A}\right)$$

Sachant que $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ et $n = \frac{V}{V_m}$ (gaz) et $n = \frac{m}{M}$ (solide) :

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(1 + \frac{V \cdot M(K)}{m \cdot V_m}\right)$$

Application numérique :

$$t = \frac{1,351 \times 10^9}{\ln 2} \times \ln\left(1 + \frac{8,1 \times 10^{-3} \times 40}{1,67 \times 10^{-3} \times 22,4}\right)$$

$$t = 4,42 \times 10^9 \text{ ans}$$

PHYSIQUE 2 : Électricité (Dipôles RC et RLC)

1. Étude du dipôle RC

Équation différentielle vérifiée par u_C : D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_C + u_{R_1} = E$$

D'après la loi d'Ohm $u_{R_1} = R_1 \cdot i$ et la relation intensité-charge $i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

$$u_C + R_1 \cdot C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E$$

En divisant par $R_1 \cdot C$:

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{R_1 C}u_C = \frac{E}{R_1 C}$$

On pose $\tau = R_1 C$:

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}u_C = \frac{E}{\tau}$$

Détermination graphique de τ et C : À $t = 0$, $\left(\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right)_0 = \frac{E}{\tau} \implies \tau = \frac{E}{\left(\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right)_0}$

$$\tau = \frac{6}{12 \times 10^3} = 0,5 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

Capacité C :

$$\tau = R_1 C \implies C = \frac{\tau}{R_1} = \frac{5 \times 10^{-4}}{200} = 2,5 \times 10^{-6}\ \text{F}$$

2. Régime Pseudo-Périodique (RLC)

D'après la loi d'additivité des tensions dans le circuit RLC :

$$u_L + u_{R_1} + u_C = 0$$

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + r \cdot i + R_1 \cdot i + u_C = 0$$

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + i(r + R_1) + u_C = 0$$

Or $i = C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ et $\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = C\frac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2}$. En remplaçant :

$$LC\frac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} + C(R_1 + r)\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = 0$$

3. Calcul de l'inductance L

On a $\Delta t = 3T \iff T = \frac{\Delta t}{3} = \frac{26}{3} = 8,66$ ms

$$T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$T^2 = 4\pi^2 LC$$

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} = \frac{(8,66 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 2,5 \times 10^{-6}} = 0,75 \text{ H}$$

4. Énergie totale à $t = 20$ ms

À $t = 20$ ms, on a $\begin{cases} u_C = 0 \iff E_e = 0 \\ i = I_m \iff E_T = E_m \end{cases}$

$$E_T = E_m = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}L\left(C \cdot \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right)^2 = \frac{1}{2}LC^2\left(\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right)^2$$

Calcul de la dérivée :

$$\frac{\Delta u_C}{\Delta t} = \frac{4 - 0}{(18 - 20) \times 10^{-3}} = -2 \times 10^3$$

Application numérique :

$$E_T = \frac{1}{2} \times 0,75 \times 2,5 \times 10^{-6} \times (-2 \times 10^3)^2$$

$$\boxed{E_T = 3,75 \text{ J}}$$

5. Variation d'énergie

$$|\Delta E_T| = E_j$$

$$E_j = |E_T(20\text{ms}) - E_T(0)| = \left|\frac{1}{2}LC^2\left(\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right)^2 - \frac{1}{2}Cu_{c_0}^2\right|$$

$$= \left|3,75 - \frac{1}{2} \times 0,75 \times 6\right|$$

$$= 1,5 \text{ J}$$

6. Entretien des oscillations

6-a. Équation avec générateur

$$u_L + u_C + u_R = u_G$$

$$L \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + r \cdot i + R_2 \cdot i + u_C = R_0 \cdot i$$

$$L \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + i(r + R_2 - R_0) + u_C = 0$$

Énergie totale :

$$E_T = E_m + E_e = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}Cu_C^2$$

$$\frac{\mathrm{d}E_T}{\mathrm{d}t} = 2 \times \frac{1}{2}L \cdot i \cdot \left(\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\right) + 2 \times \frac{1}{2}C \times u_C \times \left(\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right)$$

$$= L \cdot i \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + u_C \left(C \cdot \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right) = L \cdot i \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + i \cdot u_C = i\left(u_C + L \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\right)$$

On a $L \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + u_C = -(R_2 + r - R_0)i$, donc :

$$\frac{\mathrm{d}E_T}{\mathrm{d}t} = i\left(-(R_2 + r - R_0)i\right) = -(R_2 + r - R_0) \cdot i^2$$

6-b. Résistance r

Pour avoir des oscillations non amorties :

$$R_2 + r - R_0 = 0 \iff r = R_0 - R_2$$

$$r = 61,2 - 50 = 11,2\ \Omega$$

PHYSIQUE 3 : Mécanique (Système Oscillant)

Partie I : Oscillateur non amorti

1. Équation différentielle

Système étudié : {solide (S)}

Bilan des forces :

- $\vec{P}$: Poids
- $\vec{R}$: Réaction du plan horizontal
- $\vec{T}$: La force de rappel

En appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m \cdot \vec{a}_G$$

On projette sur (Ox) :

$$P_x + R_x + T_x = m \cdot a_x$$

On remarque que $\vec{R} \perp (Ox)$ et $\vec{P} \perp (Ox)$ donc $P_x = 0$ et $R_x = 0$.

$$T_x = -T = -k \cdot x$$

Donc $0 + 0 - k \cdot x = m \cdot a_x \iff -k \cdot x = m \cdot a_x$ avec $a_x = \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} = \ddot{x}$

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot x = 0$$

$$\boxed{\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0}$$

2. Expression de la période propre T_0

On sait que $x(t) = x_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

$$\Longrightarrow \dot{x} = -x_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\Longrightarrow \ddot{x} = -x_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\Longrightarrow \ddot{x} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \underbrace{x_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)}_{x} \Longrightarrow \ddot{x} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot x$$

$$\Longrightarrow \ddot{x} + \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot x = 0$$

Par identification avec : $\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0 \Longrightarrow \frac{k}{m} = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

3-a. Énergie mécanique

$$E_m = E_c + E_{pe} + E_{pp} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k \cdot x^2 + C + mg(z - z_0)$$

(Avec $C = 0$ et $z = z_0 \implies E_{pp} = 0$)

$$\boxed{E_m = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}kx^2}$$

3-b. Conservation de l'énergie

$$\frac{\mathrm{d}E_m}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2} \times 2m \cdot v\left(\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\right) + \frac{1}{2} \times 2 \times k \cdot x \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$$

$$= m\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right) \cdot \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + k \cdot x \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\left(m \cdot \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + kx\right)$$

Comme $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = v_x \neq 0$ et $m \cdot \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + kx = 0$, alors :

$$\frac{\mathrm{d}E_m}{\mathrm{d}t} = 0 \iff E_m = \text{cte}$$

4 & 5. Applications Numériques

4.a. $T_0 = 0,4$ s

4.b. $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \implies T_0^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{m}{k} \iff k = \frac{4\pi^2 m}{T_0^2}$

$$(A.N) : k = \frac{4 \times 10 \times 40 \times 10^{-3}}{0,4^2} = 10\ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$$

4.c. Amplitude x_m

$E_m = E_{pe_{max}} = \frac{1}{2}k \cdot x_m^2 \implies x_m = \sqrt{\frac{2E_m}{k}} = \sqrt{\frac{2\times8\times10^{-3}}{10}} = 0,04$ m

5. Équation horaire

$x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

$x(0) = x_m\cos(\varphi) \iff \cos(\varphi) = \frac{x(0)}{x_m} = \frac{x_m}{x_m} = 1 \implies \boxed{\varphi = 0}$

$$\boxed{x(t) = 0,04\cos\left(\tfrac{2\pi}{0,4}t\right)}$$

Partie II : Oscillateur amorti

1. Équation différentielle avec frottement

En appliquant la deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} = m\vec{a}$$

On projette sur (Ox) : (avec $P_x = 0$ et $R_x = 0$)

$$P_x + R_x + T_x + f_x = ma_x$$

$$-k \cdot x - h \cdot v = ma_x$$

$$a_x = -\frac{h}{m} \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} - \frac{k}{m} \cdot x$$

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \frac{h}{m} \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + \frac{k}{m} \cdot x = 0}$$

2. Non-conservation de l'énergie

$$E_T = E_{pe} + E_c$$

$$\frac{\mathrm{d}E_T}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2} \times 2 \times k \times x \times \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{2} \times 2 \times m \times v_x \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$$

$$= kx\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + m \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \cdot \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\left(m \cdot \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + kx\right)$$

Or, d'après l'équation différentielle : $m \cdot \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + k \cdot x = -h \cdot v$.

$$\Longrightarrow \frac{\mathrm{d}E_T}{\mathrm{d}t} = v \cdot (-h \cdot v) = -h \cdot v^2 \leq 0$$

Donc E_T n'est pas conservée.

3. Variation de l'énergie

$$\Delta E_T = E_T(4T) - E_T(0)$$

$$E_T(0) = E_{pe}(0) = \frac{1}{2}kx_1^2(0) \quad \text{(avec } v(0) = 0\text{)}$$

$$E_T(4T) = E_{pe_4} + E_{c_4} = \frac{1}{2}kx_4^2 + \frac{1}{2}mv_4^2$$

Avec $\begin{cases} x_4 = x_m \\ v_4 = 0 \end{cases}$ $\Longrightarrow E_T(4T) = \frac{1}{2}k \cdot x_4^2$

$$\Delta E_T = \frac{1}{2}k(x_4^2 - x_1^2(0))$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \left(0,8^2 - 4^2\right) \times \left(10^{-2}\right)^2$$

$$= -7,68 \times 10^{-3} \text{ J}$$

المديرية الإقليمية
عمالة مقاطعة عين الشق

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأولي والرياضة

Groupe Scolaire ALHIDAYA

Examen simili

Session - Mai 2025 -

Matière	Physique - Chimie	Durée	3
Option	Deuxième BAC - SC . PC – BIOF	Coeff	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Ce sujet comporte 2 exercices de chimie et 5 exercices de physique :

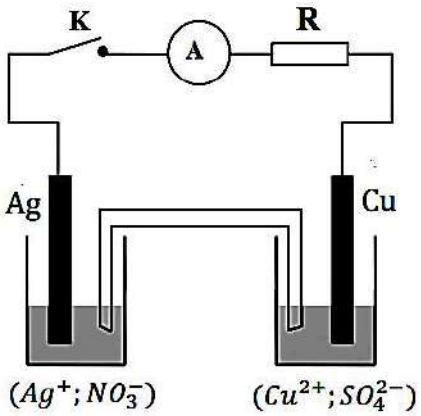
Chimie (7 points)	
Chimie -1-	Etude de la pile " Argent – Cuivre "
Chimie -2-	Réaction de dosage de l'acide lactique
Physique (13 points)	
Physique -1-	Propagation d'une onde à la surface de l'eau
Physique -2-	Transformations nucléaires
Physique -3-	Etude de circuits RL et RLC
Physique -4-	Etude de mouvement d'un corps solide
Physique -5-	Etude du mouvement d'un système {cylindre-solide }

Chimie -1- (2 points)

Cette partie se propose d'étudier la pile argent – cuivre.

Cette pile est constituée de :

- Une électrode en cuivre plongée dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre (II) $(Cu^{2+}; SO_4^{2-})$
- Une électrode en argent (Ag) plongée dans une solution aqueuse de nitrate d'argent $(Ag^+; NO_3^-)$
- Un pont salin qui relie les deux solutions.



On branche un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre, et on place le dipôle, ainsi constitué, entre les pôles de la pile (figure ci-contre)

L'ampèremètre indique le passage d'un courant électrique, d'intensité $I = 0.12\ A$, dans le circuit.

Après une durée Δt de fonctionnement de la pile, on observe un dépôt sur l'électrode d'argent et une diminution de la masse de l'électrode de cuivre.

Données :

Constante de Faraday : $1F = 96500\ C.mol^{-1}$

La masse molaire de l'argent : $M(Ag) = 108\ g/mol$

Recopier le numéro de la question et écrire, parmi les affirmations proposées, la lettre qui correspond à la réponse juste sans aucune explication ni justification.

1) Le schéma conventionnel de la pile :

A	$\ominus\ Ag\ /\ Ag^+\ //\ Cu^{2+}/\ Cu\ \oplus$	**C**	$\ominus\ Cu\ /\ Cu^{2+}\ //\ \ Ag^+\ /\ Ag\ \oplus$
B	$\ominus\ Cu^{2+}/Cu\ //\ \ Ag\ /\ Ag^+\ \oplus$	**D**	$\ominus\ Cu^{2+}/\ Cu\ //\ Ag\ /\ \ Ag^+ \oplus$

2) L'équation bilan lors du fonctionnement de la pile :

A	$Cu^{2+} + Ag \rightarrow\ \ Ag^+ + Cu$	**C**	$Ag^+ + Cu \rightarrow\ \ Cu^{2+} + Ag$
B	$2Ag^+ + Cu \rightarrow\ \ Cu^{2+} + 2Ag$	**D**	$2Ag^+ +\ Cu^{2+} \rightarrow\ Cu + 2Ag$

3) La masse de l'argent déposée pendent la durée Δt est $m_{Ag} = 0.54\ g$

La durée du fonctionnement alors Δt est :

A	$\Delta t \approx 1{,}11\ h$	**C**	$\Delta t \approx 33{,}50\ h$
B	$\Delta t \approx 4{,}02.10^3 h$	**D**	$\Delta t \approx 67{,}01 h$

Chimie -2- (5 points)

Les principaux ennemis des chauffe-eaux et des cafetières sont les dépôts calcaires, produits lors d'usage quotidien de ces appareils cela peut perturber leur fonctionnement, pour entretenir ces appareils, il est nécessaire d'enlever régulièrement ces dépôts.

Plusieurs fabricants d'appareils recommandent d'utiliser un détartrant à base d'acide lactique de formule $C_3H_6O_3$ (ou d'acide acétique), cet acide n'est pas corrosif par rapport aux pièces métalliques contenues ces appareils.

Cet exercice se propose de vérifier la pK_A du couple $C_3H_6O_{3(aq)}/C_3H_5O_{3(aq)}^-$.

L'étiquette d'un détartrant commercial, on trouve les informations suivantes :

- ♣ La masse molaire de l'acide lactique : $M = 90\ g.mol^{-1}$
- ♣ La masse volumique du détartrant commercial : $\rho = 1,13\ kg.L^{-1}$
- ♣ Le pourcentage massique : $p = 47,8\ \%$

Données : Toutes les mesures sont effectuées à $25°C$,

- Le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$
- La constante d'acidité du couple $C_3H_6O_{3(aq)}/C_3H_5O_{3(aq)}^-$: $K_A = 10^{-3,9}$
- Zone de virage de quelques indicateurs colorés :

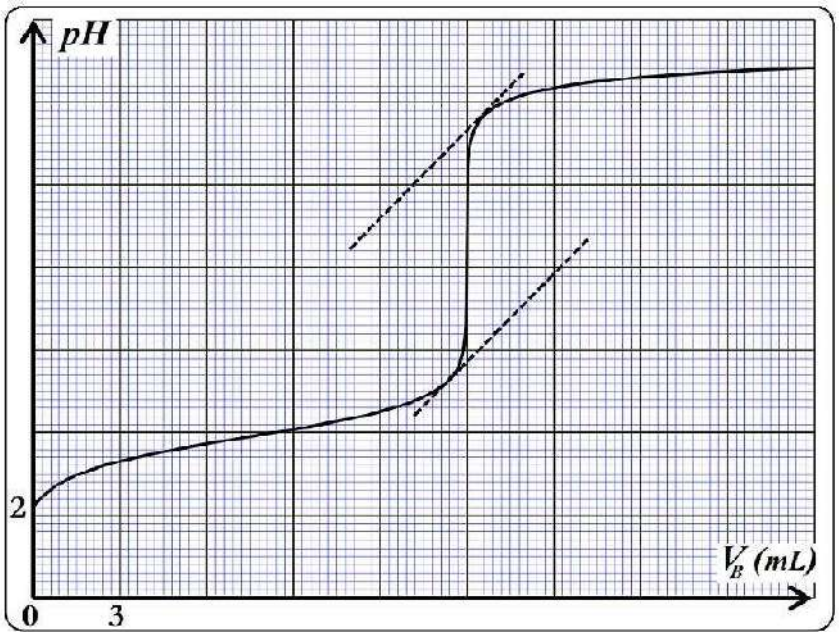
L'indicateur coloré	Jaune de méthyle	Hélianthine	Rouge de crésol
Zone de virage	$2,9-4$	$3,1-4,4$	$7,2-9$

Afin de déterminer la concentration molaire C_0 de la solution (S_0) du détartrant commercial, on réalise un dosage acido-basique.

On dilue 20 fois un volume V de la solution (S_0) on obtient une solution aqueuse (S_A) d'acide lactique de concentration molaire C_A .

On prélève un volume $V_A = 10\ mL$ de la solution (S_A) et on dose par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $(Na_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-)$ de concentration $C_B = 2.10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

En suivant l'évolution du pH en fonction du volume V_B d'hydroxyde de sodium versé, Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de dosage $pH = f(V_B)$.



1. Écrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.
2. Monter que la réaction du dosage est totale.
3. Calculer la concentration C_A.
4. Calculer la masse m de l'acide lactique dans un 1L de la solution commerciale, et vérifier le pourcentage massique l'acide lactique indiqué sur l'étiquette.
5. Parmi les indicateurs colorés indiqués dans le tableau ci-dessus, choisir celui qui conviendra le mieux à ce dosage. Justifier votre réponse.
6. Lorsqu'on ajoute un volume $V_B = 12\ mL$ de la solution (S_B), monter que la constante pK_A vérifier la relation suivante :

$$pK_A = pH + log\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$$

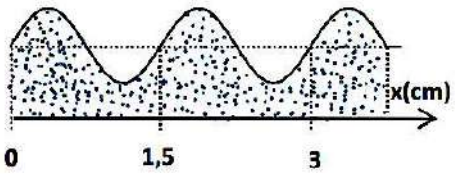
Vérifier sa valeur.

Physique -1- (1,5 points)

Propagation d'une onde à la surface de l'eau

On provoque, à l'instant $t=0$, une onde rectiligne sinusoïdale de fréquence $N=50\,Hz$ à la surface libre de l'eau contenue dans une cuve à ondes. La profondeur de l'eau dans la cuve est h.

Le schéma de la figure ci-contre représente la coupe verticale de la surface de l'eau à un instant t_1.



1/1-1-Définir la longueur d'onde pour une onde progressive sinusoïdale.

1-2- Déterminer graphiquement la longueur d'onde de cette onde rectiligne.

1-3- Calculer la célérité v de cette onde.

2-On peut considérer que la célérité des ondes à la surface de l'eau varie avec la profondeur h de l'eau dans la cuve comme suit : $v=\sqrt{g.h}$ avec g intensité de la pesanteur.

On ajoute dans la cuve de l'eau de telle façon que la profondeur d'eau devienne $h_1=4h$. Trouver la longueur d'onde λ_1 de l'onde.

Physique -2- (2 points)

Le digramme de la figure 4 ci-contre représente quelques nucléides de la famille radioactive d'uranium $^{238}_{92}U$.

Données:

- La demi-vie du polonium $^{210}_{84}Po$: $t_{1/2} = 138\ jours$
- Energie de liaison du polonium : $E_l(^{210}_{84}Po) = 1644{,}92\ MeV$;
- Energie de liaison du bismuth : $E_l(^{210}_{83}Bi) = 1644{,}54\ MeV$

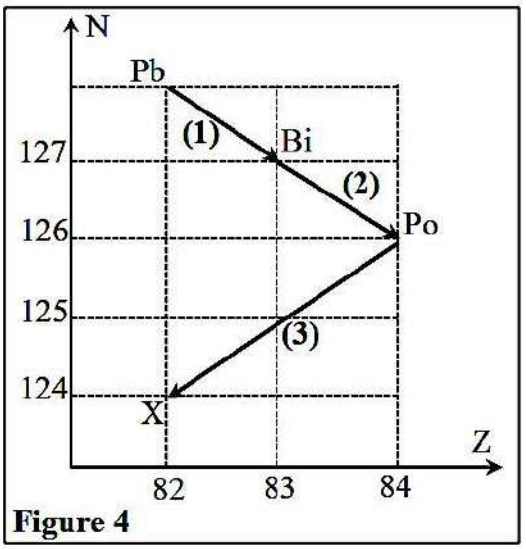


Figure 4

1- Déterminer le noyau le plus stable parmi $^{210}_{83}Bi$ et $^{210}_{84}Po$

2- Choisir la bonne réponse parmi les propositions suivantes:

2.1- Le nucléide X est :

a- $^{238}_{92}U$; **b-** $^{206}_{82}Pb$; **c-** $^{184}_{82}Pb$; **d-** $^{128}_{82}Pb$

2.2- La désintégration n° (1) est de type :

a- γ ; **b-** α ; **c-** β^+ ; **d-** β^-

2.3- L'énergie libérée de la désintégration n° (2) est :

a- $|\Delta E| = 0{,}38\ MeV$; **b-** $|\Delta E| = 0{,}38\ J$; **c-** $|\Delta E| = 0{,}018\ MeV$; **d-** $|\Delta E| = 0{,}018\ J$

2.4- L'instant où 75% du noyaux de polonium $^{210}_{84}Po$ se désintègre est :

a- $t = t_{1/2}$; **b-** $t = 2t_{1/2}$; **c-** $t = 3t_{1/2}$; **d-** $t = 4t_{1/2}$

Physique -3- (4,5 points)

Les condensateurs et les bobines sont des composants essentiels de nombreux appareils électriques utilisés dans plusieurs domaines de la vie courante.

On se propose dans cet exercice d'étudier :

- La réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension.
- Les oscillations dans un circuit RLC série.

I-Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On réalise le montage représenté sur le schéma de la figure 1 comportant ;

- Un générateur de f.é.m. E
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 5\Omega$
- Une bobine (b) d'inductance L et de résistance $r = 1\ \Omega$
- Un interrupteur K

On ferme l'interrupteur K à l'instant de date t = 0.

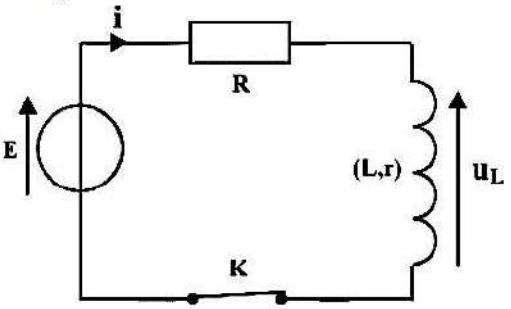


Figure 2

1) Etablir l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$.

2) Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $i(t) = I_0 - I_0\, e^{-\frac{t}{\tau}}$ trouver l'expression des constantes I_0 et τ en fonction des paramètres du circuit.

3) Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe représentant l'évolution de la dérivé de l'intensité du courant $\frac{di}{dt}$ en fonction de i (figure 2).

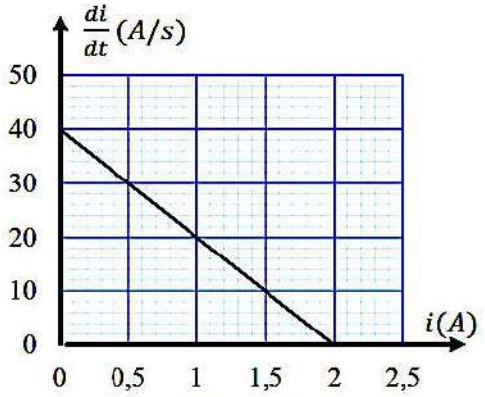


Figure 2

3-1) Montrer que l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ peut s'écrire sous la forme $\frac{di}{dt} = \frac{E}{L} - \frac{1}{\tau}.i$

3-2) Déterminer graphiquement la constante du temps τ .

3-3) En déduire que la valeur de l'inductance de la bobine est $L = 0{,}3H$.

II- Les oscillations dans un circuit RLC série

On monte en série, à un instant choisi comme origine des dates t =0, un condensateur de capacité C, totalement chargé, avec la bobine précédente ($L = 0.3H$; $r = 1\Omega$) et un conducteur ohmique de résistance $R = 90\Omega$ (figure 3).

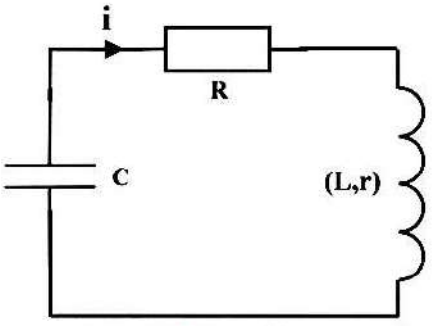


Figure 3

1) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$ du condensateur.

2) A l'aide d'un système d'acquisition informatisé adéquat on obtient la courbe représentant l'évolution de la charge en fonction du temps (figure 4).

2-1) Préciser, le régime d'oscillation mis en évidence par la courbe $q(t)$.

2-2) Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période T et déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

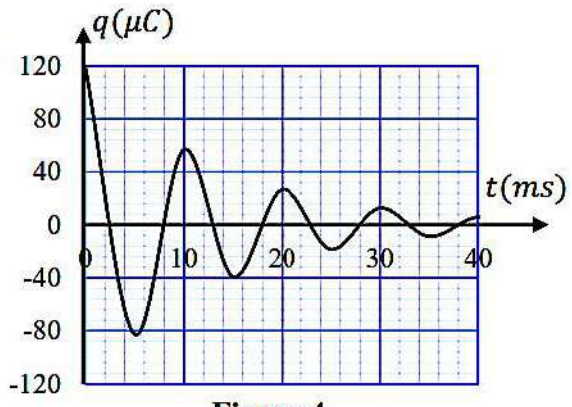


Figure 4

2-3) On note respectivement $\mathbf{E_o}$ et $\mathbf{E_1}$ les énergies totales du circuit aux instants $\mathbf{t_o = 0}$ et $\mathbf{t_1 = 18\ ms}$. Sachant que la variation de l'énergie totale du circuit entre ces deux instants est $\mathbf{\Delta E_T = -\ 4{,}5.10^{-4}\ J}$, déterminer la valeur de l'intensité de courant $\mathbf{i_1}$ qui circule dans le circuit à l'instant $\mathbf{t_1}$.

3) Pour entretenir les oscillations, on introduit en série dans le circuit, un générateur (G) qui délivre une tension électrique $u_G(t) = k.\,i(t)$.
Trouver la valeur de k.

Physique -4- (3,5 points)

Etude du mouvement du corps solide

On propose dans cet exercice d'étudier le mouvement de centre d'inertie d'un corps solide (S) sur un plan incliné AB et son saut au point B (figure 1).

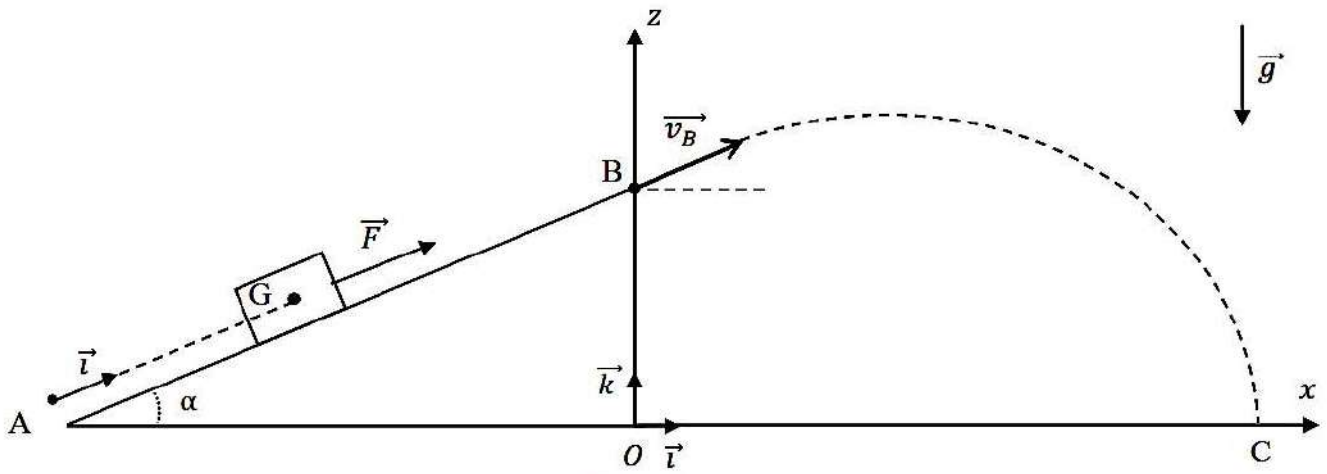


Figure 1

Données :

- La masse du solide (S) : $m = 1kg$
- $g = 10\ ms^{-2}$
- $\alpha = 30°$

A. Etude du mouvement du corps solide sur le plan AB

Le solide (S) de centre d'inertie G glisse sans frottement sur le plan AB sous l'action d'une force motrice constante $\vec{F}$ (figure 1).

On étudie le mouvement de G dans un repère $R(A, \vec{\imath})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen et on repère la position de G à chaque instant par son abscisse $x(t)$.

A l'instant t = 0, le centre d'inertie G et l'origine A sont confondus.

Un système d'acquisition informatisé permet de tracer la courbe représentant l'évolution de l'abscisse x en fonction de t^2 $x = f(t^2)$ (figure 2).

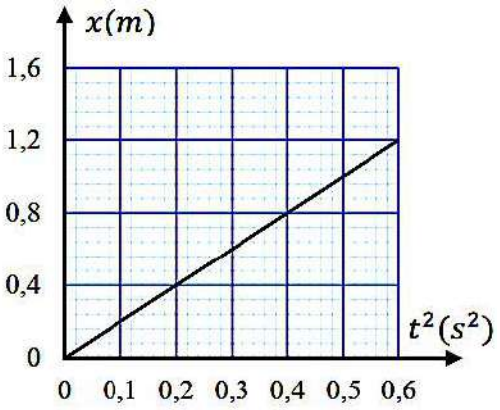


Figure 2

1) En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse $x(t)$ est :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F}{m} - g\sin\alpha$$

2) En exploitant le graphe de la figure 2, déterminer a_G l'accélération du mouvement de G.

3) En déduire l'intensité de la force $\overrightarrow{F}$.

4) Les équations horaires $x(t)$ et $v(t)$ de G sur la partie AB, dans le système international d'unités, s'écrivent : $\begin{cases} x(t) = 2\,t^2 \\ v(t) = 4\,t \end{cases}$

Déterminer la distance AB sachant que la vitesse du corps solide au point B est $v_B = 4\,m/s$.

B. Etude du mouvement du solide lors de la phase du saut

Lors du passage de G par le point B, on élimine la force $\overrightarrow{F}$

A un instant choisi comme nouvelle origine des dates (t = 0), le corps solide (S) quitte le plan incliné lors du passage de G par le point B avec la vitesse $v_B = 4\,m/s$.

Le corps solide (S) tombe en une position où le point G se confond avec le point C.

On suppose que le corps solide n'est soumis qu'à son poids au cours de cette phase.

On étudie le mouvement de G dans un repère $R'(O,\vec{\imath},\vec{k})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

1) En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations différentielles vérifiées par les coordonnées $x(t)$ et $z(t)$.

2) Déterminer les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$.

3) Montrer que l'équation de la trajectoire s'écrit sous la forme : $z = \frac{-g}{2v_B^2.\cos\alpha^2}\,x^2 + \tan\alpha\;x + AB.\sin\alpha$

En déduire son expression numérique.

4) Montrer que la valeur de la distance AC est $AC \approx 4.13\,m$.

Aide :

L'équation : $-0.41\varphi^2 + 0.57\,\varphi + 1 = 0$ admet deux solutions réelles : $\varphi_1 = 2.40$ et $\varphi_2 = -1.01$

Physique -5- (1,5 points)

Étude du mouvement d'un système (cylindre-solide)

Les cylindres tournants sont utilisés dans plusieurs appareils mécaniques et électromécaniques...

Dans cet exercice on étudie le mouvement d'un système mécanique formé par un cylindre et un corps solide.

Ce système est constitué d'un corps solide (S) de masse m et de centre d'inertie G accroché à un fil, inextensible et de masse négligeable, enroulé autour d'un cylindre (C) homogène de rayon R, tournant librement autour d'un axe (Δ) fixe et horizontal.

On note J_Δ le moment d'inertie du cylindre par rapport à l'axe (Δ).

Le mouvement de (S) entraine la rotation du cylindre (figure 3). Le fil ne glisse pas sur le cylindre au cours du mouvement.

On repère la position d'un point du cylindre, à chaque instant t, par son abscisse angulaire θ et le centre d'inertie G de (S) par sa cote z dans le repère $(O, \vec{k})$.

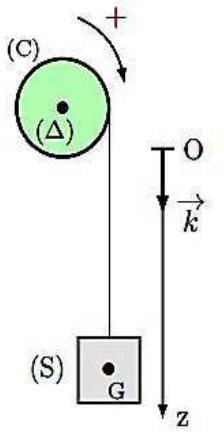


Figure 3

On étudie le mouvement du système dans un repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

On néglige toute sorte de frottement pendant le mouvement du système.

On abandonne le système sans vitesse initiale et on choisit l'abscisse angulaire $\theta = 0$ à l'instant $t_0 = 0$.

Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentant la variation de la cote z du centre d'inertie G du solide (S) en fonction de t^2 (figure 2).

Données : $m = 50$ g; $R = 5$ cm; $g = 10 m.s^{-2}$

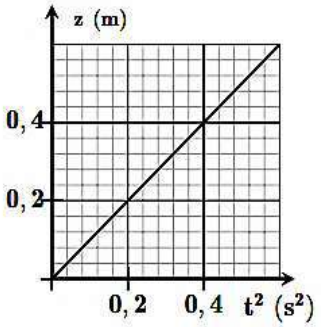


Figure 4

1. Déterminer, en justifiant la réponse, la nature du mouvement du solide (S)et déduire la valeur de son accélération **a**.
2. Déterminer l'instant t_1 auquel le solide (S) parcourt la distance $h = 1$ m.
3. Calculer le nombre de tours effectués par le cylindre pendant la durée $\Delta t = t_1 - t_0$.
4. Par application de la 2ème loi de Newton au solide (S) et la relation fondamentale de la dynamique au cylindre, montrer que : $J_\Delta = \dfrac{m \cdot R^2 \cdot (g - a)}{a}$. Calculer sa valeur.

CORRECTION PHYSIQUE - CHIMIE

Chimie - Exercice 1

1. C

2.

$$\begin{array}{r} 2 \times (Ag^+ + 1e^- \rightleftharpoons Ag) \\ Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e^- \\ \hline 2Ag^+ + Cu \rightleftharpoons 2Ag + Cu^{2+} \end{array}$$

B

3. $Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \times F$

$$\Delta t = \frac{n(e^-) \times F}{I} = \frac{2x \times F}{I}$$

on a $x = \frac{m_{Ag}}{2M(Ag)}$

$$x = \frac{0,54}{2 \times 108} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Delta t = \frac{2 \times 2,5 \times 10^{-3} \times 96500}{0,12} = 4,02 \times 10^3 \text{ s} \xrightarrow{\div 3600} \simeq 1,11 \text{ h}$$

A

Chimie - Exercice 2

1. $C_3H_6O_3 + OH^- \longrightarrow C_3H_5O_3^- + H_2O$

2. $K = \frac{[C_3H_5O_3^-]_{éq}}{[C_3H_6O_3]_{éq} \cdot [OH^-]} = \frac{[C_3H_5O_3^-]_{éq} \cdot [H_3O^+]_{éq}}{[C_3H_6O_3]_{éq} \cdot K_e}$

$$K = \frac{K_A}{K_e} = \frac{10^{-pK_A}}{10^{-pK_e}} = \frac{10^{-3,9}}{10^{-14}} = 10^{14-3,9} = 1,25 \times 10^{10} > 10^4$$

Donc la réaction du dosage est totale.

3. à l'équivalence : V_{bE} Graphiquement est 15 mL.

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{bE} \iff C_A = \frac{C_B \cdot V_{bE}}{V_A} = \frac{2 \times 10^{-2} \times 15 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}}$$

$\Longrightarrow$ $C_A = 0,3$ mol/L

4. on a $20C_0 \cdot V = C_A \cdot V_A$

$$V = \frac{V_A}{20} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ mL}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Longrightarrow m = \rho \times V = 1,13 \times 0,5 \times 10^{-3} = 5,65 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$m = 0,565 \text{ g}$$

$$C_A = \frac{m_x}{M \cdot V_0} \Longrightarrow m_x = C_A \times M \times V_0 = 0,3 \times 90 \times 10 \times 10^{-3} = 0,27 \text{ g}$$

$$P(m\%) = \frac{m_x}{m} \times 100 = \frac{0,27}{0,565} \times 100 = 47,8\%$$

5. on a à l'équivalence $pH_E = 8,2 \in [7,2 - 9]$ donc
l'indicateur coloré convenable est le rouge de crésol.

6. on a $V_b = 12$ mL $< V_{bE} = 15$ mL
donc on est avant l'équivalence.
et on a OH^- est le réactif limitant (R.L) donc $x_m = C_B \cdot V_b$
et on sait que $pH = pK_A + \log\left(\frac{[C_3H_5O_3^-]_{éq}}{[C_3H_6O_3]_{éq}}\right)$

$$[C_3H_5O_3^-] = \frac{n(C_3H_5O_3^-)}{V_A + V_B} = \frac{x_{éq}}{V_A + V_B} = \frac{x_m}{V_A + V_B} = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}$$

$$[C_3H_6O_3] = \frac{C_A \cdot V_A - x_{éq}}{V_A + V_B} = \frac{C_A \cdot V_A - x_m}{V_A + V_B} = \frac{C_A \cdot V_A - C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}$$

à l'équivalence $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{bE}$

$$[C_3H_6O_3] = \frac{C_B \cdot V_{bE} - C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}$$

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{\frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}}{\frac{C_B \cdot V_{bE} - C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}}\right)$$

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{V_B}{V_{bE} - V_B}\right)$$

$$pH = pK_A - \log\left(\frac{V_{bE} - V_B}{V_B}\right)$$

$$pH = pK_A - \log\left(\frac{V_{bE}}{V_B} - 1\right)$$

$$\Longrightarrow \; pK_A = pH + \log\left(\frac{V_{bE}}{V_B} - 1\right)$$

(A.N) : $pK_A = 4,7 + \log\left(\frac{15}{12} - 1\right)$

$pK_A = 4,02$

Physique 1

1-1. c'est un phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel élastique sans transport de matière et avec transport d'énergie.

1-2. $\lambda = 1,5 \text{ cm} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}$

1-3. $V = \lambda \times N = 1,5 \times 10^{-2} \times 50 = 0,75 \text{ m/s}$

2. $V_1 = \sqrt{g \cdot h} = \lambda \times N$

$V_2 = \sqrt{4g \cdot h} = \lambda_1 \times N$

$\lambda_1 = \frac{2\sqrt{g \cdot h}}{N} = 2\lambda = 2 \times 1,5 \times 10^{-2} = 0,03 \text{ m}$

$\lambda_1 = 3 \text{ cm}$

Physique 2

1. $\mathcal{E}(Po) = \frac{E_l(Po)}{A} = \frac{1644,92}{210} = 7,832 \text{ MeV/nucléons}$

$\mathcal{E}(Bi) = \frac{E_l(Bi)}{A} = \frac{1644,54}{210} = 7,831 \text{ MeV/nucléons}$

on a $\mathcal{E}(Po) > \mathcal{E}(Bi)$ donc le polonium est le plus stable.

2-1. ${}^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$

Lois Soddy : $\begin{cases} 210 = A + 4 \\ 84 = Z + 2 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} A = 210 - 4 = 206 \\ Z = 84 - 2 = 82 \end{cases}$

donc ${}^{206}_{82}Pb$. **b**

2-2. **d**

2-3. $|\Delta E| = |1644,54 - 1644,92| \text{ MeV} = 0,38 \text{ MeV}$

2-4. $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$0,25N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$0,25 = e^{-\lambda t}$

$\ln(0,25) = -\lambda t$

$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln(0,25)$

$t = -\frac{\ln(0,25)}{\ln 2} t_{1/2} \Longrightarrow t = 2t_{1/2}$ **b**

Physique 3

I.1. D'après la loi d'additivité des tensions :

$u_L + u_R = E$

$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = E$

$L \cdot \frac{di}{dt} + i(R + r) = E$

$i + \frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{E}{R+r}$

2. $i(t) = I_0 - I_0 \cdot e^{-t/\tau}$

$\frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$ on remplace dans l'éq diff

$I_0 - I_0 \cdot e^{-t/\tau} + \left(\frac{L}{R+r}\right) \cdot \frac{I_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} - \frac{E}{R+r} = 0$

$I_0 \cdot e^{-t/\tau} \left(\frac{L}{(R+r)\tau} - 1\right) + I_0 - \frac{E}{R+r} = 0$

pour que l'équation soit vérifiée il faut que :

$$\begin{cases} \frac{L}{R+r} \times \frac{1}{\tau} = 1 \\ I_0 - \frac{E}{R+r} = 0 \end{cases} \iff \begin{cases} \tau = \frac{L}{R+r} \\ I_0 = \frac{E}{R+r} \end{cases}$$

3-1. on a $i + \tau \cdot \frac{di}{dt} = \frac{E}{R+r}$

$\frac{di}{dt} = \frac{E}{\tau(R+r)} - \frac{1}{\tau} \cdot i \implies \frac{di}{dt} = \frac{E}{L} - \frac{1}{\tau} \cdot i$

3-2. la courbe est une fonction affine qui s'écrit :

$\frac{di}{dt} = k \cdot i + b$

Par analogie $k = -\frac{1}{\tau}$ est la pente

$-\frac{1}{\tau} = \frac{\Delta \frac{di}{dt}}{\Delta i} = \frac{40-30}{0-0,5} = -20 \text{ s}^{-1}$

$\tau = \frac{-1}{-20} = 0,05 \text{ s}$

3-3. on a $\tau = \frac{L}{R+r} \iff L = \tau(R + r) = 0,05(5 + 1) = 0,3 \text{ H}$

II.1. D'après loi d'additivité des tensions :

$u_L + u_R + u_C = 0$

$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i + \frac{q}{C} = 0$

$L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{dq}{dt}(R + r) + \frac{q}{C} = 0$

$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} \cdot \left(\frac{R+r}{L}\right) + \frac{1}{LC}q = 0$

2-1. Régime pseudo-périodique car l'amplitude diminue donc il y a l'amortissement.

2-2. $T_0 = 10 \text{ ms} = 10 \times 10^{-3} \text{ s}$

$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \iff C = \frac{T_0^2}{(2\pi)^2 L} = \frac{(10^{-2})^2}{4\pi^2 \times 0,3} = 8,45 \times 10^{-6} \text{ F}$

2-3. $\Delta E_T = E_1 - E_0 = E_{e1} + E_{m1} - E_{e0} - E_{m0}$

$\Delta E_T = \frac{1}{2C}q_1^2 + \frac{1}{2}L \cdot i_1^2 - \frac{1}{2C}q_0^2 - \frac{1}{2}L \cdot i_0^2$

$\Delta E_T = \frac{1}{2}L \cdot i_1^2 - \frac{1}{2C}q_0^2$ avec $\begin{cases} E_{e1} = 0 \text{ J} \\ E_{m0} = 0 \text{ J} \end{cases}$

$\frac{1}{2}L \cdot i_1^2 = \Delta E_T + \frac{1}{2C}q_0^2$

$i = \sqrt{\frac{2}{L}\left(\Delta E_T + \frac{1}{2C}q_0^2\right)}$ avec $q_0 = 120 \times 10^{-6}$ C

$i = \sqrt{\frac{2}{0{,}3}\left(-4{,}5 \times 10^{-4} + \frac{(120\times10^{-6})^2}{2\times8{,}45\times10^{-6}}\right)} = 0{,}091$ A

$i = 91{,}43$ mA

3. pour entretenir les oscillations il faut :
$K = r + R = 1 + 90 = 91\ \Omega$

Physique 4

A. 1. système étudié : {solide (S)}
bilan des forces : $\vec{F}$: force motrice
$\vec{P}$: poids du corps.

on applique $2^{\text{ème}}$ loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$$

on projette sur (ox) : $F - mg\sin\alpha = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2}$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F}{m} - g\sin\alpha$$

2. la courbe est une fonction linéaire s'écrit :

$$x(t) = k \cdot t^2$$

et on sait que $x(t) = \frac{1}{2}at^2$
Par analogie $k = \frac{1}{2}a \iff a = 2 \times k = 2 \times \frac{\Delta x}{\Delta t^2}$

$$a_G = 2 \times \frac{1{,}2 - 0{,}8}{0{,}6 - 0{,}4} = 2 \times 2 = 4 \text{ m/s}^2$$

3. on a $a_G = \frac{F}{m} - g\sin\alpha$

$$F = m(a_G + g\sin\alpha)$$

$F = 1(4 + 10\sin(30)) = 9$ N

4. on a $a_G = 4$ m/s^2 ; $a_G = \frac{dv_G}{dt}$
par intégration : $V_G(t) = a_G \cdot t + V_0 \iff V_G(t) = 4t$ avec $V_0 = 0$

et on a $a_G = \frac{d^2x}{dt^2}$ par intégration $x(t) = \frac{1}{2}a_G \cdot t^2 + V_0 \cdot t + x_0$

$$\Longrightarrow \begin{cases} x(t) = 2t^2 \\ V(t) = \frac{dx}{dt} = 4t \end{cases}$$

$V_B = 4t_B \Longrightarrow t_B = \frac{V_B}{4} = 1$ s

$x_B - x_A = 2t_B^2 \Longrightarrow$ $AB = 2 \times 1^2 = 2$ m

B. 1. système étudié : {solide (S)}
Bilan forces : $\vec{P}$: poids
en appliquant 2ème loi de Newton : $\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$
on projette sur (ox) et (oz)

$$\begin{cases} a_z = -g \\ a_x = 0 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \frac{d^2z}{dt^2} = -g \\ \frac{d^2x}{dt^2} = 0 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \frac{d^2z}{dt^2} + g = 0 \\ \frac{d^2x}{dt^2} = 0 \end{cases}$$

2. on a $a_z = \frac{dv_z}{dt}$ par intégral $V_z(t) = -gt + V_B \sin\alpha$
$V_z = \frac{dz}{dt}$ par intégration $z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_B \sin\alpha \cdot t + z_B$
$z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_B \sin\alpha \cdot t + AB \sin\alpha$
on a $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ par intégration $V_x(t) = V_B \cos\alpha$
$V_x = \frac{dx}{dt}$ par intégration $x(t) = V_B \cos\alpha \cdot t$

$$\begin{cases} z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_B \sin\alpha \cdot t + AB \sin\alpha \\ x(t) = V_B \cos\alpha \cdot t \end{cases}$$

3. Eliminer le temps : $t = \frac{x}{V_B \cos\alpha}$
$z(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{V_B \cos\alpha}\right)^2 + V_B \sin\alpha \cdot \frac{x}{V_B \cos\alpha} + AB \sin\alpha$
$z(x) = \frac{-g}{2V_B^2 \cos^2\alpha} \cdot x^2 + \tan\alpha \cdot x + AB \sin\alpha$

4. $z_c = 0$

$-0,41x_c^2 + 0,57x_c + 1 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (0,57)^2 - 4 \times (-0,41) \times 1 = 1,96 > 0$

$x_{c_1} = \frac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-0,57+\sqrt{1,96}}{2\times(-0,41)} = -1,01 < 0$ ×

$x_{c_2} = \frac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-0,57-\sqrt{1,96}}{2\times(-0,41)} = 2,40$ **m** > 0 ✓

$x_c = 2,40$ **m** $\Longrightarrow$ $OC = 2,40$ **m**

$AC = OC + AO = 2,40 + AB\cos(30)$

$$AC = 2,40 + 2\cos(30)$$
$$AC = 4,13 \ \mathbf{m}$$

Physique 5

1. $z = f(t^2)$ est une fonction linéaire alors $a = \frac{d^2z}{dt^2} = cte$
d'où le mouvement de (S) est rectiligne uniformément Varié.
D'après l'équation horaire du mouvement :
$z(t) = \frac{1}{2}at^2 + V_0 \cdot t + z_0$
$V_0 = 0$ le système sans vitesse initiale.
$\Longrightarrow \quad z(t) = \frac{1}{2}at^2$
$z(t) = k \cdot t^2$ par analogie $k = \frac{1}{2}a$
$\frac{1}{2}a = \frac{\Delta z}{\Delta t^2} = \frac{0{,}4-0{,}2}{0{,}4-0{,}2} = 1$ m/s^2
$a = 2$ m/s^2

2. on a $z(t) = \frac{1}{2}at^2$
à $t = t_1 : z = h$
d'où $h = \frac{1}{2}at_1^2 \iff t_1 = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2\times1}{2}} = 1$ s

3. $\Delta\theta = 2\pi n \iff n = \frac{\Delta\theta}{2\pi}$
et on a l'équation horaire du mouvement pour le cylindre
$\theta(t) = \frac{1}{2}\ddot{\theta}t^2 + \theta_0$ ($\dot{\theta}_0 = 0$ système abandonné sans vitesse initiale)
$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = \frac{1}{2}\ddot{\theta}t^2$
d'où $n = \frac{\ddot{\theta}t_1^2}{4\pi}$ avec $\ddot{\theta} = \frac{a}{R}$
$n = \frac{a\cdot t_1^2}{4\pi R}$ (A.N) : $n = \frac{2\times1^2}{4\pi\times0{,}05} = 3{,}18$ tr

4. système étudié : {cylindre}
Bilan forces : $\vec{P}$: Poids du cylindre
$\vec{R}$: Réaction de l'axe de rotation
$\vec{T}$: Tension du fil
$\vec{P}, \vec{R} \to 0 \quad \vec{T} \to 0$
D'après RFD : $M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{R}) + M_\Delta(\vec{T}) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta} \quad (1)$
$M_\Delta(\vec{T}) = T \cdot R$ et $\ddot{\theta} = \frac{a}{R}$
on remplace dans (1) on obtient :
$0 + 0 + T \cdot R = J_0 \cdot \frac{a}{R}$
alors $T \cdot R^2 = J_0 \cdot a \quad (2)$

système étudié : {solide (S)}
bilan forces : $\vec{P}'$ Poids de (S)
$\vec{T}'$ Tension du fil sur (S)
D'après 2ème loi de Newton : $\vec{P}' + \vec{T}' = m \cdot \vec{a}$
on projette sur (oz) : $mg - T = ma$
$mg \cdot R^2 - T \cdot R^2 = mR^2 \cdot a \quad (3)$

on remplace (2) dans (3)
$mg \cdot R^2 - J_0 \cdot a = mR^2 \cdot a$

$J_0 \cdot a = mg \cdot R^2 - mR^2 \cdot a = mR^2(g - a)$
$J_0 = \frac{mR^2(g-a)}{a}$ (A.N) : $J_0 = \frac{50\times10^{-3}\times0,05^2\times(10-2)}{2}$

$$J_0 = 5 \times 10^{-4} \text{ Kg.m}^2$$

الإمتحان الوطني التجريبي

دورة يونيو 2024

المادة	الفيزياء والكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	العلوم التجريبية - علوم فيزيائية	المعامل	7
إسم الأستاذ	محمد الغزايل	الصفحات	6

L'usage de la calculatrice scientifiques non programmable est autorisé.

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte 4 exercices : un exercice de chimie et 3 exercices de physique.

Exercice 1 : Chimie (7 points)

- ***La réaction de l'hydroxylamine avec l'eau et avec l'acide éthanoïque*** **(5,25 points)**
- ***Pile électrochimique*** **(1,75 points)**

Exercice 2 : Ondes (2,5 points)

- ***La diffraction de la lumière*** **(2,5 points)**

Exercice 3 : Electricité (5 points)

- ***Etude du dipôle RC*** **(2,5 points)**
- ***Etude du circuit LC idéal*** **(2,5 points)**

Exercice 4 : Mécanique (5,5 points)

- ***Mouvement d'un projectile dans un champ de pesanteur*** **(2,5 points)**
- ***Etude d'un système oscillant {Ressort + un corps (S)}*** **(3 points)**

ON LINE e.visaschool.ma

Chimie (7 points)

Les deux parties I et II sont indépendantes

Partie I : La réaction de l'hydroxylamine avec l'eau et avec l'acide éthanoïque

1- ***Réaction de l'hydroxylamine avec l'eau***

L'hydroxylamine est une base qui a été utilisée par les biologistes dans l'étude des protéines. Ce composé permet d'introduire des mutations dans l'ADN, des mutations G→A ou C→T. Cela permet aux biologistes d'étudier les différents mécanismes de réparation au sein de la cellule.

On Prépare une solution aqueuse (S_1) d'hydroxylamine NH_2OH de concentration molaire $C_1 = 6,06\,10^{-2} mol.L^{-1}$. La mesure de la conductivité de la solution (S_1), à $25°C$, donne $\sigma = 2,77\,mS.m^{-1}$.

Données : Produit ionique de l'eau à $25°C$: $K_e = 10^{-14}$

- Conductivités molaires ionique : $\lambda_1 = \lambda(HO^-_{(aq)}) = 19,8\,mS.m^2.mol^{-1}$
  $\lambda_2 = \lambda(NH_3OH^+) = 90\,mS.m^2.mol^{-1}$
- L'effet des ions H_3O^+ sur la conductivité de la solution est supposé négligeable.

1-1- Écrire l'équation chimique modélisant la réaction entre L'hydroxylamine et l'eau. **(0,5)**

1-2- Exprimer σ en fonction de λ_1 , λ_2 et $[HO^-]$ la concentration molaire effective des ions hydroxydes à l'équilibre. **(0,5)**

1-3- On définit le coefficient de dissociation α de l'hydroxylamine dans la solution (S_1) à l'état d'équilibre par $\alpha = \frac{[NH_3OH^+]}{C_1}$, Calculer sa valeur **(0,5)**

1-4- Trouver l'expression de la constante d'équilibre K associée à la réaction entre l'hydroxylamine et l'eau en fonction de C_1 et α. Calculer sa valeur **(0,75)**

1-5- Vérifier que la valeur de pK_A du couple $NH_3OH^+_{(aq)}/\ NH_2OH_{(aq)}$ est 6,02 **(0,5)**

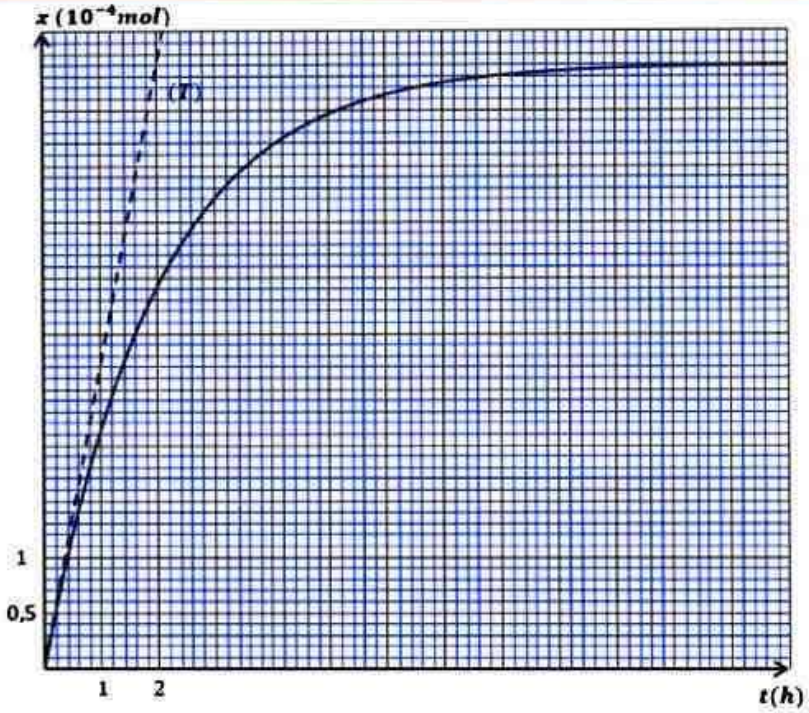
2- ***Réaction de l'hydroxylamine avec l'acide éthanoïque***

On considère le système chimique obtenu en mélangeant les quantités de matière suivantes : un volume $V_1 = 10\,mL$ d'hydroxylamine NH_2OH de concentration $C_1 = 6,06\,10^{-2}\,mol.L^{-1}$, un volume $V_2 = 20\,mL$ d'acide éthanoïque CH_3COOH de concentration $C_2 = 3,03\,10^{-2}\,mol.L^{-1}$, un volume $V_3 = 15\,mL$ du chlorure d'hydroxylammonium $NH_3OH^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ de concentration $C_3 = 6,06\,10^{-4}\,mol.L^{-1}$ et un volume $V_4 = 25\,mL$ d'éthanoate de sodium $Na^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$ de concentration $C_4 = 3,03\,10^{-4}\,mol.L^{-1}$.

L'équation de la réaction chimique produite s'écrit :

$$NH_2OH_{(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightleftarrows NH_3OH^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

Le suivi de l'évolution au cours du temps de l'avancement x de la réaction permet de tracer la courbe ci-dessous



2-1- La droite (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse $t = 0$, Calculer, en $mol.L^{-1}.min^{-1}$, la valeur de cette vitesse à cet instant. **(0,75)**

2-2- Déterminer la valeur de l'avancement final x_f,et le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. **(0,5)**

2-3- Déterminer la constante d'équilibre K associée à cette réaction. **(0,75)**

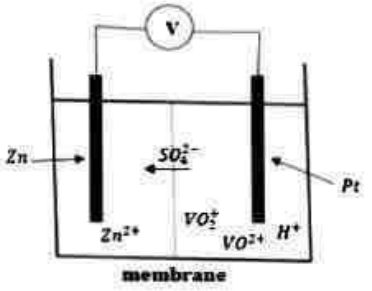
2-4- Déduire la valeur de pK_{A2} du couple $CH_3COOH_{(aq)}/\ CH_3COO^-_{(aq)}$. **(0,5)**

Partie 2 : pile électrochimique

Cette partie se propose d'étudier une pile électrochimique.

Cette pile *(figure ci-contre)* est constituée de deux compartiments s'éparée par une membrane poreuse qui joue le rôle du pont salin :
Compartiment 1 : une lame de Zinc (Zn) plongée dans une solution aqueuse de sulfate de zinc $Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ à la concentration $C = 0,1\ mol.L^{-1}$.

- **Compartiment 2 : *une* lame de platine *Pt plongée dans une solution* acide contenant l'ion hydrogène $H^+_{(aq)}$ de concentration $[H^+] = 0,5\ mol.L^{-1}$, l'ion dioxovanadium $VO^+_{2(aq)}$ de concentration $[VO^+_2] = 0,1\ mol.L^{-1}$, *l'*ion oxovanadium $VO^{2+}_{(aq)}$ de concentration $[VO^{2+}] = 10^{-2} mol.L^{-1}$ et des ions des sulfates**



Données : $1\ F = 9,65.10^4\ C.mol^{-1}$; Masse molaire atomique du Zinc : $M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$; $K = 4,68.10^{58}$ est la constante d'équilibre associée à l'équation :

$$2\,VO^+_{2(aq)} + Zn_{(s)} + 4H^+_{(aq)} \rightleftarrows 2\,VO^{2+}_{(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,H_2O_{(l)}$$

1- Préciser le sens d'évolution spontané du système constituant la pile **(0,5)**

2- La demi-équation qui se produit au voisinage de la cathode est : **(0,5)**

A	$Zn_{(s)} \rightleftarrows Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,e^-$	**B**	$VO^+_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + e^- \rightleftarrows VO^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
C	$Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,e^- \rightleftarrows Zn_{(s)}$	**D**	$VO^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows VO^+_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + e^-$

3- Durant $2h$ de fonctionnement la pile fournit au circuit un courant électrique d'intensité $I = 0,1\ A$. Calculer la variation Δm de la masse du Zinc pendant $2h$ **(0,75)**

Physique (13 points)

Exercice 1 (2,5 points) :

On réalise l'expérience de la diffraction de la lumière à l'aide d'une source laser monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ, On place après la fente de largeur $a = 11,9\ \mu m$, un écran distant de $0,6\ m$, La figure obtenue sur l'écran est représentée ci-contre

1- Quelle est la nature de la lumière que montre cette expérience ? justifier **(0,5)**
2- Définir une lumière monochromatique **(0,5)**
3- Trouver la valeur de largeur de la tache centrale L **(0,25)**
4- Rappeler la relation qui lie θ, λ et a **(0,25)**
5- Pour des petits angles, établir l'expression de l'écart angulaire θ en fonction de D et L. **(0,25)**
6- Déterminer la valeur de la longueur d'onde de ce laser **(0,25)**
7- En justifiant votre réponse, quelle est la couleur de cette lumière **(0,5)**

Exercice 2 (5 points) :

On réalise le montage expérimental représenté sur la figure 1 comprenant :

- **Un générateur idéal de tension de force électromotrice $E = 12V$;**
- **Un conducteur ohmique de résistance $R = 4\ K\Omega$;**
- **Un condensateur initialement déchargé de capacité C;**
- **Une bobine d'inductance L et de résistance interne négligeable ;**
- **Un interrupteur à double position K.**

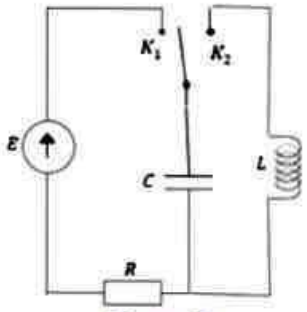
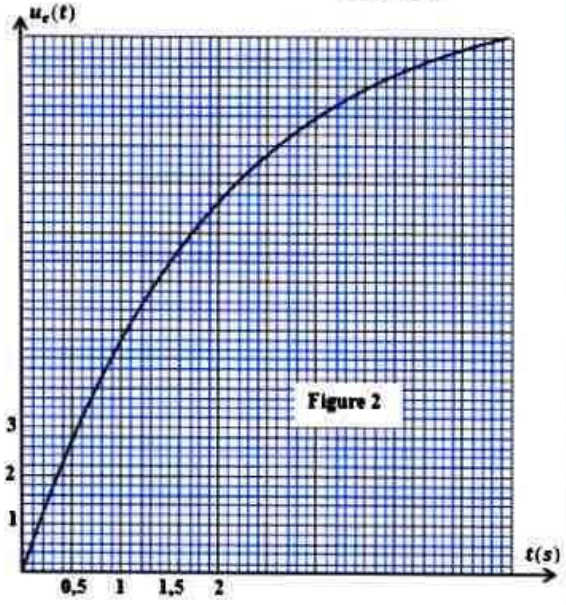


Figure 1

I- Etude du dipôle RC

A un instant choisi comme origine des dates $(t = 0)$, on place l'interrupteur K sur la position (K_1) et on suit l'évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur à l'aide d'un système d'acquisition adéquat.



1- Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ **(0,5)**
2- Trouver, en fonction des paramètres du circuit, les expressions des constantes A et τ pour que la solution de l'équation différentielle s'écrive sous la forme :

$$u_c(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (0,5)$$

3- Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ **(0,5)**
4- Montrer que la capacité du condensateur est : $C = 0,5$ mF. **(0,5)**
5- Déterminer la valeur de tension u_c à l'instant $t = 1,386\ s$ **(0,5)**

II- Etude du circuit LC idéal

Lorsque la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur $u_c = 6V$, on bascule l'interrupteur sur la position (K_2) à un instant choisi comme nouvelle origine des dates $t = 0$. Ce condensateur se décharge alors dans la bobine d'inductance L (figure 1).

On visualise, à l'aide d'un dispositif adéquat, les variations de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps.

1- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur s'écrit :

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC}u_C = 0 \qquad \textbf{(0,5)}$$

2- Choisir, parmi les courbes (C_1), (C_2) et (C_3) de la figure 3, la courbe qui représente l'évolution de la tension $u_c(t)$. Justifier votre réponse. **(0,5)**

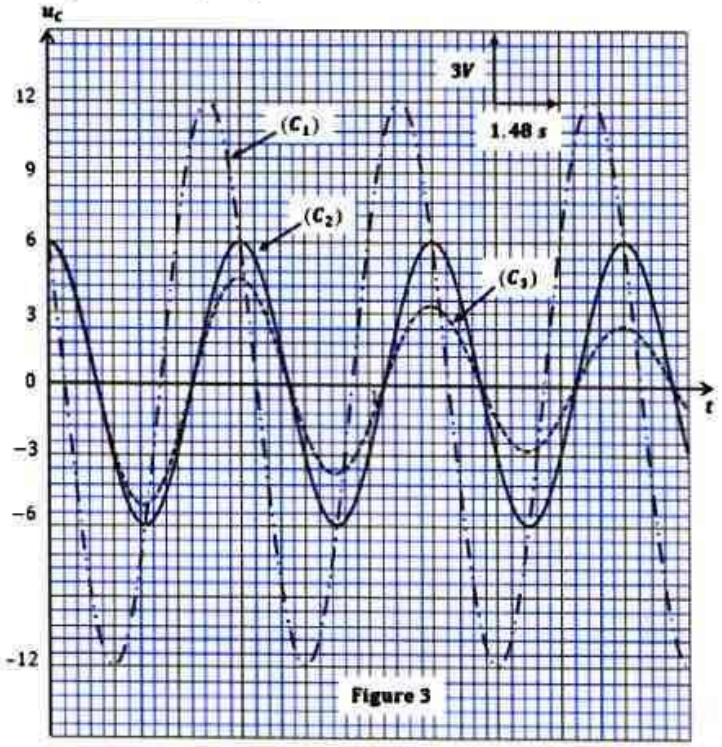


Figure 3

3- A l'aide de la courbe représentant l'évolution de la tension $u_c(t)$ pour cette expérience :

3-1- Déterminer l'inductance L de la bobine. **(0,5)**

3-2- Trouver l'énergie totale E_T du circuit. **(0,5)**

3-3- En déduire la valeur de l'intensité du courant à l'instant $t = 3{,}26$ s. **(0,5)**

Exercice 3 (5,5 points) : ***Les parties 1 et 2 sont indépendantes***

Partie 1 : Mouvement d'un projectile dans un champ de pesanteur

Lors de la finale du lancer du poids hommes des Mondiaux d'Athlétisme 2023, Le champion a réussi un jet à une distance $D = 23{,}56\ m$ (figure 1)

Un entraîneur souhaite étudier ce lancer pour déterminer les conditions de battre ce record en effectuant le traitement de la vidéo du lancer et à l'aide d'un logiciel informatique en traçant les variations de la vitesse du boulet en fonction du temps (figure 2).

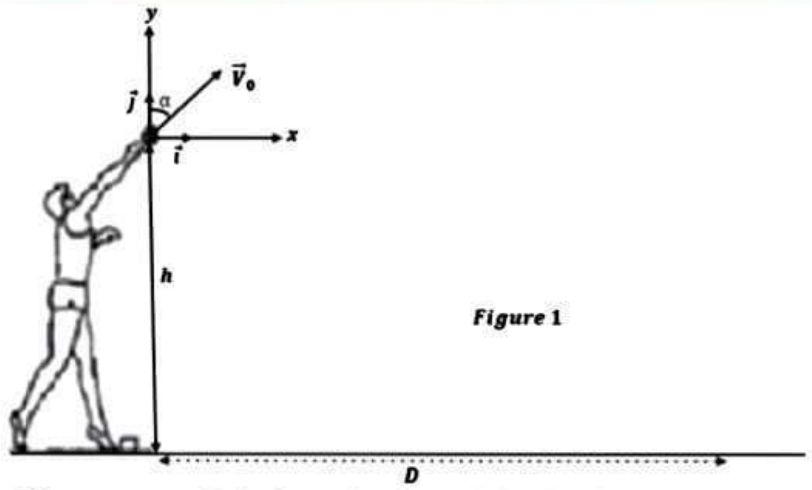


Figure 1

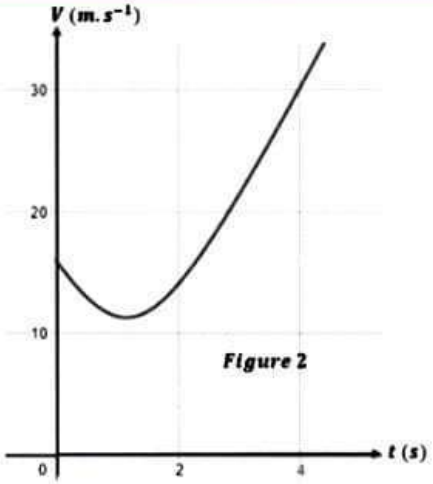


Figure 2

A l'instant $t = 0$, le champion lance le boulet de masse $m = 7,26\ kg$, à partir du point O, avec une vitesse initiale V_0 inclinée d'un angle α par rapport à la verticale et de l'altitude h.

On étudie le mouvement du boulet dans un repère terrestre orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ supposé galiléen.
Données : $h = 2,62\ m$; $g = 9,8\ m.s^{-2}$
On néglige l'action de l'air, et les dimensions du boulet devant les autres distances

1- Par application de la 2ème loi de Newton, établir les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du boulet **(1)**

2- L'équation de la trajectoire du boulet dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ s'écrit sous forme de : $y = A.x^2 + x$
Trouver l'expression de A **(0,5)**

3- Déterminer la valeur de la vitesse initiale du boulet V_0 **(0,5)**

4- En déduire la valeur de α sachant que $A = -3,83.10^{-2}\ m^{-1}$ **(0,5)**

Partie 2 : Etude d'un système oscillant {Ressort + un corps (S)}

Les tremblements de terre provoquent des vibrations terrestres qui se propagent dans toutes les directions et qu'on peut enregistrer à l'aide d'un sismographe qu'on peut assimiler à un oscillateur {Ressort + un corps (S)} qui peut être vertical, ou horizontal.

A l'extrémité d'un ressort (R) horizontal à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur k, on fixe un corps (S) de centre de gravite G et masse $m = 90\ g$ qui peut glisser sur un plan horizontal.

Pour étudier le mouvement du centre de gravite G du corps (S) on choisit un repère $(O, \vec{i})$ A l'équilibre l'abscisse du centre de gravite G est nul (figure 1)

On écarte le corps (S) d'une distance $X_m = 4\ cm$ de sa position d'équilibre et on le lâche à l'instant $t = 0$ sans vitesse initiale

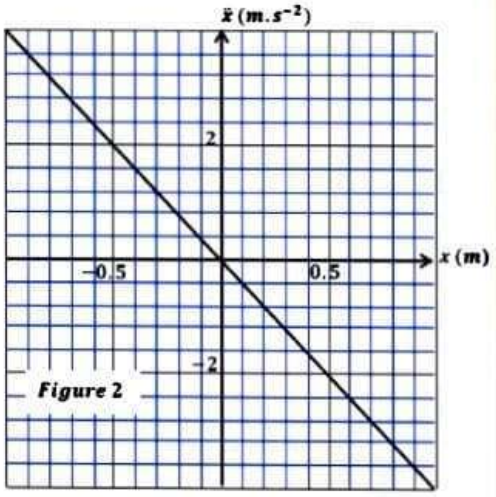


Figure 2

1- En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle du mouvement, déduire la nature du mouvement. **(0,75)**

2- La figure 2 donne la courbe représentative des variations de l'accélération $\ddot{x}$ du centre de gravité en fonction de l'abscisse x, déduire graphiquement la valeur de la constante de raideur K. **(0,5)**

3- Ecrire l'équation horaire du mouvement. **(0,5)**

4- Déterminer le sens et l'intensité de la force de rappel $\vec{F}$ appliquée par le ressort sur le corps (S) à l'instant $t = 0,3\ s$ **(0,5)**

5- Déterminer la valeur E_m l'énergie mécanique du système oscillant. **(0,75)**

1.1. $NH_2OH + H_2O \rightleftharpoons NH_3OH^+ + OH^-$

1.2. $\sigma = \lambda_{OH^-} \cdot [OH^-] + \lambda_{NH_3OH^+} \cdot [NH_3OH^+]$
$= \lambda_1 \cdot [OH^-] + \lambda_2 \cdot [NH_3OH^+]$
DTA : $[OH^-] = [NH_3OH^+]$

$$\sigma = [OH^-](\lambda_1 + \lambda_2)$$

1.3. $\alpha = \frac{[NH_3OH^+]}{C_1} = \frac{[OH^-]}{C_1} = \frac{\sigma}{(\lambda_1+\lambda_2)C_1}$

$$[OH^-] = \frac{\sigma}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

(A.N) : $\alpha = \frac{2{,}77\times10^{-3}}{19{,}8\times10^{-3}+9{,}0\times10^{-3}} \times \frac{10^{-3}}{6{,}06\times10^{-2}}$

$$\alpha = 4,16 \times 10^{-4}$$

1.4. $K = \frac{[NH_3OH^+]\cdot[OH^-]}{[NH_2OH]}$
DTA : $[NH_3OH^+] = [OH^-] = \alpha \cdot C_1$
$[NH_2OH] = \frac{C_1V - x_{éq}}{V} = C_1 - \frac{x_{éq}}{V} = C_1 - [OH^-] = C_1 - C_1\alpha = C_1(1-\alpha)$

$$\Longrightarrow K = \frac{[OH^-]^2}{[NH_2OH]} = \frac{(\alpha C_1)^2}{C_1(1-\alpha)} = \frac{C_1^2 \times \alpha^2}{C_1(1-\alpha)}$$

$$K = \frac{C_1\times\alpha^2}{1-\alpha}$$

$K = \frac{6{,}02\times10^{-2}\times(4{,}16\times10^{-4})^2}{1-(4{,}16\times10^{-4})}$
$K = 1,05 \times 10^{-8} < 10^4 \Longrightarrow$ **Réaction limitée**

1-5. $K_A = \frac{[NH_2OH]\times[H_3O^+]}{[NH_3OH^+]} \cdot \frac{[OH^-]}{[OH^-]}$

$$= \frac{[NH_2OH] \times K_e}{[NH_3OH^+] \times [OH^-]} = \frac{1}{K} \times K_e = \frac{K_e}{K}$$

$K_A = \frac{10^{-14}}{1{,}05\times10^{-8}} = 9,5 \times 10^{-7}$

$$pK_A = -\log K_A = -\log(9,5 \times 10^{-7}) = 6,02$$

2-1. $v = \frac{1}{V_T} \cdot \frac{dx}{dt}$ avec $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 70$ mL
$v_0 = \frac{1}{70\times10^{-3}} \times \frac{1\times10^{-4}-0}{(4,4-0)\times60} = 5,95 \times 10^{-5}$ mol $\cdot$ L^{-1} $\cdot$ min^{-1}

2-2. $x_f = 5,4 \times 10^{-4}$ mol
on a à $t = t_{1/2} \implies x_{1/2} = \frac{x_f}{2} = \frac{5,4\times10^{-4}}{2} = 2,7 \times 10^{-4}$ mol
Par projection $t_{1/2} = 1\text{h } 24\text{min}$

2-3. $K = \frac{[NH_3OH^+][CH_3COO^-]}{[NH_2OH][CH_3COOH]}$
$K = \frac{(C_4\cdot V_4+x_f)(C_3\cdot V_3+x_f)}{(C_2\cdot V_2-x_f)(C_1\cdot V_1-x_f)}$
$K = \frac{(3,03\times10^{-4}\times25\times10^{-3}+5,4\times10^{-4})(6,06\times10^{-4}\times15\times10^{-3}+5,4\times10^{-4})}{(3,03\times10^{-2}\times20\times10^{-3}-5,4\times10^{-4})(6,06\times10^{-2}\times10\times10^{-3}-5,4\times10^{-4})}$
$K = \ldots$

2-4. $K = \frac{[NH_3OH^+][CH_3COO^-]}{[NH_2OH][CH_3COOH]} = \frac{K_{A2}}{K_{A1}}$
$\implies K_{A2} = K \times K_{A1} = \ldots$

Partie 2 : Piles

1. $Q_{r,i} = \frac{[VO^{2+}]_i^2 \times [Zn^{2+}]_i}{[VO_2^+]_i^2 \times [H^+]_i^4}$

$Q_{r,i} = \frac{(10^{-2})^2 \times 0{,}1}{(0{,}1)^2 \times (0{,}5)^4} = 0{,}016$

$Q_{r,i} < K$ donc la réaction évolue dans le sens direct.

$2VO_2^+ + Zn + 4H^+ \rightarrow 2VO^{2+} + Zn^{2+} + 2H_2O$

2. cathode : Réduction (les ions)

$VO_2^+ + 2H^+ + e^- \rightleftharpoons VO^{2+} + H_2O$

B.

3. $\Delta m(Zn) = \Delta n(Zn) \cdot M(Zn)$

$\Delta n(Zn) = n_f(Zn) - n_0(Zn) = n_0(Zn) - x - n_0(Zn)$

$\Delta n(Zn) = -x$

$\Delta m(Zn) = -x \cdot M(Zn)$

on a $I \cdot t = n(e^-) \cdot F$ avec $n(e^-) = 2x$

$I \cdot t = 2x \cdot F \implies x = \frac{I \cdot t}{2F}$

$\Delta m(Zn) = -\frac{I \cdot t}{2F} \times M(Zn)$

$\Delta m(Zn) = -\frac{0{,}1 \times 2 \times 3600}{2 \times 9{,}65 \times 10^4} \times 65{,}4 = -0{,}24$ g

Physique

Exercice 1 :

1. nature ondulatoire.

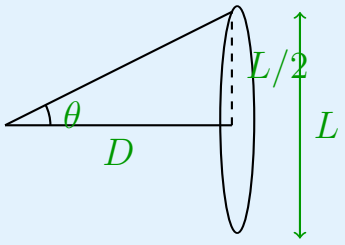
2. c'est une onde électromagnétique (seule fréquence).

3. $L = 8$ cm

4. $\theta = \frac{\lambda}{a}$

5. $\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$

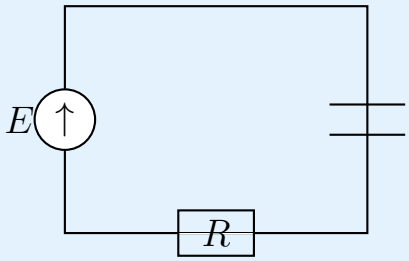
on a $\tan\theta \simeq \theta \implies \theta = \frac{L}{2D}$



6. $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \implies \lambda = \frac{L \cdot a}{2D} = \frac{8 \times 10^{-2} \times 11{,}9 \times 10^{-6}}{2 \times 0{,}6}$

$\lambda = 7{,}93 \times 10^{-7}$ m $= 793$ nm

Exercice 2 :



1. D'après la loi d'additivité des tensions :
$u_R + u_C = E$ avec $u_R = R \times i$
$R \times i + u_C = E$
avec $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du_C}{dt}$
$\Longrightarrow$ $RC \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = E$ $*$

2. $u_C = A(1 - e^{-t/\tau}) = A - A \cdot e^{-t/\tau}$
$\frac{du_C}{dt} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$
on remplace dans $*$:
$RC \times \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} + A - A \cdot e^{-t/\tau} = E$
$A \cdot e^{-t/\tau} \left(\frac{RC}{\tau} - 1\right) + A - E = 0$

$$\begin{cases} -1 + \frac{RC}{\tau} = 0 \\ A - E = 0 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \tau = RC \\ A = E \end{cases}$$

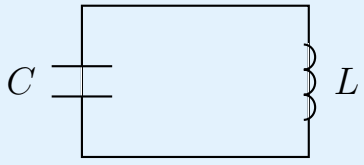
$u_C = E(1 - e^{-t/\tau})$

3. à $t = \tau$: $u_C = E - E \cdot e^{-\tau/\tau} = E - E \cdot e^{-1} = E(1 - e^{-1})$
$= 12 \times 0,63 = 7,6$ V
par projection $\tau = 2$ s $R = 4\ \text{k}\Omega = 4000\ \Omega$

4. on a $\tau = RC \Longrightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{2}{4000} = 5 \times 10^{-4}$ F $= 0,5$ mF

5. on a $u_C = E(1 - e^{-t/\tau}) = 12(1 - e^{-138,6/2}) = 6$ V

II. LC idéal



1. $u_L + u_C = 0$
$L \cdot \frac{di}{dt} + u_C = 0$ $\quad i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$
$LC \cdot \frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C = 0$ $\quad \frac{di}{dt} = C \cdot \frac{d^2u_C}{dt^2}$
$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C = 0$

2. LC $\Longrightarrow$ Régime Périodique
$u_C(t=0) = 6\text{V} = U_{Cmax}$
C_2 Représente régime Périodique convenable

$C_3 \rightarrow$ Régime Pseudo-Périodique
$(C_1) \rightarrow U_{Cmax} = 12\text{V} \neq 6$

3.1 $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$
$L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C} = \frac{(3\times 1{,}148\times 10^{-3})^2}{4\times 10\times 5\times 10^{-4}} = 9{,}85\times 10^{-4}$ H

3.2. $E_T = E_{emax} = \frac{1}{2}Cu_{max}^2 = \frac{1}{2}\times 5\times 10^{-4}\times 6^2 = 9\times 10^{-3}$ J

3.3. $E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}L\cdot i^2$

$$i = \sqrt{\frac{2}{L}\left(E_T - \frac{1}{2}Cu_C^2\right)} = 0 \text{ A.}$$

Partie 1 :

1. système étudié : {boulet (S)}
bilan forces : $\vec{P}$
en appliquant la deuxième loi de Newton
$\vec{P} = m\cdot\vec{a}$

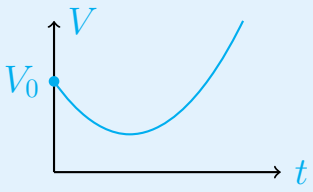
Projection sur (ox) et (oy) avec $\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \xrightarrow{\text{Par intégration}} \begin{cases} V_x = V_{0x} = V_0\cos\alpha \\ V_y = -gt + V_0\sin\alpha \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{Par intégration}} \begin{cases} x = V_0\cos\alpha\cdot t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0\sin\alpha\cdot t \end{cases}$$

2. on a $t = \frac{x}{V_0\cos\alpha}$
$y = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)^2 + V_0\sin\alpha\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)$
$y = -\frac{1}{2}g\frac{x^2}{V_0^2\cos^2\alpha} + x\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \qquad \left(\tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\right)$
$y = -\frac{1}{2}g\frac{x^2}{V_0^2\cos^2\alpha} + x\tan\alpha$
avec $A = -\frac{g}{2V_0^2\cos^2\alpha}$

3. $V_0 = 15$ m/s



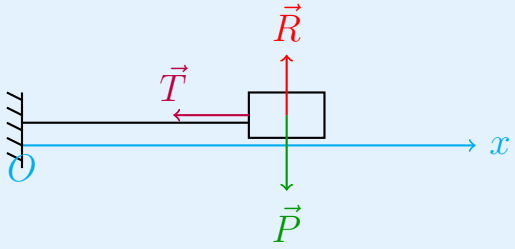
4. $A = -\frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}$

$$\cos^2 \alpha = -\frac{g}{2V_0^2 \cdot A} \Longrightarrow \cos \alpha = \sqrt{-\frac{g}{2V_0^2 \cdot A}} = \sqrt{-\frac{9{,}8}{2\times 15^2 \times (-\frac{9{,}8}{2\times 15^2 \times \cos^2(49°)})}}$$

$$\sin^2 \alpha = -\frac{g}{2V_0^2 \cdot A} \Longrightarrow \sin \alpha = \sqrt{-\frac{g}{2V_0^2 \cdot A}} = \sqrt{\frac{-9{,}8}{2\times 15^2 \times (-\frac{9{,}8}{2\times 15^2 \times 0{,}75^2})}}$$

$\sin \alpha = 0,75$
$\alpha = \sin^{-1}(0,75) = 49°$

Partie II



1. système étudié : {corps (S)}
bilan forces : $\vec{P}, \vec{R}, \vec{T}$
en appliquant 2ème loi de Newton
$\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}$
on projette sur (ox) :
$\overset{\to 0}{P_x} + T_x + \overset{\to 0}{R_x} = m \cdot a_x$
$-T = m \cdot \ddot{x} \implies -K \cdot x = m \cdot \ddot{x}$
$m \cdot \ddot{x} + K \cdot x = 0 \implies \ddot{x} + \frac{K}{m} \cdot x = 0$ **Mvt est rectiligne sinusoïdale oscillatoire**

2. $\ddot{x} = -\frac{K}{m} \cdot x$ et on a la courbe est une fonction linéaire qui s'écrit sous forme $y = a \cdot x$
par analogie $a = -\frac{K}{m}$ tel que a est le coefficient directeur :
$K = -a \cdot m = -\left(\frac{2-0}{-0,5-0}\right) \times 90 \times 10^{-3}$
$K = 36$ N/m

3. $x = x_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$
$x_m = 4$ cm
$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} = 2\pi\sqrt{\frac{90\times10^{-3}}{36}} = 0,3$ s
à $t = 0$ on a $x(t=0) = x_m \cos\varphi$
$x_m = x_m \cos\varphi \implies \cos\varphi = \frac{x_m}{x_m} = 1$
$\varphi = \cos^{-1}(1) = 0$
$x = 4 \times 10^{-2} \cos\left(\frac{2\pi}{0,3}t\right)$

4. $F = K \cdot x = K \cdot x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \overset{\to 0}{\varphi}\right)$
$= 36 \times 4 \times 10^{-2} \cos\left(\frac{2\pi}{0,3} \times 0,3\right)$
$F = 1,44$ N
à $t = T_0$: $x = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot T_0\right) = x_m > 0$
sens opposé à l'axe (ox)

5. $E_m = E_c + E_p = E_{p_{max}} = \frac{1}{2}K \cdot x_m^2 = \frac{1}{2} \times 36 \times (4 \times 10^{-2})^2$

$E_m = 0,72\ \text{J}$

	Normalisé	
	2eme BAC BIOF **Filière : Sciences Physique (SP)**	**Option : Français**
	Discipline : Physique-Chimie	**Durée de l'épreuve : 3h**
		Coefficient : 7

L'usage d'une calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

Le sujet comporte 4 exercices : Un de chimie et trois de physique.

Le sujet est en 10 pages.

Chimie (7points) :

Partie1 : Étude de quelques réactions de l'acide ascorbique

Partie 2: Oxydation de l'acide ascorbique par le bleu de méthylène

Physique1 : Onde : (2,5 points)

Partie1 onde mécanique

Partie2 onde lumineuse

Physique2 : nucléaire : (4,5 points)

Partie1 noyau et défaut de masse

Partie2 radioactivité et corps humain

.

Physique3 : Electricité (6 points)

Première 1 : charge et décharge d'un condensateur

Partie2 : Étincelles à l'ouverture d'un circuit à forte inductance

Chimie (7points)

La vitamine C aussi appelée " acide ascorbique de formule brute $C_6H_8O_6$ est un acide organique présent dans les citrons, les jus de fruits et les légumes frais. Elle intervient dans de nombreuses transformations chimiques dans l'organisme. Elle est connue sous le code $(E300)$. En pharmacie, la vitamine C est vendue sous forme de comprimés synthétisés aux laboratoires ; sur l'emballage on trouve écrit soit $C500$ où $C1000$.
L'objectif de cet exercice est d'étudier les propriétés de l'acide ascorbique et de déterminer la masse d'acide ascorbique présent dans un comprimé de vitamine C .
Données :

- masse molaire de l'acide ascorbique : $M = 176g.mol^{-1}$
- Couple ${}^{Acide}/_{Base}$ associé à l'acide ascorbique : $C_6H_8O_{6_{(aq)}}/{C_6H_7O_6}^-{}_{(aq)}$

Partie1 : Étude de quelques réactions de l'acide ascorbique

1- Détermination de la constante d'acidité de l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$:

On dispose au laboratoire d'une solution aqueuse d'acide ascorbique de volume V et de concentration molaire $C_0 = 1{,}0.10^{-2}mol.L^{-1}$. La mesure de son pH donne $pH = 3,0$ à $25°C$.

1-1- Ecrire l'équation de la réaction de la dissociation de l'acide ascorbique dans l'eau **0.5pt**

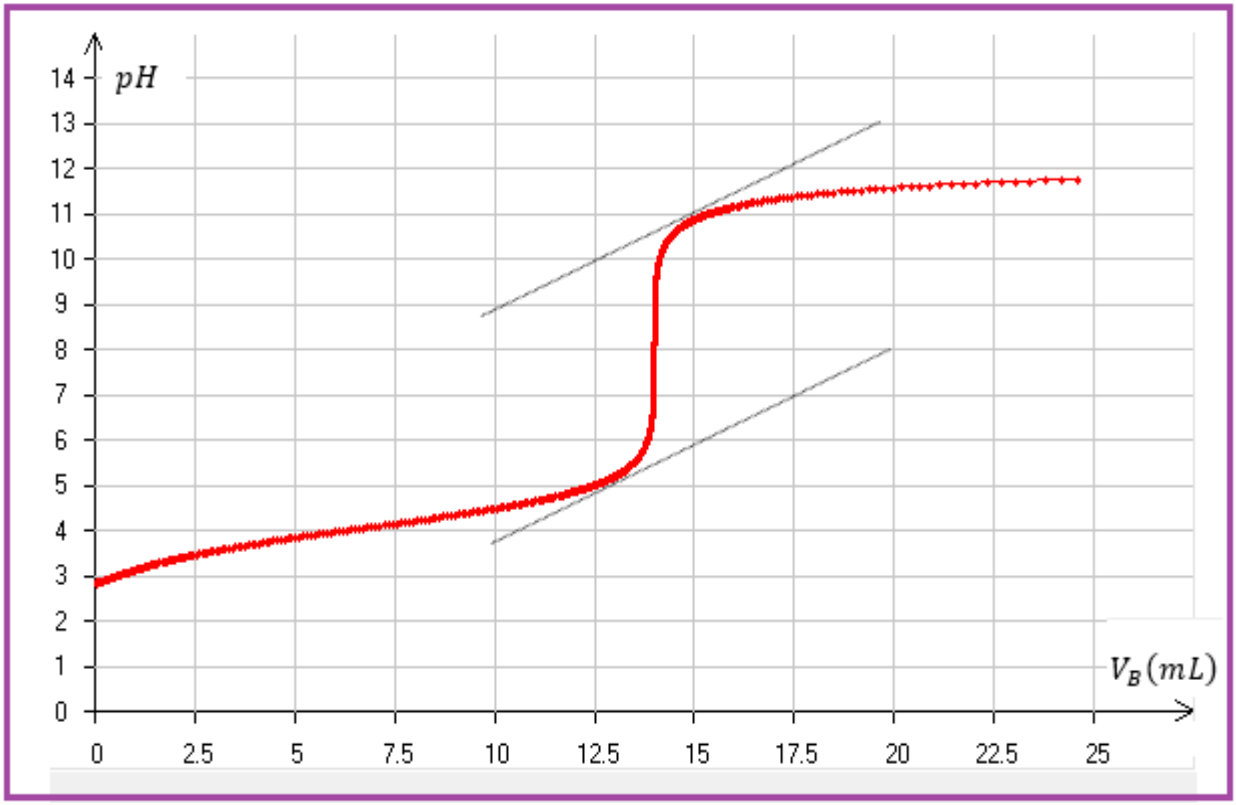
1-2- Dresser le tableau d'avancement de cette réaction **0.5pt**

1-3- Calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction, conclure **0.5pt**

1-4- Trouver l'expression de la constante d'acidité K_A du couple : **0.5pt**
$C_6H_8O_{6_{(aq)}}/{C_6H_7O_6}^-{}_{(aq)}$ en fonction de : C_0 et τ , et déduire la valeur de pK_A

2- Titrage de l'acide ascorbique contenu dans un comprimé par suivi pH −métrique :

Un comprimé de vitamine C est écrasé dans un mortier. La **poudre** est dissoute dans une fiole jaugée de volume $V = 100\ mL$ que l'on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
On obtient la solution (S_A) après homogénéisation. On prélève $V_A = 10mL$ de cette solution que l'on titre avec une solution (S_B)d'hydroxyde de sodium $\left({Na^+}_{(aq)} + {HO^-}_{(aq)}\right)$ de concentration $C_B = 2.10^{-2}mol.L^{-1}$ On suit le titrage par pH métrie. Le document ci dessous représente la variation du pH en fonction du volume de la soude ajoutée V_B.



2-1-Ecrire l'équation de la réaction du dosage **0.5pt**

2-2- Calculer la constante d'équilibre K de la réaction **0.5pt**

2-3- Déterminer les coordonnées du point d'équivalence (E) **0.5pt**

2-4- Déduire la masse d'acide ascorbique présent dans le comprimé, est ce qu'il s'agit d'un $C500$ où $C1000$ **0.5pt**

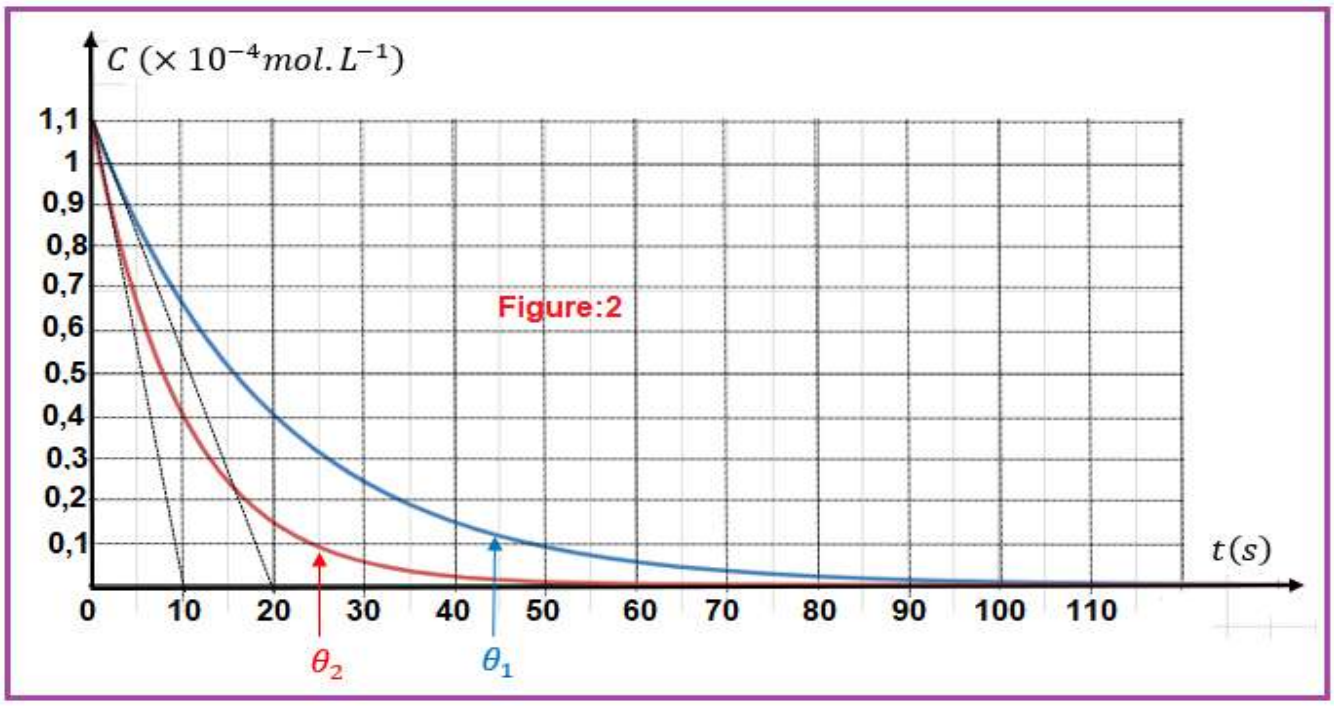
Partie 2: Oxydation de l'acide ascorbique par le bleu de méthylène

L'acide ascorbique est un réducteur, ce qui conditionne sa conservation à l'air libre. Dans cette partie, pour des raisons pratiques, on étudie ses propriétés réductrices en le faisant réagir avec du bleu de méthylène.

Au contact du bleu de méthylène, noté BM^+, l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ se transforme en un nouveau composé de formule brute $C_6H_6O_6$.

$$\boldsymbol{C_6H_8O_{6(aq)} + BM^+{}_{(aq)} \rightarrow C_6H_6O_{6(aq)} + H^+ + BMH_{(aq)}}$$

On réalise le suivi cinétique de cette réaction à deux températures différentes. Après traitement des résultats, on trace sur la figure 2 l'évolution temporelle de la concentration C de l'acide ascorbique, pour les deux températures choisies.



1- Dresser le tableau d'avancement de la réaction. (on notera V le volume de la solution étudiée supposé constant et $C_0 = \left[C_6H_8O_{6(aq)}\right]_0$ la concentration molaire de $C_6H_8O_{6(aq)}$à $t = 0$ **0.5pt**

2- Montrer que la concentration molaire de l'acide ascorbique à l'instant de demi-réaction $t = t_{1/2}$ est $\left[C_6H_8O_{6(aq)}\right]_{1/2}$.Déduire alors graphiquement $t_{1/2}$ pour l'expérience réalisée à la température θ_2. **0.75pt**

3- Trouver, pour la température θ_1, la vitesse volumique de réaction à l'instant $t = 0$ exprimée en$mol.L^{-1}.s^{-1}$. **0.5pt**

(T *représente la tangente* à *la courbe au point d'abscisse* $t = 0$)

4- Comparer θ_1 *et* θ_2 en justifiant la réponse **0.5pt**

5- Choisir la bonne réponse. Si la température augmente le temps de demi réaction $t_{1/2}$

A- augmente B- reste constant C- diminue. **0.5pt**

Ondes (4,5points)

Partie1 onde mécanique

un enfant laisse tomber un caillou dans un étang, perturbant la surface de l'eau

Un pécheur à la ligne se trouve non loin de là.

1- Que voit-on à la surface de l'eau ? **0.25pt**

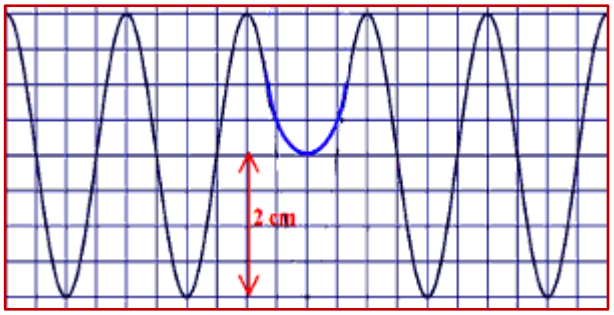
2- Quel est le mouvement du bouchon de la ligne du pécheur ? **0.25pt**

3- Y a-t-il transport de matière ? Justifier. **0.25pt**

4- Quelle onde modélise le phénomène observé ?. **0.25pt**

5- On reproduit l'expérience au laboratoire en utilisant un vibreur frappant la surface de l'eau d'une cuve à la fréquence N= 10 Hz

5-1- Reproduire le schéma ci-contre en indiquant les grandeurs suivantes : amplitude Ym;; longueur d'onde λ . **0.25pt**



5-2-Deux points A et B distants de 24,5 cm subissent la même perturbation avec un retard de 0,70 s . **0.25pt**

En déduire la célérité de l'onde.

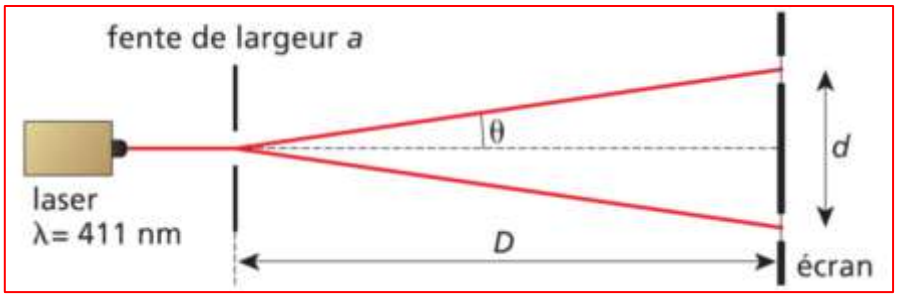
5-3-trouver la valeur de la période T de l'onde ? . **0.25pt**

5-4-trouver la valeur de la longueur d'onde λ?. **0.25pt**

5-5-Comparer l'état vibratoire des points d'abscisse en cm $A_1(15)$ avec $A_2(23,75)$ puis $B_1(2)$ avec $B_2(26;5)$, **0.25pt**

Partie2 onde lumineuse

On réalise une expérience de diffraction des ondes lumineuses à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de 411nm de longueur d'onde, une fente de largeur a et un écran situé à une distance D, schéma ci-contre.



1- Donner le domaine des longueurs d'onde dans le vide associé aux radiations visibles avec les colleurs correspondantes on donne : **0.25pt**

Vert : 500-578 nm , Rouge : 620-700 nm , Violet : 400-446 nm , Bleu : 446-500 nm

2- Une onde lumineuse est-elle une onde mécanique ? Justifier. **0.25pt**

3- Donner la relation entre la longueur d'onde dans le vide λ, la célérité c et la période T. Préciser les unités. **0.25pt**

4- Calculer les valeurs de la période T et de la fréquence f d'une onde électromagnétique de longueur onde λ = 411nm , donne c=3,00.108ms^{-1} **0.5pt**

5-Donner la relation entre l'écart angulaire du faisceau diffracté θ , la longueur d'onde λ et la largeur a de la fente. **0.25pt**

6-pour les petits angles $\tan\theta \approx \theta$ (rd) , donner la relation entre θ , la distance D entre la fente et l'écran et la largeur d de la tache centrale de diffraction **0.25pt**

7- établir la relation entre a en fonction de d, λ et D **0.25pt**

8-calculer les valeurs de a dans les cas suivantes : **0.25pt**

λ=411nm, D= 20cm, d=1,0cm

λ=411nm, D= 20cm, d=0,10cm

Nucléaire (2,5 points)

Partie1 noyau et défaut de masse

Choisir et montrer la réponse juste

1- L'énergie de liaison El est liée à l'énergie de masse par la relation $El = \Delta m.c^2$. En notant m_p la masse d'un proton, m_n la masse d'un neutron et m_{noyau} la masse d'un noyau, le défaut de masse Δm figurant dans la relation précédente est égale à: **0.25pt**

A: $\Delta m = \left[Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n\right] - m_{noyau}$

B : $\Delta m = m_{noyau} - \left[Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n\right]$

C: $\Delta m = \left[Z \cdot m_p + A \cdot m_n\right] - m_{noyau}$

2- Si un noyau lourd absorbe un neutron peut se fractionner en noyaux moins lourds en libérant des neutrons, on a une réaction nucléaire: **0.25pt**

A : De fusion B : De fission C : D' explosion

Partie2 radioactivité et l'homme

Le polonium $^{210}_{84}Po$, découvert en 1898 par Pierre et Marie Curie, se désintègre avec émission d'une particule α. Le polonium 210 est très toxique. La dose maximale du polonium 210 que peut supporter le corps humain correspond à une activité $\boldsymbol{a_{max} = 740Bq}$.

Données :

- Les masses en (u) : $m(^4_2He) = 4{,}0015$, $m(n) = 1{,}0087$, $m(p) = 1{,}0073$
- La masse molaire du polonium210 : $M(^{210}_{84}Po) = 210g.mol^{-1}$
- La constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}mol^{-1}$
- $1u = 1{,}66.10^{-27}Kg = 931{,}5MeV.C^{-2}$

1- La transformation radioactive du polonium 210 donne le noyau de plomb $^A_Z Pb$.Écrire l'équation de désintégration du polonium 210. **0.25pt**

2- Calculer l'énergie de liaison de la particule α. **0.25pt**

3- A l'aide du diagramme d'énergie représenté dans la figure (1), calculer :

3-1- L'énergie $|\Delta E|$ produite par cette réaction. **0.25pt**

3-2- L'énergie de liaison de noyaux $^{210}_{84}Po$ et $^A_Z Pb$ **0.25pt**

4- Déduire $\boldsymbol{Elib}$ l'énergie libérée par la désintégration de $\boldsymbol{m = 2,1g}$ de polonium 210 **0.25pt** .

5- La courbe de la figure (2) représente les variations de $\boldsymbol{ln\left(\frac{N_0(Po)}{N(Po)}\right)}$ en fonction du temps, Avec $N_0(Po)$ le nombre de noyaux de polonium dans un échantillon à un instant de date $t = 0$ et $N(Po)$ le nombre de nouaux restant dans le même échantillon à un instant de date t. **0.5pt**

A l'aide de cette courbe déterminer en jours la demi-vie du polonium $t_{1/2}$

6- Calculer en gramme la masse maximale m_{max} du polonium 210 que peut supporter le corps humain sans risque. **0.25pt**

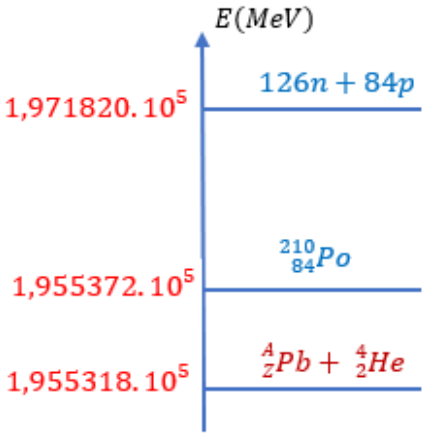


Figure:1

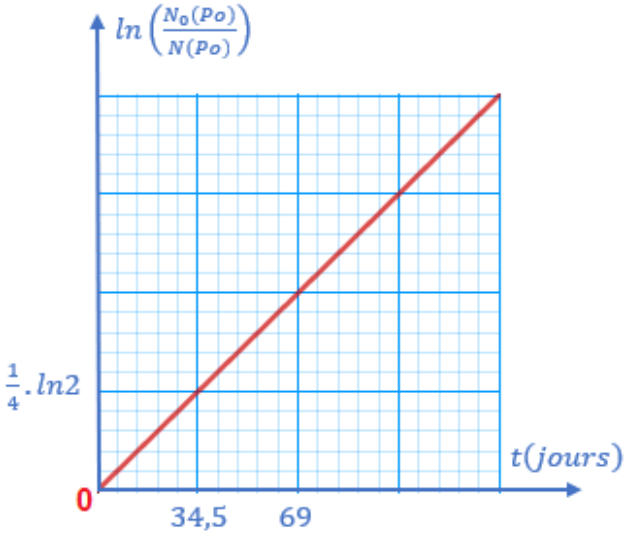


Figure:2

Electricité (6points)

Parte1 : charge et décharge d'un condensateur

On réalise le montage schématisé sur la figure (1)

Constitué de :

* un générateur idéal de tension de force électromotrice E
* un conducteur ohmique de résistance R réglable
* un condensateur de Capacité C
* un Interrupteur K à double position
* Conducteur ohmique de résistanceR_0.

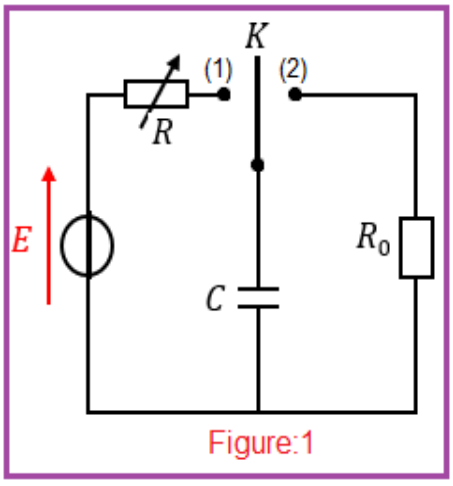
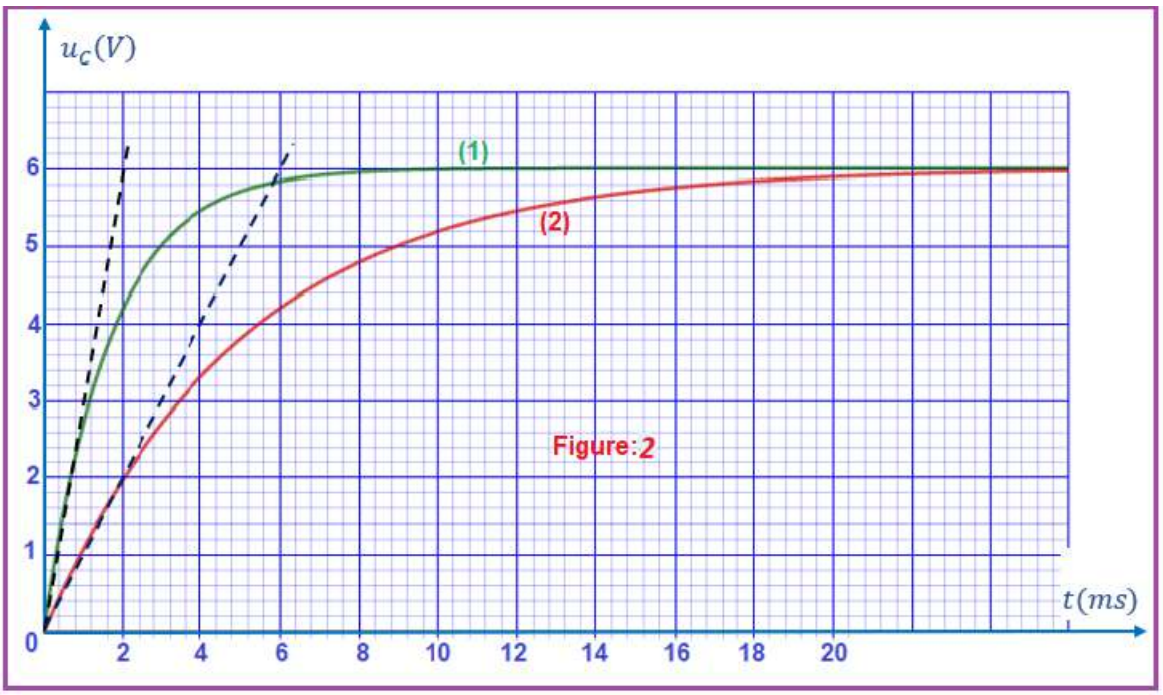


Figure:1

1- Etude de la charge du condensateur 11*0,25

Le condensateur initialement non chargé, on bascule l'interrupteur K (figure 1) vers la position (1) à un instant considéré comme origine des dates $(t = 0)$. On obtient les deux courbes (1) et (2) de la figure (2) représentent respectivement les évolutions temporelles de la tension $u_C(t)$ aux bornes du

Condensateur pour$\mathbf{R_1 = 20k\Omega}$ et R_2.



-

1-1- Reproduire le schéma de la figure 1 et indiquer comment est branché un système d'acquisition informatisé pour visualiser la tension $u_C(t)$ **0.25pt**

1-2-Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ **0.25pt**

1-3- La solution de cette équation différentielle est $u_C(t) = A\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$, Trouver en fonction des paramètres du circuit, les expressions de A et de τ . **0.5pt**

1-4- En exploitant les courbes (1) et (2), vérifier la valeur de la capacité C du condensateur et déterminer la valeur de la résistance R_2. 0.25pt

1-5- Déduire comment influe la résistance sur la constante de temps. **0.25pt**

1-6- Déterminer la valeur de la force électromotrice$E$. **0.25pt**

2- Etude de la décharge du condensateur :

Le condensateur ainsi chargé, on bascule, à un instant considéré comme une nouvelle origine des dates $(t = 0)$, L'interrupteur K (figure 1) vers la position (2).

2-1- Établir l'équation différentielle vérifiée par $q(t)$. **0.25pt**

2-2- La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme :

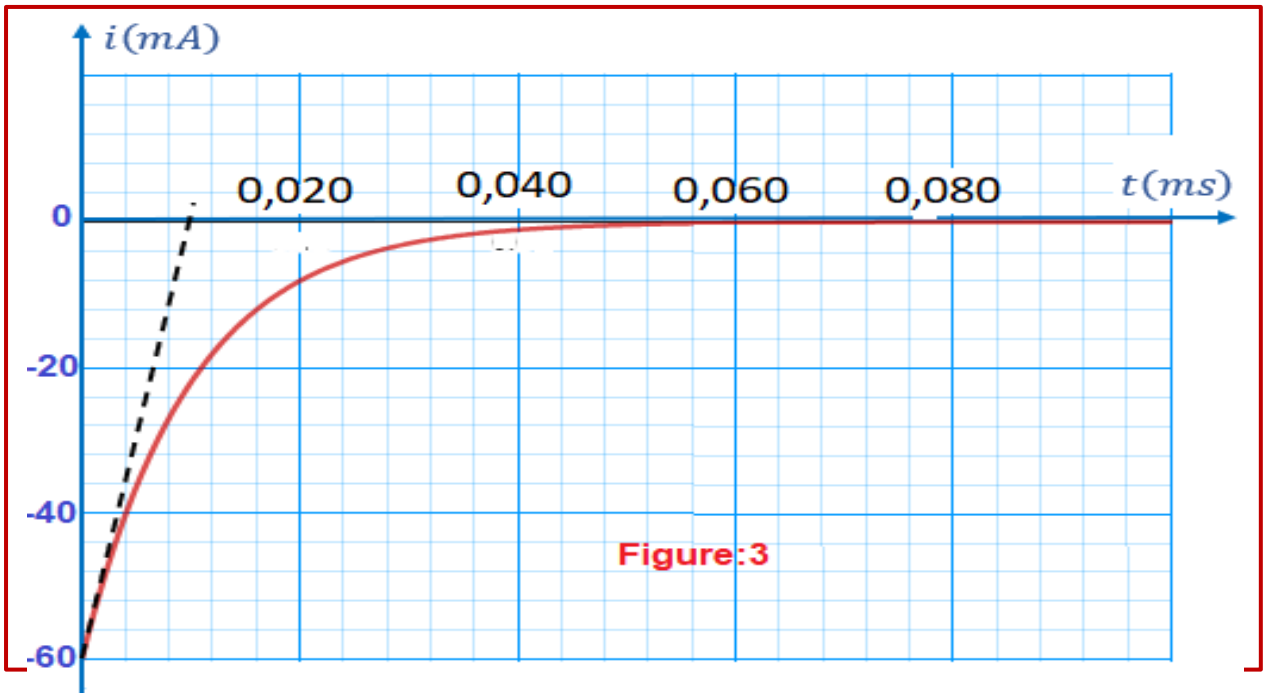
$\boldsymbol{q(t) = Be^{-t/\tau'}}$, déterminer les expressions de B et τ' **0.25pt**

2-3- Montrer que l'expression de l'intensité du courant circulant dans le circuit s'écrit sous la forme : $\boldsymbol{i(t) = -\frac{E}{R_0}e^{t/\tau'}}$ **0.25pt**

2-4- La figure - 3-représente la variation temporelle de l'intensité du courant $i(t)$ qui parcourt le circuit.

En exploitant la courbe déterminer les valeurs de R_0 et C. **0.5pt**

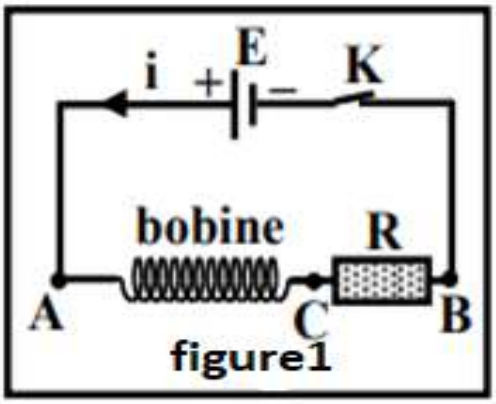
.



Partie2 : Étincelles à l'ouverture d'un circuit à forte inductance 11*0,25

On considère un circuit comportant en série une bobine, d'inductance L et de résistance r, un conducteur ohmique de résistance R = 10^4 Ω, un interrupteur K et un générateur idéal G de tension constante u_{AB}= E = 20 V.

On ferme l'interrupteur à l'instant t_0 = 0, le circuit est alors parcouru par un courant électrique d'intensité i (figure1)



1. Etude théorique

1-1- Établir l'équation diffirentielle qui décrit la variation de i. **0.25pt**

1-2- La solution de cette équation diffirentielle est de la forme : $i = Im(1\text{-}e^{-t/\zeta})$

Déterminer les expressions de et τ en fonction de E, R , r et L **0.5pt**

2. Étude expérimental

Les courbes (1) et (2) de (figure2) montrent les tensions u_{AC} aux bornes de la bobine et u_{CB} aux bornes du conducteur ohmique en fonction du temps t.

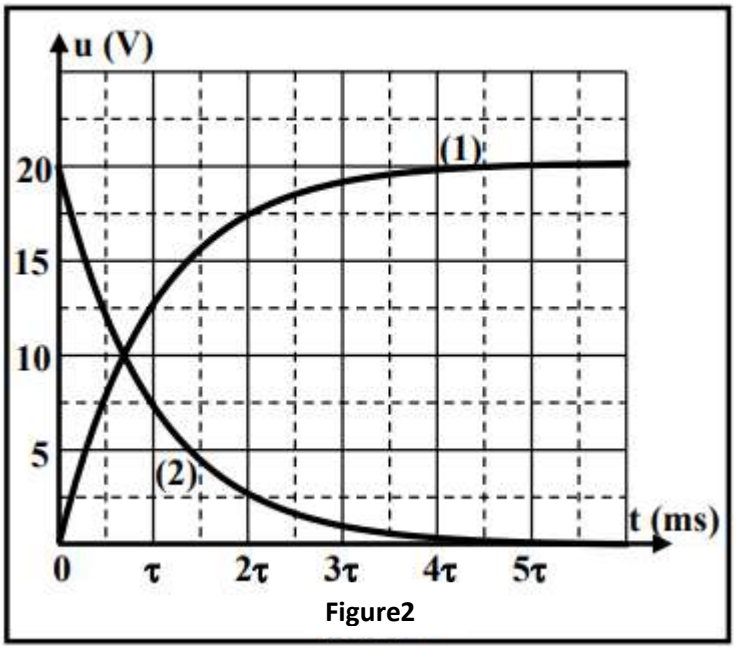


Figure2

2-1- La courbe (1) représente $U_{CB} = U_R$. Pourquoi ? **0.25pt**

2-2- En utilisant la courbe (2), montrer que la résistance r de la bobine peut être supposée négligeable. **0.25pt**

2-3- Le régime permanent est pratiquement atteint à t = 0,25 ms. Calculer la valeur de la constante ζ du circuit. **0.25pt**

2-4-Déduire que L = 0,5 H. **0.25pt**

2-5- Déterminer l'énergie magnétique maximale emmagasinée dans la bobine en régime permanent **0.25pt**

3. Ouverture du circuit

On ouvre l'interrupteur K brusquement, l'intensité du courant électrique est supposée décroitre linéairement avec le temps suivant la relation i = - 2000 t + 0,002 (SI).

3-1- Calculer la valeur de la tension aux bornes de la bobine pendant cette ouverture (résistance r négligeable). **0.25pt**

3-2- Déduire que durant la décroissance de l'intensité du courant électrique, des étincelles apparaissent au niveau des contacts de l'interrupteur. **0.25pt**

3-3- Proposer une méthode pour protéger l'interrupteur des étincelles. **0.25pt**

Chimie

Partie I : Étude de quelques réactions de l'acide ascorbique

1) Détermination de la constante K_A

1.1- L'équation de la réaction : $C_6H_8O_{6(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_7O^-_{6(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$.

1.2- Tableau d'avancement :

E.R	$C_6H_8O_6$	+ H_2O	$C_6H_7O^-_6$	+ H_3O^+
E.I	$n_0 = C_0V$	/	0	0
E.int	$C_0V - x$	/	x	x
E.F	$C_0V - x_f$	/	x_f	x_f

1.3- Le taux d'avancement τ :

$$\text{on a : } \tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{n_f(H_3O^+)}{C_0V} = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V}{C_0V} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C_0}$$

A.N. : $\tau = \frac{10^{-3}}{1\times10^{-2}} = 0,1 \Longrightarrow$ $\boxed{\tau = 0,1}$

1.4- L'expression de K_A :

$$\text{on a : } K_A = \frac{[C_6H_7O^-_6]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[C_6H_8O_6]_{eq}} = \frac{(x_f/V)^2}{C_0 - x_f/V}$$

$$\Longrightarrow K_A = \frac{(C_0\tau)^2}{C_0(1-\tau)} = \frac{C_0\tau^2}{1-\tau} \Longrightarrow \boxed{K_A = \frac{C_0\tau^2}{1-\tau}}$$

A.N. : $K_A = \frac{1\times10^{-2}\times0,1^2}{1-0,1} = 1,11 \times 10^{-4}$ et $pK_A = -\log(K_A) = -\log(1,11 \times 10^{-4})$

$$\Longrightarrow \boxed{pK_A = 3,95}$$

2) Titrage de l'acide ascorbique.

2.1- L'équation de la réaction du dosage : $C_6H_8O_6 + HO^- \longrightarrow C_6H_7O^-_6 + H_2O$

2.2- La constante d'équilibre (K) :

$$\text{on a : } K = \frac{[C_6H_7O_6^-]}{[C_6H_8O_6]\cdot[HO^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{K_A}{K_e}$$

$$\Longrightarrow \boxed{K = K_A/K_e} \quad \text{A.N. : } K = \frac{1,11\times10^{-4}}{10^{-14}} \Longrightarrow \boxed{K = 1,11\times10^{10}}$$

2.3 Les coordonnées du point d'équivalence : $pH_E \simeq 8$ et $V_{BE} \simeq 13,8 \simeq 14\,\text{mL}$

2.4- on a la relation d'équivalence : $C_AV_A = C_BV_{BE}$

$$\Longrightarrow C_A = \frac{C_BV_{BE}}{V_A} = \frac{m}{M\cdot V} \Longrightarrow m = \frac{M\cdot V\cdot C_B\cdot V_{BE}}{V_A}$$

A.N : $m = 176\times100\cdot10^{-3}\frac{2\times10^{-2}\times14\times10^{-3}}{10\times10^{-3}} = 0,4928$ d'où $\boxed{m \simeq 0,5\,\text{g}}$

puisque $m = 0,49\,\text{g} \simeq 0,5\,\text{g} = 500\,\text{mg}$
donc il s'agit d'un comprimé C 500.

Partie II : Oxydation de l'acide ascorbique

1 - Le tableau d'avancement

E.R	$C_6H_8O_{6(aq)}$	+ $BM^+_{(aq)}$	$C_6H_6O_{6(aq)}$	+ $H^+_{(aq)}$	+ $BMH_{(aq)}$
$t=0$	C_0V	n_i	0	0	0
$\forall t$	$C_0V - x$	$n_i - x$	x	x	x

2 - à $t = t_{1/2}$ on $x(t_{1/2}) = \frac{x_m}{2} = \frac{C_0V}{2}$

$$\text{avec } \begin{cases} x(t_{1/2}) = [C_6H_8O_6]_{1/2}\cdot V \\ x_m = [C_6H_8O_6]_m\cdot V \end{cases} \Longrightarrow [C_6H_8O_6]_{1/2} = \frac{1}{2}[C_6H_8O_6]_m$$

la valeur à θ_2 est $\boxed{t_{1/2} \simeq 7\,(s)}$

3 - on a $v_1 = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = -\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt} = \frac{1{,}1\times10^{-4}-0}{20-0} = 5,5 \times 10^{-6}$

D'où $v_1 \simeq 5,5 \times 10^{-6}$ mol.L^{-1}.s^{-1}

4 - on a la pente $\left(\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}\right)_{\theta_1} < \left(\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}\right)_{\theta_2} \Longrightarrow v_1 < v_2$
et puisque la vitesse est proportionnelle à θ,

on a donc $\theta_1 < \theta_2$

5 - si $\theta \nearrow \Longrightarrow t_{1/2} \searrow \Longrightarrow$ (c)

PHYSIQUE

Partie : 2

1 - Le domaine du visible correspond aux longueurs d'ondes allant du violet au rouge, c'est à dire de $400\,\text{nm}$ à $700\,\text{nm}$.

2 - puisque la lumière se propage dans le vide donc c'est pas une onde mécanique.

3 - on a $\lambda = c \cdot T$ $\left(T \text{ en (s)}; \lambda \text{ en (m) et } c \text{ en (m.s}^{-1}\text{)}\right)$

4 - on a $\lambda = 411\,\text{nm} = 411 \times 10^{-9}\,\text{m}$ et $c = 3 \times 10^{8}\,\text{m.s}^{-1}$

$$\Longrightarrow T = \frac{\lambda}{c} = \frac{411 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{8}} = 1,37 \times 10^{-15} \quad \text{D'où} \boxed{T = 1,37 \times 10^{-15}\,\text{s}}$$

$$\text{et } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,37 \times 10^{-15}} = 7,3 \times 10^{14} \quad \text{D'où} \boxed{f = 7,3 \times 10^{14}\,\text{Hz}}$$

5 - La relation : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

6 - d'après la figure on a : $\tan\theta = \frac{d/2}{D} = \frac{d}{2D} \simeq \theta \Longrightarrow \frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D}$

D'où $\boxed{\theta = \frac{d}{2D}}$

7 - $\frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D} \Longrightarrow \boxed{a = \frac{2D \cdot \lambda}{d}}$

---

8 -

$$\begin{cases} \lambda = 411\,\text{nm} = 411 \times 10^{-9}\,\text{m} \\ D = 20\,\text{cm} = 0,2\,\text{m} \\ d = 1\,\text{cm} = 0,01\,\text{m} \end{cases} \Longrightarrow a = \frac{2 \times 0,2 \times 411 \times 10^{-9}}{0,01} = 1,64 \times 10^{-5}\,\text{m}$$

$$\begin{cases} \lambda = 411 \times 10^{-9}\,\text{m} \\ D = 0,2\,\text{m} \\ d = 0,001\,\text{m} \end{cases} \Longrightarrow a = \frac{2 \times 0,2 \times 411 \times 10^{-9}}{0,001} = 1,64 \times 10^{-4}\,\text{m}$$

Physique : 2 Nucléaire

Partie : 1

1 - $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{noyau}} \Longrightarrow$ (A)
2 - la fission nucléaire $\Longrightarrow$ (B)

Partie : 2

1 - on a $^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He} \Longrightarrow \begin{cases} 210 = A + 4 \\ 84 = Z + 2 \end{cases} \Longrightarrow$

$\begin{cases} A = 206 \\ Z = 82 \end{cases} \Longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb}$

D'où : $^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$

2 - Calcul de $E_\ell({}^{4}_{2}\text{He})$

$$E_\ell({}^{4}_{2}\text{He}) = \Delta m \cdot c^2 = (2 \times 1,0073 + 2 \times 1,0087 - 4,0015) \cdot c^2$$

$$= 0,0305 \times c^2 \times 931,5\,\text{MeV/c}^2 = 28,41 \Longrightarrow$$

$E_\ell({}^{4}_{2}\text{He}) = 28,41\,\text{MeV}$

3 - en utilisant la figure : 1
3-1 . l'énergie $|\Delta E|$

$$|\Delta E| = |1,955318 \times 10^5 - 1,955372 \times 10^5| = 5,4$$

D'où $|\Delta E| = 5,4\,\text{MeV}$

3-2 . $*$ $E_\ell(\text{Po}) = 1,971820 \times 10^5 - 1,955372 \times 10^5 = 1644,8$

D'où $E_\ell(\text{Po}) = 1644,8\,\text{MeV}$

$*$ on a $\Delta E = E_\ell(\text{Po}) - E_\ell(\text{Pb}) - E_\ell(\text{He})$ avec $\Delta E = -5,4\,\text{MeV}$

$$\Longrightarrow E_\ell(\text{Pb}) = E_\ell(\text{Po}) - \Delta E - E_\ell(\text{He})$$

$\Longrightarrow E_\ell(\text{Pb}) = 1644,8+5,4-28,41 = 1621,79$ D'où $E_\ell(\text{Pb}) = 1621,79\,\text{MeV}$

4 - on a $|\Delta E| = 5,4\,\text{MeV}$ l'énergie libérée par $N = 1$ noyau de Po et E_{lib} par une masse $m = 2,1\,\text{g}$ c'est à dire un nombre de noyaux N' tel que $N' = N_a \cdot \frac{m}{M}$ et $E_{\text{lib}} = N' \cdot |\Delta E|$

$$\Longrightarrow E_{\text{lib}} = N_a \cdot \frac{m}{M} \cdot |\Delta E|$$

A.N : $E_{\text{lib}} = 6,02 \times 10^{23} \times \frac{2,1}{210} \cdot 5,4 = 3,25 \times 10^{22}$

D'où $E_{\text{lib}} = 3,25 \times 10^{22}\,\text{MeV}$

5 - selon la loi de la décroissance radioactive $N(\text{Po}) = N_0(\text{Po}) \cdot e^{-\lambda t}$

$$\Longrightarrow \frac{N(\text{Po})}{N_0(\text{Po})} = e^{-\lambda t} \quad \text{on introduit } \ln$$

$$\Longrightarrow \ln\left(\frac{N(\text{Po})}{N_0(\text{Po})}\right) = \ln e^{-\lambda t} \Longrightarrow \ln\frac{N(\text{Po})}{N_0(\text{Po})} = -\lambda t$$

$$\Longrightarrow \ln\frac{N_0(\text{Po})}{N(\text{Po})} = \lambda t \quad ; \quad \text{graphiquement } \lambda \text{ représente la pente de la droite}$$

$$\Longrightarrow \lambda = \frac{\frac{1}{4}\ln 2 - 0}{34,5 - 0} = 5,022 \times 10^{-3}$$ D'où $\lambda = 5,022 \times 10^{-3}\,\text{j}^{-1}$

et $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 13,8$ D'où $t_{1/2} = 13,8\,\text{j}$

6 - on a $a = \lambda N$ avec $N_{\max} = \frac{m_{\max}}{M} \cdot N_a \implies m_{\max} = \frac{a_{\max}}{N_a \cdot \lambda} M$

$$\text{A.N :} \quad m_{\max} = \frac{740 \times 210}{6,02 \times 10^{23} \times 5,8 \times 10^{-8}} = 4,45 \times 10^{-12}$$

$$\text{avec } \lambda = 5,022 \times 10^{-3}\,\text{j}^{-1} = \frac{5,022 \times 10^{-3}}{24 \times 3600} = 5,8 \times 10^{-8}\,\text{s}^{-1}$$

D'où : $m_{\max} \simeq 4,45 \times 10^{-12}\,\text{g}$

Physique : 3 Électricité

Partie 1 : Charge et décharge d'un condensateur

1-1 - voir figure à côté

1-2 - l'équation différentielle
d'après la loi d'additivité des tensions
on a : $u_c + u_R = E$
avec $u_R = Ri = R\frac{dq}{dt} = RC\frac{du_c}{dt}$

$$\Longrightarrow \boxed{u_c + RC\frac{du_c}{dt} = E} \quad (1)$$

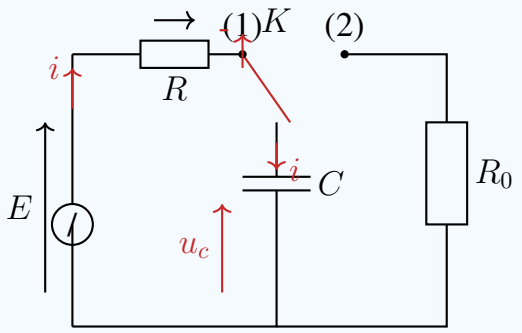


Figure : 1

1-3 - la solution on a $u_c = A(1 - e^{-t/\tau}) = A - Ae^{-t/\tau}$ et $\frac{du_c}{dt} = \frac{A}{\tau}e^{-t/\tau}$
en remplaçant dans (1) $A - Ae^{-t/\tau} + RC\frac{A}{\tau}e^{-t/\tau} = E$

$$\Longrightarrow Ae^{-t/\tau}\left(\frac{RC}{\tau} - 1\right) + A = E \Longrightarrow Ae^{-t/\tau}\left(\frac{RC}{\tau} - 1\right) = E - A$$

$$\begin{cases} \frac{RC}{\tau} - 1 = 0 \Longrightarrow \boxed{\tau = RC} \\ E - A = 0 \Longrightarrow \boxed{A = E} \end{cases}$$

D'où : $\boxed{u_c(t) = E \cdot (1 - e^{-t/RC})}$

1-4 - on a graphiquement : $\begin{cases} \tau_1 = 2 \times 10^{-3}\,\text{s} \\ \tau_2 = 6 \times 10^{-3}\,\text{s} \end{cases}$

$$\begin{cases} \tau_1 = R_1 C \\ \tau_2 = R_2 C \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} C = \frac{\tau_1}{R_1} = \frac{2\times10^{-3}}{20\times10^{3}} \\ R_2 = \frac{\tau_2}{C} = \frac{6\times10^{-3}}{1\times10^{-7}} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} C = 1 \times 10^{-7}\,\text{F} = 0,1\,\mu\text{F} \\ R_2 = 60 \times 10^{3}\,\Omega = 60\,\text{k}\Omega \end{cases}$$

1-5 - d'après les calculs on a $R_2 > R_1$ et $\tau_2 > \tau_1$
donc plus que R augmente, τ augmente aussi.

1-6 - graphiquement $u_{C_{\max}} = E = 6\,\text{V} \Longrightarrow \boxed{E = 6\,\text{V}}$

2 - Étude de la décharge

2-1 - on a $u_c + u_{R_0} = 0$ avec $u_c = \frac{q}{C}$ et $u_{R_0} = R_0 i = R_0 \frac{dq}{dt} \Longrightarrow$

$$q + R_0 C \frac{dq}{dt} = 0 \quad (1)$$

2-2 - la solution est $q(t) = Be^{-t/\tau'}$ et $\frac{dq}{dt} = -\frac{B}{\tau'} e^{-t/\tau'}$
on remplace dans (1) $\Longrightarrow$ $Be^{-t/\tau'} - \frac{R_0 CB}{\tau'} e^{-t/\tau'} = 0$

$$\Longrightarrow Be^{-t/\tau'} \left(1 - \frac{R_0 C}{\tau'}\right) = 0 \quad \text{on a } 1 - \frac{R_0 C}{\tau'} = 0 \Longrightarrow \boxed{\tau' = R_0 C}$$

aux conditions initiales on a $q(t = 0) = q_{\max} = CE = Be^0 = B \Longrightarrow$

$$\boxed{B = CE}$$

D'où la solution est $q(t) = CEe^{-t/R_0 C}$

2-3 - on a $i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left(CEe^{-t/R_0 C}\right) = -\frac{1}{R_0 C} \cdot CEe^{-t/R_0 C}$

D'où $\boxed{i(t) = -\frac{E}{R_0} e^{-t/R_0 C}}$

2-4 - en régime permanent : on a $I_0 = E/R_0 \Longrightarrow R_0 = \frac{E}{I_0} = \frac{6}{60 \times 10^{-3}}$

D'où $\boxed{R_0 = 100\,\Omega}$

or $\tau' = R_0 C \Longrightarrow C = \frac{\tau'}{R_0} = \frac{0{,}01 \times 10^{-3}}{100} = 10^{-7}$

D'où $\boxed{C = 10^{-7}\,\text{F} = 0{,}1\,\mu\text{F}}$

Partie : 2 : Étincelle à l'ouverture d'un circuit à forte inductance.

1. Étude théorique

1-1 - on a $u_{AB} = u_{AC} + u_{CB}$ avec $u_{AB} = E\,;\, u_{AC} = L\frac{di}{dt} + ri\,;\, u_{CB} = Ri$

$$\Longrightarrow\ E = L\frac{di}{dt} + ri + Ri \ \Longrightarrow\ \boxed{L\frac{di}{dt} + (R + r)i = E} \quad (1)$$

1-2 . la solution est $i = I_m(1 - e^{-t/\tau})$ et $\frac{di}{dt} = \frac{I_m}{\tau}e^{-t/\tau}$
on remplace dans (1) : $L\frac{I_m}{\tau}e^{-t/\tau} + (R + r)I_m(1 - e^{-t/\tau}) = E$

$$\Longrightarrow\ I_m e^{-t/\tau}\left[\frac{L}{\tau} - (R + r)\right] + (R + r)I_m = E$$

avec
$$\begin{cases} \frac{L}{\tau} - (R + r) = 0 \ \Longrightarrow\ \boxed{\tau = \frac{L}{R+r}} \\ (R + r) \cdot I_m = E \ \Longrightarrow\ \boxed{I_m = \frac{E}{R+r}} \end{cases}$$

2 - Étude expérimentale

2-1 - puisque le courant augmente au cours de l'établissement et $R = \text{cst} \Longrightarrow$ u_R augmente au cours du temps $\Longrightarrow$ (1) représente u_R.

2-2 - en régime permanent on a : $i(t) = I_m$ et $u_{AC} = 0$:

$$\Longrightarrow\ u_{AC} = L\frac{di}{dt} + ri = L\frac{dI_m}{dt} + rI_m = L \cdot 0 + rI_m = 0$$

$$\Longrightarrow\ rI_m = 0 \quad \text{D'où } \boxed{r = 0}$$

2-3 - le régime permanent est atteint à $t = 5\tau \ \Longrightarrow\ 5\tau = 0,25\,\text{ms}$

$$\Longrightarrow\ \tau = \frac{0,25}{5} = 0,05 \quad \text{D'où } \boxed{\tau = 0,05\,\text{ms}}$$

2-4 - on a $\tau = \frac{L}{R+r} \Longrightarrow L = \tau \times (R+r)$

A.N $L = 0,05 \times 10^{-3} \times (10^4 + 0) = 0,5$ D'où $\boxed{L = 0,5\,\text{H}}$

2-5 - on a $E_m = \frac{1}{2}Li^2 \quad (i = I_m)$

$$\Longrightarrow E_m = \frac{1}{2}LI_m^2 \quad \text{avec } I_m = \frac{E}{R+r}$$

$$\Longrightarrow E_m = \frac{1}{2}L\left(\frac{E}{R+r}\right)^2 \quad \text{A.N : } E_m = \frac{1}{2} \times 0,5 \times \left(\frac{20}{10^4}\right)^2$$

D'où $\boxed{E_m = 1 \times 10^{-6}\,\text{J}}$

3 - ouverture du circuit

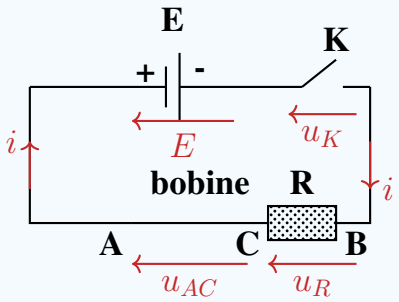


figure 1

3-1 - on a $u_{AC} = L\frac{di}{dt} \quad (r = 0)$

$$\Longrightarrow u_{AC} = L\frac{d}{dt}(-2000t + 0,002)$$

$$= -L \times 2000 = -0,5 \times 2000 = -1000$$

D'où $\boxed{u_{AC} = -1000\,\text{V}}$

3-2 - l'interrupteur est fermé depuis longtemps (le régime permanent est atteint $i = \frac{E}{R}$).
à $t = 0$ on ouvre l'interrupteur. il apparait une tension $u_K(t)$ aux bornes de l'interrupteur (à $t = 0$).
en appliquant la loi d'additivité des tensions $E = u_K(t) + u_{AC}(t) + u_R(t)$

$$\Longrightarrow u_K(t) = E - u_{AC}(t) - u_R(t) = E - L\frac{di}{dt} - Ri(t)$$

avec $i(t) = -2000t + 0,002 \Longrightarrow \frac{di}{dt} = -2000$

$$\Longrightarrow u_K(t) = E - L(-2000) - R \cdot \frac{E}{R} = E + 2000 \cdot L - E$$

$$\Longrightarrow\ u_K(t) = 2000 \times 0,5 = 1000\ \Longrightarrow\ \boxed{u_K = 1000\,\text{V}}$$

Cette tension élevée qui apparait aux bornes de l'interrupteur à l'instant de l'ouverture, causera l'apparition d'un étincelle entre les bornes de l'interrupteur (K).

3-3 pour protéger le circuit contre la surtension on branche un condensateur en parallèle avec l'interrupteur pour emmagasiner l'énergie produite.

Royaume du Maroc
Ministère de l'Education Nationale
du Préscolaire & des Sports

Simili
-Sujet-

Matière	**Physique chimie**	**Durée : 3h**
Branche	**Sciences physiques –option française**	**Coefficient : 7**

- ✓ *L'usage de la calculatrice scientifique **non programmable** est autorisé.*
- ✓ *La formule littérale doit être donnée avant l'application numérique et le résultat accompagné de son unité.*
- ✓ *Les exercices peuvent être traités séparément selon le choix du candidat(e).*

Le sujet comporte quatre exercices : deux exercices en chimie et quatre exercices de physique.

Exercices: Chimie (7 points)

- **Exercice 1:** Cinétique de la dissociation du pentaoxyde de diazote

- **Exercice 2:** Etude d'une solution d'acide benzoïque

Exercices : Ondes (points)

- **Exercice 1:** Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau.

- **Exercice 2:** Mesure de la largeur d'une fente
  Mesure de l'indice réfraction de l'eau :
  Contrôle de la fabrication des fils fins

Exercices: Nucléaire (5 points)

- **Exercice 1:** Les transformations nucléaires dans les centrales nucléaires

- **Exercice 2:** Datation par la méthode Uranium-Thorium

Chimie (7 points): Les deux Exercices 1 et 2 sont indépendantes

Exercice1 : Cinétique de la dissociation du pentaoxyde de diazote (3,5 points)

Les oxydes (NO_2, N_2O_3, NO, CNO_2...) sont considérés parmi les polluants principaux de l'atmosphère à cause de leur participation dans la formation des pluies acides qui sont nocives pour l'environnement d'une part et l'augmentation de l'effet de serre d'autre part.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la cinétique de la dissociation du pentaoxyde de diazote N_2O_5 En NO_2 et O_2

Données:

Constante des gaz parfaits R = 8,31 $J.mol^{-1}.K^{-1}$. Équation d'état des gaz parfaits : $P.V=n.R.T$

On considère que tous les gaz se comportent, au cours de l'expérience, comme des gaz parfaits.

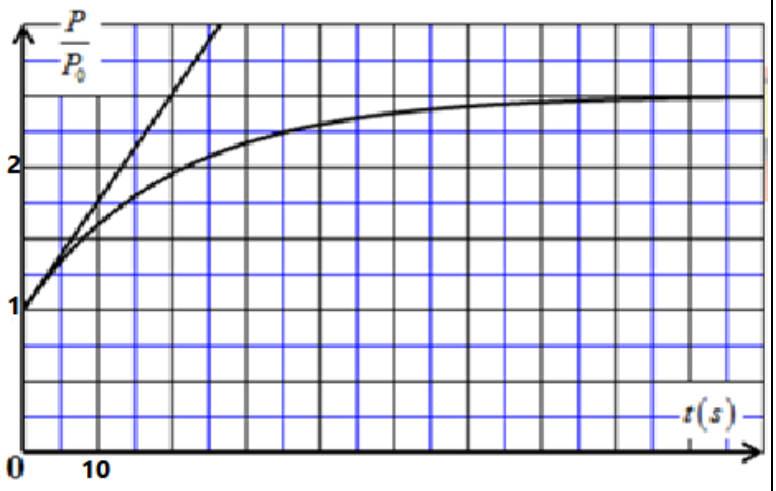
On se propose d'étudier la cinétique de cette réaction lente et totale .On place du pentaoxydede diazote dans une enceinte fermée de volume V = 0,50 L à température constante T = 318 K.

Un baromètre mesure l'évolution de la pression P de l'enceinte en fonction du temps.

À t =0, on mesure une pression P_0 = 463,8 hPa = $4,638.10^4$ Pa.

À température élevée, le pentaoxyde de diazote,de formule N_2O_5 se décompose selon la réaction lente suivante : $2.N_2O_{5(g)} \rightarrow 4.NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

Les mesures du rapport $\frac{P}{P_0}$ en fonction du temps sont reportées dans le tableau .À partir de ces mesures, on représenter le graphique de la quantité $\frac{P}{P_0}$ en fonction du temps (figure ci-contre).



1-la quantité de matière initiale n_0 du pentoxyde de diazote.

1-1-Montrer que n_0 = $8,8.10^{-3}$ mol**(0,5pt)**.

1-2-Dresser le tableau d'avancement de la transformation chimique étudiée. **(0,25pt)**

1-3-Montrer que l'avancement maximal x_{max} de la réaction a pour valeur 4, 4mmol. **(0,25pt)**

2-Pour réaliser ce suivi temporel de la réaction, ila fallu trouver la relation entre P / P_0 et x.

2-1En utilisant le tableau d'avancement, exprimer la quantité de matière totale de gaz n_G en fonction de n_0 et de x avancement de la réaction. **(0,5pt)**

2-2- En déduire, en appliquant l'équation d'état des gaz parfaits, la relation suivante : $\frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0}$ **(0,75pt)**

3-1-Trouver l'expression de la vitesse volumique de la réaction en fonction $\frac{P}{P_0}$ de n_0, V et la dérivée par rapport au temps de la fonction **et** calculer sa valeur à t=0 **(0,75pt)**

3-2-Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et déterminer sa valeur à l'aide du graphe. **(0,5pt)**

Exercice2 (3,5points) : Etude d'une solution d'acide benzoïque

L'acide benzoïque est un composé organique de formule brute **C_6H_5-COOH** (code E210). Il est utilisé dans la fabrication de plusieurs colorants organiques et aussi utilisé comme matière conservatrice dans l'industrie des produits agroalimentaires..

Données • Acide benzoïque : solide blanc, masse molaire **M= 122 g/mol**

• Couple acide base **C_6H_5COOH / $C_6H_5COO^-$**

On dissout une masse **m=0,44g** d'acide benzoïque, de formule **$C_6H_8O_6$** dans un volume d'eau **V=500mL.**

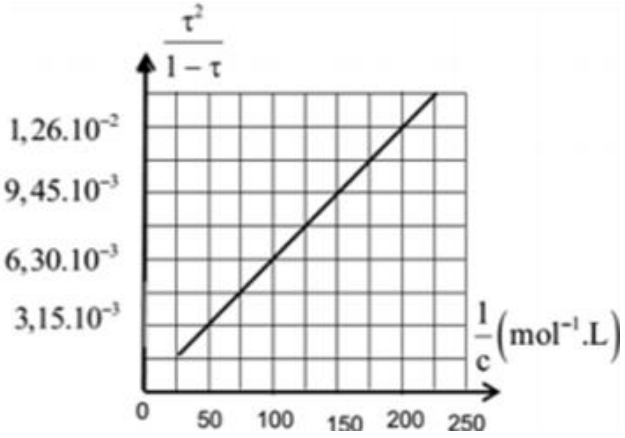
1-Calculer la concentration molaire **C_0** en soluté apporté de la solution d'acide benzoïque. **(0,5pt)**

2-Ecrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau. **(0,25pt)**

3- Etablir un tableau d'avancement correspondant à cette transformation **S_0** chimique, en fonction de **C_0, V_0** et **$x_{éq}$** avancement à l'état d'équilibre. **(0,25pt)**

4- Exprimer le taux d'avancement final τ en fonction de la concentration $[H_3O^+]_{éq}$ et de C_0. **(0,5pt)**

5- Donner l'expression de la constante d'équilibre **K**, puis montrer que son expression peut s'écrire sous la forme : $\mathbf{K = \frac{\tau^2 C_0}{1-\tau}}$ **(0,5pt)**



6- A partir de la mesure de **pH** de différentes solutions d'acide benzoïque de concertations **C**, on a déterminé le taux d'avancement τ de chaque solution. la figure ci-dessus représente la variation de $\frac{\tau^2}{1-\tau}$ en fonction de $\frac{1}{C}$.

6-1- Vérifier, que la valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation de cet équilibre chimique est égale à K **=6,3.10^{-5}** puis déduire la valeur du taux d'avancement final τ.**(0,5pt)**

A 25°C on dilue la solution précédente en ajoutant un volume V d'eau distillé, la concentration molaire devient C'=10^{-3}Mol/L

6-Calculer la valeur du pH' de la solution dilué **(0,5pt)**

7-Déterminer la valeur de **τ' (0,25pt)**

8-Quelle est l'influence de la dilution sur le taux d'avancement final **(0,25pt)**

Physique (13 points): Les deux parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie 1(7points) : Les ondes mécaniques et la propagation de l'onde lumineuse

EXERCICE 1 (3points) : Propagation d'un signal à la surface de l'eau

On se propose dans cet exercice d'étudier la propagation d'un signal mécanique à la surface de l'eau. Un caillou jeté, en un point O, dans une cuve contenant de l'eau de profondeur h, provoque la formation d'une onde circulaire qui se propage à la surface de l'eau. (Figure ci-dessous)

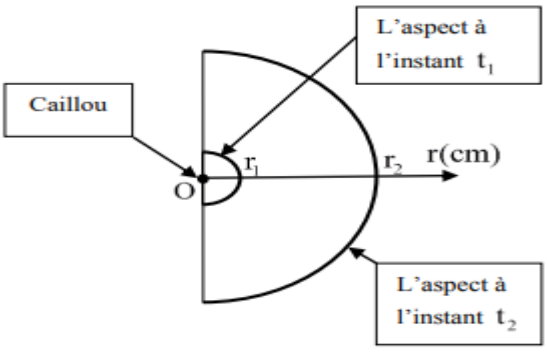
1- Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :**(0,5pt)**

A	Une onde progressive périodique est caractérisée par sa célérité
B	Un milieu est dispersif si la célérité de l'onde dépend de sa période T.
C	Lors de la diffraction dans un même milieu, la célérité de l'onde est modifiée
D	Les ondes mécaniques progressives peuvent se propager dans le vide

2- La figure suivante donne l'aspect de la surface de l'eau à deux instants t_1 et t_2.

Le tableau suivant donne les valeurs des rayons du front d'onde à des instants donnés :

t(s)	**0**	**t_1**	**$t_2 = t_1 + 1,5$**
r(cm)	**0**	**$r_{1=14}$**	**$r_2 = 56$**



2-1- Déterminer la valeur de la célérité v de l'onde. **(0,5pt)**

2-2- En déduire la valeur de l'instant t_2. **(0,5pt)**

3- On peut estimer la célérité v de l'onde qui se propage à la surface d'eau par la relation : $v = \sqrt{g.h}$ avec g = 9,8 m.s^{-2} étant l'intensité de la pesanteur et h la profondeur de l'eau.

3-1- En utilisant les équations aux dimensions, vérifier l'homogénéité de cette relation**. (0,75pt)**

3-2- Calculer h. **(0,75pt)**

Exercice 2 : (4 pts)

1. Mesure de la largeur d'une fente :

Un faisceau de lumière laser, de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 632{,}8\text{nm}$, tombe normalement sur une fente verticale de largeur a. La figure de diffraction est observée sur un écran placé perpendiculairement au faisceau laser à une distance $D = 1{,}5\text{m}$ de la fente. Soit L la largeur de la tache centrale (Figure 3).

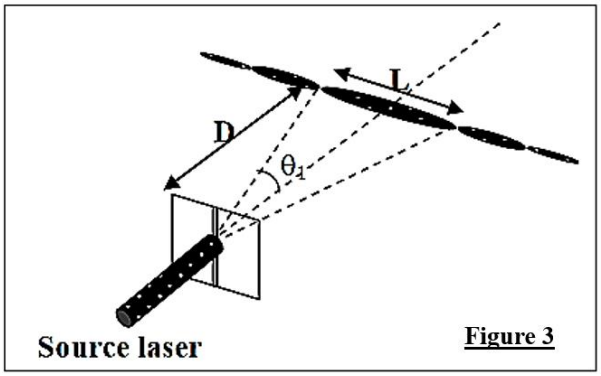


Figure 3

Pour faibles angles, prendre $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ en radian.

1.1. Quelle est la nature de la lumière mise en évidence par cette expérience. **(0,25 pt)**

1.2. Écrire la relation entre a, θ et λ.**(0,25 pt)**

1.3. Établir la relation entre a, λ, L et D. **(0,5 pt)**

1.4. Sachant que L=6,3mm, calculer en μm la largeur a de la fente utilisée. **(0,5 pt)**

2. Mesure de l'indice réfraction de l'eau :

On plonge le dispositif précédent dans l'eau d'indice de réfraction n. On obtient une nouvelle figure de diffraction car le milieu a été changé, la largeur linéaire de la tache centrale est $L' = 4{,}7\text{mm}$.

2.1. Quelles sont les grandeurs qui ne changent pas lorsqu'une onde lumineuse monochromatique passe d'un milieu transparent à un autre. **(0,25 pt)**

2.2. Montrer que la longueur d'onde λ' de la lumière laser dans l'eau s'écrit sous la forme : $\lambda' = \frac{L\prime a}{2D}$.

Calculer, en unité nm, la valeur de la longueur d'onde λ'. **(0,5 pt)**

2.3. Déterminer la relation entre λ, λ' et n. **(0,75 pt)**

2.4. Déduire la valeur de l'indice de réfraction de l'eau n. **(0,5 pt)**

3. Contrôle de la fabrication des fils fins :

Un fabricateur de fils fins désire contrôler le diamètre des fils produits. Il conserve la même source laser mentionnée dans la première partie mais il remplace la fente par un fil fin vertical. Il observe sur l'écran le phénomène de diffraction (figure 4). Pour $D = 2{,}60\text{m}$, il obtient une tache centrale de largeur linéaire constante $L'' = 3{,}4\text{mm}$.

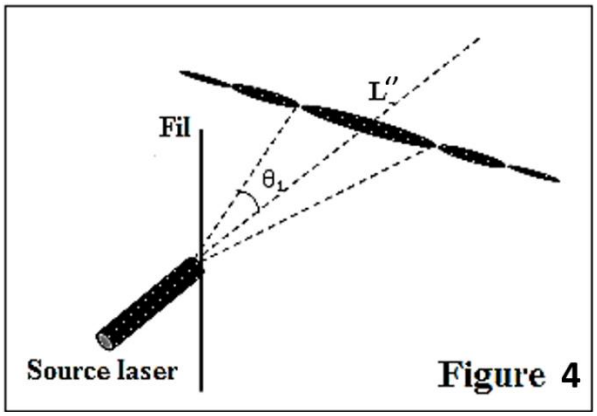


Figure 4

3.1. Calculer la valeur du diamètre a_1 du fil éclairé en un point donné. **(0,25pt)**

3.2. Le fabricateur éclaire le fil en différentes positions dans les mêmes conditions précédentes.

Préciser l'indicateur qui lui permet de contrôler que le diamètre du fil est constant.**(0,25pt)**

Partie 2 (6points) : Transformations nucléaires

Exercice 1(2,75 points) : Les transformations nucléaires dans les centrales nucléaires

le 11mars 2011 et Apres le grand séisme du japon il s'est produit l'accident de la centrale nucléaire de Fokochima.la plus par des pays cherchent à utiliser l'énergie nucléaire pour produire l'énergie électrique ,et dans d'autres domaines (médecine, militaire…)L'accident de Fokochima à tirer l'attention des pays même ceux qui possèdent des moyens technologiques pour contrôler les centrales nucléaires de penser à fermer les centrales nucléaires ,et chercher d'autres moyens pour produire de l'énergies électrique .

Données :

- Les masses molaires : en $g.mol^{-1}$: $(^{235}_{92}U) = 235$, $(^{131}_{53}I) = 131$
- Les masses des noyaux : en μ :

$m(^{235}U) = 235{,}043924$, $m(^{131}I) = 130{,}906125$, $m(^{99}Y) = 98{,}9270$ $m_n = 1{,}0086656$

- $1\mu = 1{,}66\times10^{-27}\,Kg = 931{,}5MeV.C^{-2}$, $N_A = 6{,}02\times10^{23}\,mol^{-1}$ 1Mev=1,6022 .10^{-13} J

Lorsque on bombarde un noyau d'uranium $^{235}_{92}U$ par un neutron dans une centrale nucléaire, il se produit un noyau d'Yttrium $^{99}_{z}Y$ et un noyau d'iode $^{131}_{53}I$ et x neutrons$(^{1}_{0}n)$

1. Qu'appelle ton cette transformation nucléaire ?justifier votre réponse **(0,5pt)**
2. Ecrire l'équation de la transformation, et définir les valeurs de x et z **(0,75pt)**
3. Calculer $E_{liberee}$ l'énergie libérée au cours de cette transformation en MeV **(0,5pt)**
4. Calculer $E'_{liberee}$ l'énergie libérée par une masse $m = 1Kg$ d'uranium $^{235}_{92}U$ en MeV **(1pt)**

Exercice 2 (3,25 points) : Datation par la méthode Uranium-Thorium

Les sédiments marins contiennent du thorium $^{230}_{90}Th$ et de l'uranium $^{234}_{92}U$ avec des pourcentages différents selon leurs âges. Le thorium $^{230}_{90}Th$ présent dans ces sédiments provient de la désintégration spontanée de l'uranium $^{234}_{92}U$ au cours du temps.

Le but de l'exercice est l'étude de la désintégration de l'uranium $^{234}_{92}U$.

Données :

Energies de masse des nucléons et du noyau de l'uranium 234:

	92 protons	142 neutrons	Noyau
Énergie de masse en (MeV)	86321,9	133418,5	218009,1

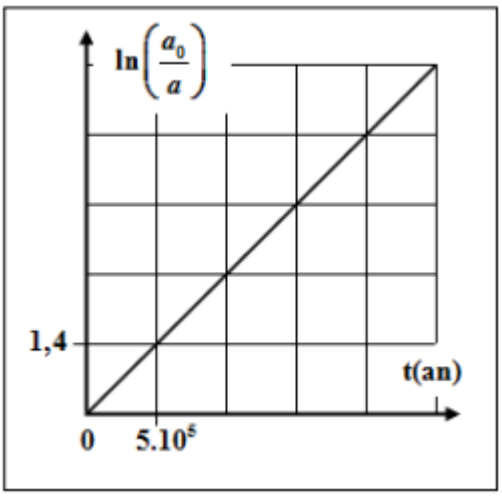
1. Donner la composition du noyau de thorium $^{230}_{90}Th$ **(0,5pt)**
2. Écrire l'équation de désintégration du noyau d'uranium $^{234}_{92}U$. Identifier le type de cette désintégration.**(0,5pt)**
3. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

L'énergie de liaison du noyau $^{234}_{92}U$ vaut : **(0,75pt)**

A	1,65.10 ^{3}MeV	**B**	1,73.10^3 MeV	**D**	1,85.10^3 MeV	**C**	1,98.10^3 MeV

4. On considère un échantillon de sédiment marin qui s'est formé à l'instant $t_0 = 0$. Cet échantillon contient N_0 noyaux d'uranium et pas de noyaux de thorium. On désigne par a_0 l'activité radioactive de l'échantillon à l'instant $t_0 = 0$ et par a l'activité radioactive de l'échantillon à l'instant t .

La courbe ci-contre représente les variations $\ln\left(\frac{a_0}{a}\right)$ de en fonction du temps.



4.1. Déterminer graphiquement en unité (an^{-1}) la valeur de la constante radioactive λ de l'uranium 234. **(0,75pt)**

4.2. L'étude de l'échantillon à l'instant t_1 (âge de l'échantillon) a montré que $\frac{a_0}{a} = \sqrt{2}$. Déterminer en unité (an) la valeur de t_1 âge de l'échantillon **(0,75pt)**

La matière	Physique – chimie
La filière	2ème année bac SMT "A" et " B " Biof

Physique II (Électricité) : 5,5 points

Partie 1 : Le circuit RC

On considère le circuit ci-contre comportant :

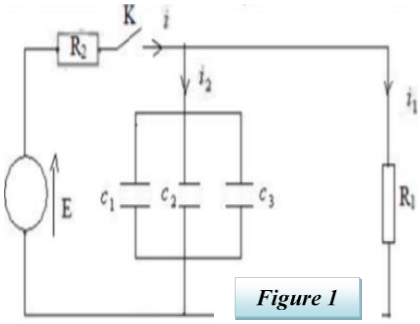


Figure 1

- Un générateur idéal de force électromotrice **E = 6V**.
- Deux conducteurs ohmiques de résistances $R_1 = 10\Omega$ et R_2 .
- Trois condensateurs de capacités : $C = C_1 = C_2$ et $C_3 = \frac{C}{2}$.

N.B : Les trois condensateurs sont initialement déchargés.

- Les composantes électriques sont reliées à l'aide des conducteurs.

1) À une date que l'on considère comme origine des dates, on ferme l'interrupteur **K**.

1-1) Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $U_C(t)$ entre les bornes des 3 condensateurs s'écrit sous la forme : $U_C(t) + \omega \frac{dU_C(t)}{dt} = \delta$ — 0,5

Tel que : ω et δ sont des constantes qu'on doit déterminer en fonction de R_1 ,R_2 , **E** et **C**.

1-2) En basant sur l'analyse dimensionnelle déterminer la dimension de ω et δ. — 0,25

1-3) Donner les expressions de : — 0,25

- $U_C(\infty)$
- $\frac{dU_C}{dt}$ **(0)**

2) Trouver l'expression de $U_C(t)$ la solution de l'équation différentielle. — 0,25

3) Déterminer l'expression du courant électrique passant dans le conducteur ohmique R_2 en régime permanant. — 0,25

Partie 2 : Le circuit RL

Dans cette partie on garde la conducteur ohmique R_1 et on remplace les trois condensateurs par une bobine d'inductance **L** et de résistance **r**.

- À un instant **t = 0** que l'on considère comme origine des dates, on ferme l'interrupteur **K**.

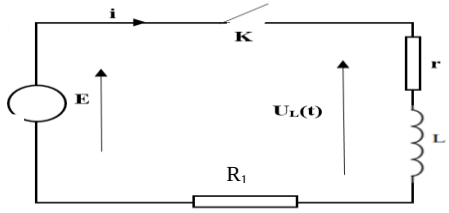


Figure 2

La matière	Physique − chimie
La filière	2éme année bac SMT "A" et " B " Biof

Dans cette on garde la conducteur ohmique $\mathbf{R_1}$ et on remplace les trois condensateurs par une bobine d'inductance **L** et de résistance **r**.

- À un instant **t = 0** que l'on considère comme origine des dates, on ferme l'interrupteur **K**.

0,25 1) Trouver l'équation différentielle régissant par la tension $\mathbf{U_L(t)}$ aux bornes de la bobine.

0,25 2) Sachant que la solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme : $\mathbf{U_L(t) = A + Be^{-\alpha t}}$

Trouver l'expression de **A**,**B** et $\boldsymbol{\alpha}$.

0,25 3) Déterminer la dimension de $\boldsymbol{\tau}$.

0,25 4) Déduire l'influence de l'inductance "**L**" sur la constante $\boldsymbol{\tau}$.

0,25 5) Donner l'expression numérique de la tension $\mathbf{U_L(t)}$ aux bornes de la bobine.

6) À l'aide d'un système d'acquisition informatisé, on trace la variation de tension $\mathbf{U_L(t)}$ en fonction du temps, comme l'indique la figure ci-contre :

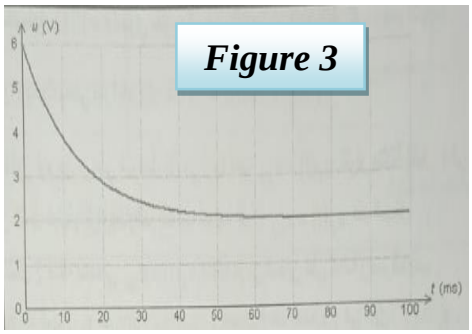


Figure 3

0,25 6-1) Calculer la valeur de la résistance r.

0,25 6-2) Trouver la valeur de la constante du temps $\boldsymbol{\tau}$ par 2 méth

0,25 6-3) Déduire la valeur de "**L**"

7) On garde la valeur de la résistance constante puis on change la valeur d'inductance "**L**", et on visualise la tension $\mathbf{U_L(t)}$, (voir la figure ci-contre).

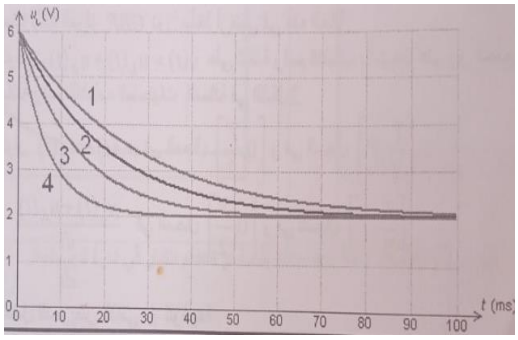


Figure 4

0,25 7-1) En se basant sur une méthode adéquate trouver la valeur d'inductance "**L**"

Pour chaque courbe.

0,25 7-2) Déterminer en justifiant la réponse la courbe qui représente l'inductance la plus grande.

<u>Partie 3 :</u> La modulation d'amplitude

La figure ci-contre représente la variation de la tension modulée :

$$\mathbf{U_S(t) = A(\ 1 + m.\cos(2\pi ft)\ \cos\ (2\pi Ft)}$$

La matière	Physique – chimie
La filière	2ème année bac SMT "A" et " B " Biof

en fonction de la tension : **S(t) = S_m.con(2πft)** qui représente l'information qu'on veut transmettre on visualise la courbe présentée dans la figure ci-contre à l'aide l'oscilloscope en appuyant sur le bouton **xy**.

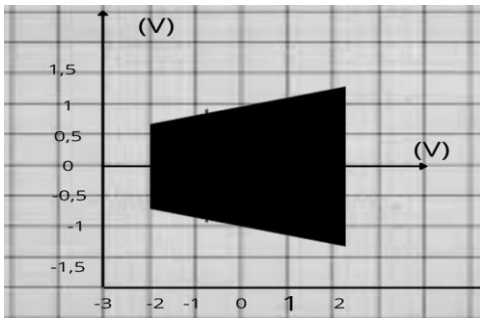


Figure 5

0,5 1) Que peut-on dire à propos de la qualité de modulation.

0,5 2) Déterminer graphiquement la valeur maximale et minimale de la tension modulée **U_s(t)**.

0,5 3) Calculer les valeurs de **m** et **A**.

Physique III (Mécanique) : 5,5 points

<u>Partie 1</u> : Les oscillateurs mécaniques

On considère le système mécanique représenté dans la figure ci-dessous comportant :

- Deux barres (Δ) et (**T**) relient on point **O** faisant l'angle $\theta = 30^0$.
- Un ressort de spires non jointives de longueur l_0 **= 15cm**, et d'une constante de raideur **K = 25N.m^{-1}** fixé en point **O**.
- Un corps solide (**S**) de masse **m = 250g**, fixé dans l'autre extrémité du ressort pouvant glisser sur la barre **T** sans frottement.

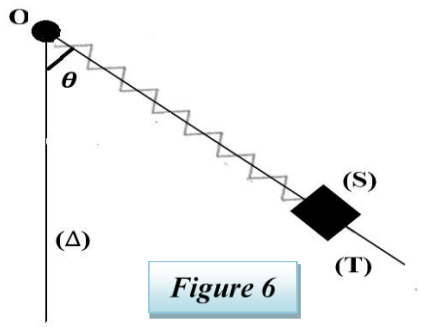


Figure 6

1) En considérant que le système est en état d'équilibre calculer :

0,5 1-1) La variation de l'allongement du ressort.

0,5 1-2) L'intensité de force appliquée par la barre (**T**) sur le corps (**S**).

0,5 1-3) La valeur de **F** la force de rappel.

2) On tourne la barre **(Δ)** autour de son axe de rotation avec une vitesse angulaire "ω" constante, sans provoquer le corps (**S**) d'être osciller.

0,5 2-1) Quelle est la nature de la trajectoire du centre d'inertie "**G**" du corps (**S**).

La matière	Physique − chimie	
La filière	2éme année bac SMT "A" et " B " Biof	

0,5 2-2) Calculer la longueur finale du ressort pour :

- ✓ ω = 6rad/s.
- ✓ ω = 12 rad/s.

0,5 2-3) Calculer l'intensité de la force exercée par la barre (**T**) sur le corps (**S**), pour les valeurs de ω précédentes , conclure.

3) Montrer que pour une valeur critique, ω_C de la vitesse angulaire, la force appliquée par la barre (**T**) sur le corps (**S**) s'annule.

<u>Partie 2</u> : Mouvement dans un fluide

Dans un endroit riche en gaz naturel, on constate l'émission des bulles gazeux du fond d'un lac calme.

Nous étudions le mouvement d'une bulle du gaz de rayon **r = 2mm** et de masse volumique φ = **0,72g/l**. Sachant que la température du lac est constante ce qui conserve la valeur du rayon de la bulle, au cours de son mouvement la bulle est soumit à une force de frottement visqueux modélisée par la force : $\vec{f} = -\beta\vec{V}$,tel que β est un facteur positif dépend du rayon de la bulle, de la viscosité du lac, et de la vitesse $\vec{V}$ dans le référentiel terrestre de la bulle.

0,5 1) En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen trouver l'équation différentielle vérifiée par la vitesse de la bulle.

0,5 2) Donner la solution de l'équation différentielle sachant que la bulle commence son mouvement sans vitesse initiale.

0,5 3) Sachant que la vitesse limite de la bulle est V_l = **0,2m/s**, déduire la valeur de β .

<u>On donne</u> : **g = 9,82m/s** et φ_e = **1g/ml**.

0,5 4) Calculer la distance parcourue par la bulle lorsque la relation suivante est vérifiée : $V = \frac{63}{100}.V_e$

0,5 5) Calculer la durée nécessaire pour la bulle atteint la surface du lac, sachant que son profondeur est **H = 25cm**.

CORRECTION CHIMIE

Exercice : 1

1-1- Selon l'équation des gaz parfait : $PV = nRT$

$$\text{à } t = 0 \implies P_0V_0 = n_0RT \implies n_0 = \frac{P_0V_0}{RT} \; ; \; A.N.\, n_0 = \frac{4.638 \times 10^4 \times 0.5 \times 10^{-3}}{8.31 \times 318}$$

D'où : $\boxed{n_0 = 8.8 \times 10^{-3} \text{ mol}}$

1-2- Tableau d'avancement

Eq. de reaction		$2N_2O_5(g) \longrightarrow$	$4NO_2(g)+$	$O_2(g)$
Etat	Avancement			
E. initial	0	n_0	0	0
En cours	x	$n_0 - 2x$	$4x$	x
E. final	x_m	$n_0 - 2x_m$	$4x_m$	x_m

1-3- sachant que N_2O_5 est le réactif limitant $\implies n_f(N_2O_5) = 0$

$$\implies n_0 - 2x_m = 0 \implies x_m = \frac{n_0}{2} = \frac{8.8 \times 10^{-3}}{2} \implies \boxed{x_m = 4.4 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

2-1- d'après le tableau d'avancement on a $n_G = n_0 - 2x + 4x + x = n_0 + 3x$ donc $\boxed{n_G = n_0 + 3x}$

2-2- l'équation d'état des gaz parfait on a :

$$\text{à } t = 0 : P_0V_0 = n_0RT \quad \text{et à l'instant } t : PV = n_G \cdot RT = (n_0 + 3x) \cdot RT$$

$$\implies RT = \frac{P_0V_0}{n_0} \quad (1)$$

$$\text{Donc d'après (1) et (2) on a : } \frac{P_0\cancel{V}}{n_0} = \frac{P\cancel{V}}{n_0 + 3x} \implies P_0(n_0 + 3x) = P \cdot n_0$$

$$\text{donc } \frac{P}{P_0} = \frac{n_0 + 3x}{n_0} = 1 + \frac{3x}{n_0} \quad \text{D'où : } \boxed{\frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0}}$$

3-1- La vitesse volumique v : on a $v(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

$$\text{et d'après } \frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0} \text{ on a : } \frac{P}{P_0} - 1 = \frac{3x}{n_0} \implies 3x = n_0\left(\frac{P}{P_0} - 1\right)$$

$$\Longrightarrow\ x=\frac{n_0}{3}\left(\frac{P}{P_0}-1\right)\ \Longrightarrow\ \frac{dx}{dt}=\frac{n_0}{3}\frac{d}{dt}\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

D'où : $\boxed{v(t)=\frac{n_0}{3\cdot V}\cdot\frac{d}{dt}\left(\frac{P}{P_0}\right)}$

3-2- la valeur de v_0 ; on a $\frac{d}{dt}(P/P_0)$ = pente de la tangente à $t=0$

$$\text{Donc } \frac{d}{dt}(P/P_0)=\frac{2.5-1}{20-0}=$$

D'où : $v(t=0)=\dfrac{8.8\times10^{-3}}{3\times0.5}\times\dfrac{2.5-1}{20-0}=4.4\times10^{-4}$; $\boxed{v(t=0)=4.4\times10^{-4}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}}$

3-2- Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est le temps nécessaire pour que l'avancement x atteint la moitié de sa valeur maximale. La valeur de $t_{1/2}$: à $t=t_{1/2}$; $x(t_{1/2})=\frac{x_m}{2}$ et $\frac{P}{P_0}(t_{1/2})=1+\frac{3x(t_{1/2})}{n_0}$

$$\Longrightarrow\ \frac{P}{P_0}(t_{1/2})=1+\frac{3x_m}{2n_0}\quad\text{avec } x_m=n_0/2$$

$$\Longrightarrow\ \frac{P}{P_0}(t_{1/2})=1+\frac{3\frac{n_0}{2}}{2n_0}=1+\frac{3n_0}{4n_0}=1+\frac{3}{4}=\frac{7}{4}=1.75$$

en projetant sur le graphe, on trouve $\boxed{t_{1/2}=10\ \text{s}}$

Exercice : 2

1ř) Calcul de C_0 : on a $C_0=\frac{n}{V}=\frac{m}{M\cdot V}$

$A.N.: C_0=\dfrac{0.44}{122\times500\cdot10^{-3}}=7.2\times10^{-3}$, D'où : $\boxed{C_0=7.2\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$

2ř) l'équation de la réaction : $C_6H_5COOH_{(aq)}+H_2O_{(l)}\rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)}+H_3O^+_{(aq)}$

3ř) le tableau d'avancement

eq. de la reaction		$C_6H_5COOH + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5COO^- + H_3O^+$			
Etat du système	Avancement	quantités de matière (mol)			
initial	0	$n_0 = C_0V$	/	0	0
En cours	x	$C_0V - x$	/	x	x
final	$x_m(x_{eq})$	$C_0V - x_m(x_{eq})$	/	$x_m(x_{eq})$	$x_m(x_{eq})$

4ř) on $\tau = \frac{x_{eq}}{x_m}$: et d'après le tableau : $x_{eq} = n_f(H_3O^+) = V \cdot [H_3O^+]_{eq}$ et puisque H_2O est en excès C_6H_5COOH est limitant

$$\Longrightarrow \quad x_m = n_0 = C_0V$$

$$\text{donc } \tau = \frac{V \cdot [H_3O^+]_{eq}}{C_0 \cdot V} = \frac{[H_3O^+]_{eq}}{C_0} \Longrightarrow \boxed{\tau = \frac{[H_3O^+]_{eq}}{C_0}}$$

5ř) l'expression de K

$$\text{on a } K = \frac{[H_3O^+]_{eq} \cdot [C_6H_5COO^-]_{eq}}{[C_6H_5COOH]_{eq}}$$

d'après le tableau on a :

$$[H_3O^+]_{eq} = [C_6H_5COO^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V} \text{ et } [C_6H_5COOH]_{eq} = \frac{C_0V - x_{eq}}{V} = C_0 - [H_3O^+]_{eq}$$

$$\begin{cases} [C_6H_5COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = C_0\tau \\ [C_6H_5COOH]_{eq} = C_0 - C_0\tau \end{cases} \Longrightarrow K = \frac{(C_0\tau)^2}{C_0(1-\tau)} = \frac{C_0\tau^2}{1-\tau} ; \boxed{K = \frac{C_0\tau^2}{1-\tau}}$$

6-1- <u>La valeur de K</u> d'après le graphe $\frac{\tau^2}{1-\tau} = f\left(\frac{1}{C}\right)$ est une fonction linéaire d'équation $\frac{\tau^2}{1-\tau} = a \cdot \frac{1}{C}$ avec a : la pente de la droite. d'après l'expression de $K = C_0 \cdot \frac{\tau^2}{1-\tau} \Longrightarrow \frac{\tau^2}{1-\tau} = \frac{1}{C_0} \cdot K$. donc K représente graphiquement la pente c.à.d $K = a$.

$$\text{Donc } K = \frac{1.26 \times 10^{-2} - 3.15 \times 10^{-3}}{200 - 50} = 6.3 \times 10^{-5} ; \boxed{K = 6.3 \times 10^{-5}}$$

<u>la valeur de τ</u>

$$\text{on a : } K = \frac{C_0\tau^2}{1-\tau} \Longrightarrow K - K\tau = C_0\tau^2 \Longrightarrow C_0\tau^2 + K\tau - K = 0$$

est une équation de second degré avec $\Delta = (K)^2 + 4C_0K$

$$\Delta = (6.3 \times 10^{-5})^2 + 4 \times 7.2 \times 10^{-3} \times 6.3 \times 10^{-5}$$

$$\Delta = 1.82 \times 10^{-6}$$

$$\text{donc } \tau = \frac{-K \pm \sqrt{\Delta}}{2C_0} \implies \text{puis que } \tau > 0$$

$$\text{on a } \tau = \frac{-K + \sqrt{\Delta}}{2C_0} = \frac{-6.3 \times 10^{-5} + \sqrt{1.82 \times 10^{-6}}}{2 \times 7.2 \times 10^{-3}}$$

D'où : $\boxed{\tau = 0.089 = 8.9\%}$

6- la valeur de pH' on a $K' = K = \frac{([H_3O^+]'_{eq})^2}{C' - [H_3O^+]'_{eq}}$ on pose $[H_3O^+]' = x$

$$\text{Donc } K' = \frac{x^2}{C' - x} \implies K'C' - K'x = x^2 \implies x^2 + K'x - K'C' = 0$$

$$x = [H_3O^+]' = \frac{-K + \sqrt{\Delta}}{2} = \frac{-6.3 \times 10^{-5} + \sqrt{2.56 \times 10^{-7}}}{2} = 2.21 \times 10^{-4} \text{ mol·L}^{-1}$$

avec $\Delta = (K)^2 + 4KC' = 2.56 \times 10^{-7}$

$$\implies pH' = -\log([H_3O^+]') = -\log(2.21 \times 10^{-4}) = 3.65 \implies \boxed{pH' = 3.65}$$

7- on a $\tau' = \frac{[H_3O^+]'}{C'} = \frac{2.21 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 0.221 \implies \boxed{\tau' = 0.221 = 22\%}$

8- on a $C' < C_0$ et $\tau' > \tau$ donc la dilution fait augmenter la valeur du taux d'avancement final (τ)

Physique (13 points) : Les deux parties 1 et 2 sont indépendantes

Physique 1(7points) : Les ondes mécaniques et la propagation de l'onde lumineuse

Exercice 1 (3points) : Propagation d'un signal à la surface de l'eau

1-B : un milieu est dispersif si la célérité de l'onde dépend de sa période T

2-1- On a $v = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1}$ A.N : $v = \frac{(56-14)\cdot 10^{-2}}{1.5}$ D'où $v = 0.28$ m.s^{-1}

2-2- On a $v = \frac{r_2}{t_2}$ donc $t_2 = \frac{r_2}{v}$ AN : $t_2 = \frac{56 \cdot 10^{-2}}{0.28}$ $t_2 = 2$s

3-1 On sait que : $[v] = L \cdot T^{-1}$

Et on a $[\sqrt{g \cdot h}] = \sqrt{L \cdot T^{-2} \cdot L} = L \cdot T^{-1}$ Donc la relation $v = \sqrt{g \cdot h}$ est homogène

3-2 On a $v = \sqrt{g \cdot h}$ alors : $h = \frac{v^2}{g}$ AN : $h = \frac{0.5^2}{9.8} = 0.008\text{m} = 8\text{mm}$

Exercice 2 : (4 pts)

1- Mesure de la largeur d'une fente

1-1- la lumière est monochromatique

1-2- on a : $\theta = \lambda/a$

1-3- $\tan\theta \simeq \theta$; $\frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Longrightarrow \boxed{\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}}$

1-4- Calcul de a

on a : $a = \frac{2D\lambda}{L}$ A.N. $a = \frac{2 \cdot 1.5 \cdot 632.8 \times 10^{-9}}{6.3 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^{-4}$ m; $\boxed{a = 3 \times 10^{-4}\text{ m}}$

$$\boxed{a = 300\ \mu\text{m}}$$

2- Mesure de l'indice de refraction de l'eau

2-1- les grandeurs qui ne changent pas : la largeur de la fente "a" et "D"

2-2- on a $\lambda' = \frac{L' \cdot a}{2D'}$ avec $(D' = D)$ donc $\lambda' = \frac{L' \cdot a}{2D}$ A.N. $\lambda' = \frac{4.7 \times 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{2 \times 1.5} = \boxed{4.7 \times 10^{-7}\text{ m}}$

$$\boxed{\lambda' = 470\text{ nm}}$$

2-3- on a : $\boxed{n = \frac{\lambda}{\lambda'}}$: on a $n = \frac{C}{v} = \frac{\lambda \cdot \nu}{\lambda' \cdot \nu} = \frac{\lambda}{\lambda'} \Longrightarrow \boxed{n = \frac{\lambda}{\lambda'}}$

2-4-*ona* :n = λ $\lambda' = \frac{632.8}{470} = 1.35$ $\boxed{n = 1.35}$

3- Controle de la fabrication des fils fins

3-1- on a $a_1 = \frac{2D \cdot \lambda}{L'} \Longrightarrow a_1 = \frac{2 \cdot 2.60 \cdot 632.8 \times 10^{-9}}{3.4 \times 10^{-3}} = 9.68 \times 10^{-4}$

$$\Longrightarrow \boxed{a_1 \simeq 9.68 \times 10^{-4}\text{ m}}$$

3-2- puisqu'on conserve les memes conditions precedente a, λ et D.
Donc l'indicateur qui lui permet de controler
que le diametre du fil est constant est.

$$\boxed{\text{La largeur de la tache Centrale L}}$$

Physique 2 (6points) : Transformations nucléaires

Exercice 1(2,75 points) : Les transformations nucléaires dans les centrales nucléaires

1- Les transformations nucléaires dans les centrales nucléaires

1-1- A partir du noyau lourd $^{235}_{92}U$ se produit 2 noyaux légers,
donc la réaction c'est la fission nucléaire

1-2- L'équation de la transformation : $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{99}_{z}Y + ^{131}_{53}I + x^{1}_{0}n$

D'après la loi de Soddy : $\begin{cases} 235 + 1 = 99 + 131 + x \\ 92 = z + 53 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} x = 6 \\ z = 39 \end{cases}$

Donc l'équation devient : $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{99}_{39}Y + ^{131}_{53}I + 6^{1}_{0}n$

1-3- L'énergie libérer est : $E_{lib} = \Delta mc^2$

$\Delta m = 5m(n) + m(^{131}I) + m(^{99}Y) - m(^{235}U) =$
$5 \times 1.0086656 + 130.906125 + 98.9278 - 235.043924 = -0.1666671u$
$E_{lib} = \Delta mc^2 = -0.1666671 \times 931.5MeV \cdot c^{-2} \cdot c^2 = -155.254036MeV$

$$\underline{E_{lib} = \Delta mc^2 = -155.254036MeV}$$

1-4- $E'_{liberee}$ l'énergie libérée par une masse $m = 1Kg$ d'uranium $^{235}_{92}U$
$E'_{lib} = N \cdot E = n \cdot N_A E = \frac{m(U)}{M(U)} N_A \cdot E = \frac{1 \times 10^3}{235} \cdot 6.02 \times 10^{23} \cdot 155.25404 =$
3.977×10^{26}

$$\underline{E'_{lib} = 3.977 \times 10^{26} MeV}$$

Exercice 2 (3,25 points) : Datation par la méthode Uranium-Thorium

-La composition du noyau de thorium $^{230}_{90}Th$
Le noyau $^{230}_{90}Th$ contient $A = 230$ nucléons $\Longrightarrow$ **Z = 90 protons** et **N = 230 - 90 = 140 neutrons**

-L'équation de désintégration du noyau d'uranium $^{234}_{92}U$:

$$^{234}_{92}U \rightarrow ^{230}_{90}Th + ^{A}_{Z}X$$

Loi de Soddy :
$A = 234 - 230 = 4$
$Z = 92 - 90 = 2$

$$^{234}_{92}U \rightarrow ^{230}_{90}Th + ^{4}_{2}He$$

Le type de désintégration : **radioactivité** α :

-La proposition vraie : **est B**
$El = [Z \cdot mP + N \cdot mn - m(^{234}_{92}U)] \cdot c^2 = [92mp + 142mp - m(^{234}_{92}U)] \cdot c^2$
El = 86321.9 + 133418.5 - 218009.1 = 1731.3 MeV $\Longrightarrow$ **El** $\simeq$ **1.73** $\cdot$ **10^{3}Mev**

-1-La détermination graphique de la valeur de λ : On a : $\mathbf{a = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}} \Longrightarrow \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t} \Longrightarrow \ln\left(\frac{a_0}{a}\right) = \lambda \cdot t$

L'équation de la courbe $\ln\left(\frac{a_0}{a}\right) = f(t)$ s'écrit : $\ln\left(\frac{a_0}{a}\right) = \lambda \cdot t$ tel que λ est le coefficient directeur : $\lambda = \frac{1.4}{5 \cdot 10^5} = \mathbf{2.8 \cdot 10^{-6}\,an^{-1}}$

-2-Détermination de la valeur de t_1 :A l'instant t_1 on écrit : a $= a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1} \Longrightarrow \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t_1}$

$\Longrightarrow \ln\left(\frac{a_0}{a}\right) = \lambda \cdot t_1 \Longrightarrow t_1 = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a}\right)$

$\Longrightarrow \mathbf{t_1} = \frac{1}{2.8 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln(\sqrt{2}) \Longrightarrow \mathbf{t_1 \simeq 1.24 \cdot 10^5\,ans}$

CORRECTION ÉLECTRICITÉ

Partie 1 : Le circuit RC

1-1. Le circuit contient trois condensateurs en parallèle, leur capacité équivalente est $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 2,5C$. La branche des condensateurs est en parallèle avec R_1, donc ils partagent la même tension U_C. L'intensité principale issue du générateur est $i = i_1 + i_2$. On exprime les intensités dérivées : $i_1 = \frac{U_C}{R_1}$ et $i_2 = \frac{dq}{dt} = C_{eq}\frac{dU_C}{dt}$. D'après la loi d'additivité des tensions pour la maille principale, on a l'égalité suivante :

$$E = R_2 \cdot i + U_C = R_2(i_1 + i_2) + U_C$$

En remplaçant les intensités par leurs expressions, on trouve :

$$E = R_2\left(\frac{U_C}{R_1} + 2,5C\frac{dU_C}{dt}\right) + U_C = U_C\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + 2,5R_2C\frac{dU_C}{dt}$$

En divisant le tout par le facteur $\frac{R_1+R_2}{R_1}$, on obtient l'équation différentielle :

$$U_C(t) + \frac{2,5R_1R_2C}{R_1+R_2}\frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{R_1E}{R_1+R_2}$$

Par identification directe avec la forme demandée, on déduit les constantes :

$$\omega = \frac{2,5R_1R_2C}{R_1+R_2} \quad \text{et} \quad \delta = \frac{R_1E}{R_1+R_2}$$

1-2. L'analyse dimensionnelle de ω repose sur le produit d'une résistance par une capacité :

$$[\omega] = [R] \cdot [C] = \frac{[U]}{[I]} \cdot \frac{[I] \cdot [T]}{[U]} = [T]$$

La constante ω a donc la dimension d'un temps. Pour la constante δ, il s'agit du produit d'une résistance par une tension, divisé par une résistance :

$$[\delta] = \frac{[R] \cdot [U]}{[R]} = [U]$$

La constante δ a donc la dimension d'une tension.

1-3. En régime permanent, la tension est constante, ce qui annule sa dérivée par rapport au temps :

$$U_C(\infty) = \delta = \frac{R_1 E}{R_1 + R_2}$$

À l'origine des dates ($t = 0$), les condensateurs sont initialement déchargés, donc $U_C(0) = 0$. En appliquant l'équation différentielle, on trouve la dérivée :

$$\frac{dU_C}{dt}(0) = \frac{\delta}{\omega} = \frac{E}{2,5R_2C}$$

2. La solution générale d'une équation différentielle de cette forme est :

$$U_C(t) = \delta(1 - e^{-t/\omega})$$

En substituant avec les expressions des paramètres, la solution s'écrit :

$$U_C(t) = \frac{R_1 E}{R_1 + R_2}\left(1 - e^{-\frac{R_1+R_2}{2,5R_1R_2C}t}\right)$$

3. En régime permanent, les condensateurs sont complètement chargés et se comportent comme un interrupteur ouvert ($i_2 = 0$). Le courant électrique i traverse alors uniquement les deux conducteurs ohmiques R_1 et R_2 branchés en série.

$$i = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

Partie 2 : Le circuit RL

1. D'après la loi des mailles, la force électromotrice se répartit sur les dipôles :

$$E = U_{R_1} + U_L$$

On exprime ces tensions selon les lois des dipôles correspondants :

$$U_{R_1} = R_1 \cdot i \quad \text{et} \quad U_L = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$$

On isole l'intensité et sa dérivée :

$$i = \frac{E - U_L}{R_1} \implies \frac{di}{dt} = -\frac{1}{R_1}\frac{dU_L}{dt}$$

En remplaçant ces expressions dans celle de la tension aux bornes de la bobine :

$$U_L = -\frac{L}{R_1}\frac{dU_L}{dt} + r\left(\frac{E - U_L}{R_1}\right)$$

Après réorganisation des termes liés à U_L, l'équation devient :

$$U_L\left(1 + \frac{r}{R_1}\right) + \frac{L}{R_1}\frac{dU_L}{dt} = \frac{rE}{R_1}$$

En multipliant par le terme $\frac{R_1}{R_1+r}$, on obtient l'équation différentielle :

$$U_L(t) + \frac{L}{R_1 + r}\frac{dU_L(t)}{dt} = \frac{rE}{R_1 + r}$$

2. On injecte la solution $U_L(t) = A + Be^{-\alpha t}$ et sa dérivée dans l'équation différentielle :

$$A + Be^{-\alpha t} - \alpha\frac{L}{R_1 + r}Be^{-\alpha t} = \frac{rE}{R_1 + r}$$

Par identification des termes constants et variables, on trouve A et α :

$$A = \frac{rE}{R_1 + r} \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{R_1 + r}{L}$$

À $t = 0$, l'intensité est nulle, donc la tension aux bornes de R_1 est nulle, ce qui implique que $U_L(0) = E$.

$$A + B = E \implies B = E - \frac{rE}{R_1 + r} = \frac{R_1 E}{R_1 + r}$$

3. La constante de temps τ est l'inverse de α.

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{[U]\cdot[T]/[I]}{[U]/[I]} = [T]$$

La dimension de τ est donc celle d'un temps.

4. L'expression de la constante de temps est $\tau = \frac{L}{R_1+r}$. La constante τ est directement proportionnelle à la valeur de l'inductance L. Par conséquent, plus l'inductance est grande, plus l'établissement du courant prendra de temps.

5. En analysant la figure 3, on relève les valeurs limites $U_L(0) = 6$ V et $U_L(\infty) = 2$ V. Ceci permet de fixer les constantes : $A = 2$ et $B = 4$. La tangente à l'origine coupe l'asymptote horizontale à l'instant $\tau = 10$ ms, soit 0,01 s. On en déduit $\alpha = 1/\tau = 100$ s^{-1}. L'expression numérique de la tension s'écrit :

$$U_L(t) = 2 + 4e^{-100t}$$

6-1. À l'aide de l'expression théorique de l'asymptote A, on calcule la résistance r de la bobine :

$$A = \frac{r \cdot 6}{10 + r} = 2 \implies 6r = 20 + 2r \implies r = 5\Omega$$

6-2. Méthode 1 : L'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote horizontale $y = 2$ V donne la valeur $\tau = 10$ ms sur l'axe du temps. Méthode 2 : À la date $t = \tau$, la tension vaut $U_L(\tau) = A + 0,37 \cdot B = 2 + 0,37 \times 4 = 3,48$ V. Par projection sur la courbe, l'abscisse correspondante est bien $t = 10$ ms.

6-3. On exploite la formule de la constante de temps pour isoler et calculer l'inductance L :

$$L = \tau \cdot (R_1 + r) = 0,01 \times (10 + 5) = \boxed{0,15 \text{ H}}$$

7-1. Pour chacune des courbes de la figure 4, on lit τ via la tangente, puis on applique $L = \tau \times 15$: Courbe 4 : $\tau_4 = 10$ ms, donnant une inductance $L_4 = 0,15$ H. Courbe 3 : $\tau_3 = 20$ ms, donnant une inductance $L_3 = 0,30$ H. Courbe 2 : $\tau_2 = 30$ ms, donnant une inductance $L_2 = 0,45$ H. Courbe 1 : $\tau_1 = 40$ ms, donnant une inductance $L_1 = 0,60$ H.

7-2. La courbe qui représente l'inductance la plus grande est la courbe 1. En effet, la constante de temps τ est proportionnelle à l'inductance, or la courbe 1 affiche la plus grande constante de temps avec une valeur de 40 ms.

Partie 3 : La modulation d'amplitude

1. La figure 5, obtenue en mode XY, illustre un trapèze régulier sans aucun croisement de ses lignes. Cela garantit que le taux de modulation respecte la condition $m < 1$, ce qui correspond à une modulation d'excellente qualité.

2. Les extremums de la tension modulée sont identifiés graphiquement grâce aux bases du trapèze : La grande base correspond à la valeur maximale $U_{max} = 1,25$ V. La petite base correspond à la valeur minimale $U_{min} = 0,75$ V.

3. On calcule le taux de modulation à l'aide de sa formule standard :

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} = \frac{1,25 - 0,75}{1,25 + 0,75} = \boxed{0,25}$$

On calcule l'amplitude de la tension continue de décalage A :

$$A = \frac{U_{max} + U_{min}}{2} = \frac{1,25 + 0,75}{2} = \boxed{1\ \text{V}}$$

CORRECTION MÉCANIQUE

Partie 1 : Les oscillateurs mécaniques

1-1. Système étudié : {solide (S)} Bilan des forces : $\vec{P}$ poids du solide ; $\vec{R}$ réaction de la tige (T) perpendiculaire à celle-ci car sans frottement ; $\vec{F}$ force de rappel du ressort. À l'état d'équilibre, on applique la 1ère loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0}$$

Projection sur l'axe dirigé le long de la barre (T) vers le bas :

$$mg\cos(\theta) - K \cdot \Delta l_e = 0 \implies K \cdot \Delta l_e = mg\cos(\theta)$$

$$\boxed{\Delta l_e = \frac{mg\cos(\theta)}{K}}$$

1-2. En projetant la relation d'équilibre sur un axe perpendiculaire à (T) orienté vers le haut :

$$R - mg\sin(\theta) = 0$$

$$\boxed{R = mg\sin(\theta)}$$

1-3. La force de rappel est proportionnelle à l'allongement à l'équilibre :

$$F = K \cdot \Delta l_e = mg\cos(\theta)$$

2-1. La barre (T) tourne autour de l'axe vertical (Δ) avec un angle θ constant et une vitesse angulaire ω constante. Le solide (S) ne glisse pas et reste à une distance constante du point O. Par conséquent, la trajectoire du centre d'inertie G est un cercle horizontal centré sur l'axe (Δ).

2-2. Le solide (S) décrit un mouvement circulaire uniforme de rayon $r = l\sin(\theta)$. Son accélération est normale, dirigée horizontalement vers l'axe (Δ),

avec $a_n = r\omega^2 = l\sin(\theta)\omega^2$. En appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}$$

Projection sur l'axe de la barre (T) : la composante de l'accélération sur cet axe est $a_T = -a_n \sin(\theta) = -l\omega^2 \sin^2(\theta)$.

$$mg\cos(\theta) - K(l - l_0) = -ml\omega^2 \sin^2(\theta)$$

$$K(l - l_0) - ml\omega^2 \sin^2(\theta) = mg\cos(\theta)$$
$$l\left(K - m\omega^2 \sin^2(\theta)\right) = Kl_0 + mg\cos(\theta)$$
$$l = \frac{Kl_0 + mg\cos(\theta)}{K - m\omega^2 \sin^2(\theta)}$$

(L'application numérique se fait en remplaçant ω par 6 rad/s puis par 12 rad/s avec les données : $m = 0,25$ kg, $K = 25$ N/m, $l_0 = 0,15$ m).

2-3. Projection sur l'axe perpendiculaire à (T) orienté vers le haut : la composante de l'accélération est $a_N = -a_n \cos(\theta)$.

$$R - mg\sin(\theta) = -ml\omega^2 \sin(\theta)\cos(\theta)$$

$$R = mg\sin(\theta) - ml\omega^2 \sin(\theta)\cos(\theta)$$
$$R = m\sin(\theta)\left(g - l\omega^2 \cos(\theta)\right)$$

Si ω augmente, l'intensité de la réaction R diminue jusqu'à potentiellement s'annuler.

3. La force appliquée par la barre (T) s'annule lorsque $R = 0$.

$$m\sin(\theta)\left(g - l\omega_c^2 \cos(\theta)\right) = 0$$

Puisque $m \neq 0$ et $\sin(30°) \neq 0$, cela implique :

$$g - l\omega_c^2 \cos(\theta) = 0$$

$$\omega_c = \sqrt{\frac{g}{l\cos(\theta)}}$$

Partie 2 : Mouvement dans un fluide

1. Système étudié : {bulle de gaz}. Bilan des forces : $\vec{P}$: Poids de la bulle (vers le bas). $\vec{F}_A$: Poussée d'Archimède (vers le haut). $\vec{f}$: Force de frottement fluide

$\vec{f} = -\beta\vec{V}$.
On choisit un axe vertical (Oz) orienté vers le haut (sens du mouvement). En appliquant la 2ème loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = m\vec{a}$$

Projection sur (Oz) :

$$-mg + \rho_e V g - \beta V = m\frac{dV}{dt}$$

En divisant par la masse $m = \rho V$ (avec V le volume de la bulle) :

$$\frac{dV}{dt} + \frac{\beta}{m}V = g\left(\frac{\rho_e V}{\rho V} - 1\right)$$

$$\frac{dV}{dt} + \frac{\beta}{m}V = g\left(\frac{\rho_e}{\rho} - 1\right)$$

2. L'équation différentielle s'écrit $\frac{dV}{dt} + \frac{1}{\tau}V = A$ avec $\tau = \frac{m}{\beta}$ et $A = g\left(\frac{\rho_e}{\rho} - 1\right)$.
La solution avec une vitesse initiale nulle ($V(0) = 0$) est :

$$V(t) = A \cdot \tau\left(1 - e^{-t/\tau}\right) = V_l\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

avec $V_l = \frac{mg}{\beta}\left(\frac{\rho_e}{\rho} - 1\right)$.

3. D'après l'expression de la vitesse limite V_l obtenue ci-dessus :

$$V_l = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{\beta}\left(\frac{\rho_e}{\rho} - 1\right) = \frac{V \cdot g}{\beta}(\rho_e - \rho)$$

$$\beta = \frac{V \cdot g \cdot (\rho_e - \rho)}{V_l}$$

Le volume de la bulle est $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

$$\beta = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \cdot g \cdot (\rho_e - \rho)}{V_l}$$

(On utilise $r = 2 \times 10^{-3}$ m, $g = 9,82$ m/s^2, $\rho_e = 1000$ g/L et $\rho = 0,72$ g/L pour l'application numérique).

4. La condition $V = \frac{63}{100}V_l = 0,63V_l$ correspond au temps $t = \tau$, puisque $1 - e^{-1} \approx 0,63$. La distance parcourue correspond à l'intégrale de la vitesse :

$$z(\tau) = \int_0^\tau V_l(1 - e^{-t/\tau})dt = V_l\left[t + \tau e^{-t/\tau}\right]_0^\tau$$

$$z(\tau) = V_l \left(\tau + \tau e^{-1} - \tau\right) = V_l \cdot \tau \cdot e^{-1} = \frac{V_l \cdot \tau}{e}$$

5. La masse de la bulle étant extrêmement faible, la durée du régime transitoire (τ) est négligeable. Le mouvement s'établit quasi instantanément en régime permanent à la vitesse limite constante $V_l = 0,2$ m/s. La durée approximative pour parcourir la profondeur $H = 0,25$ m est :

$$\Delta t = \frac{H}{V_l} = \frac{0,25}{0,2} = \boxed{1,25 \text{ s}}$$

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأولي والرياضة

Examen blanc du baccalauréat 2025

المـــــــادة : الفيزياء و الكيمياء — المعامل : 7
شعبة العلوم التجريبية : مسلك العلوم الفيزيائية - خيار فرنسية — المدة : 3 ساعات

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

Le sujet comporte 4 exercices : un exercice de chimie et trois exercices de physique.

Chimie :(7 points)

- Electrolyse d'une solution aqueuse d'iodure de zinc
- La solution aqueuse de l'acide méthanoïque

Physique :(13 points)

- **Les transformations nucléaires (2,5 points) :**

  Etude de l'activité d'un échantillon radioactif

- **L'électricité (5,25 points)**

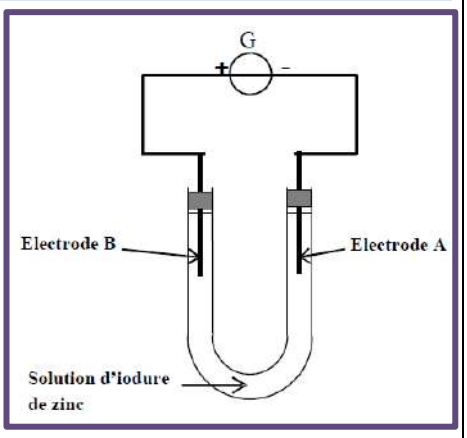
  - étude d'un dipôle RC- étude des oscillations éclectiques libres
  - Réception d'une onde modulée en amplitude

- **La mécanique : (5,25 points)**
  - Etude de la chute verticale d'une bille
  - Etude énergétique d'un pendule simple

Chimie (7 pts) : Les deux parties sont indépendantes

Partie 1 : Electrolyse d'une solution aqueuse d'iodure de zinc

On réalise l'électrolyse d'une solution aqueuse d'iodure de zinc ***($Zn^{2+}_{(aq)}$ + $2I^-_{(aq)}$)***, en utilisant deux électrodes A et B en graphite. On observe un dégagement du gaz diiode au niveau d'une électrode et la formation d'un dépôt de zinc au niveau de l'autre électrode.



La figure ci-contre représente le schéma du dispositif expérimental utilisé pour réaliser cette électrolyse.

Données : ***M(Zn) =65,4 g.mol^{-1} ; 1 F = 96500 C.mol^{-1}***

Les couples oxydant / réducteur mis en jeu : $I_{2(g)}/I^-_{(aq)}$ et $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$.

0,5 **1.** Parmi les deux électrodes A et B, préciser l'anode. Justifier la réponse.

0,5 **2.** Ecrire l'équation de la réaction à chaque électrode et l'équation bilan lors de l'électrolyse.

0,5 **3.** Pendant la durée Δt de l'électrolyse, un courant électrique d'intensité constante I=0,5A circule dans le circuit; il se forme alors un dépôt de zinc de masse **m=1,6 g** . Déterminer Δt en minutes.

Partie 2 (5,5 pts): La solution aqueuse de l'acide méthanoïque

L'acide méthanoïque HCOOH, couramment appelé acide formique, est un liquide piquant et corrosif qui existe à l'état naturel dans l'organisme des fourmis et les abeilles.

Cette partie a pour objectif de déterminer la valeur du pK_A du couple HCOOH / $HCOO^-$ **et** d'étudier le dosage d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque par l'hydroxyde de sodium.

Données :

- Toutes les solutions considérées sont prises à 25°C.
- Masse molaire de l'acide méthanoïque : M(HCOOH)=**46 g.mol^{-1} ;**
- pK_e = 14 (Avec K_e : le produit ionique de l'eau) ;
- L'expression de la conductivité **σ** d'une solution aqueuse ionique : $\sigma = \sum_i \lambda_i . [X_i]$ tel que $[X_i]$ la concentration molaire effective d'ion X_i et λ_i sa conductivité molaire ionique .
- Les conductivités molaires ioniques :

  $\lambda_2=\lambda_{HCOO^-}=5{,}46.10^{-3}$ S.m^2.mol^{-1} ; $\lambda_1=\lambda_{H_3O^+}=3{,}50.10^{-2}$ S.m^2.mol^{-1} .
- On néglige l'influence des ions hydroxyde sur la conductivité de la solution étudiée..

1- Détermination du pK_A **du couple** HCOOH / $HCOO^-$ **par conductimétrie**

On prend un volume V_1 de la solution (S) d'acide méthanoïque $HCOOH_{(aq)}$de concentration **C=3,64 mol.m^{-3}**, puis on mesure sa conductivité, on trouve **: σ=2,94.10^{-2} S.m^{-1}** .

0,25 **1-1-** Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.

0,5 **1-2-** Dresser le tableau d'avancement de la réaction en utilisant les grandeurs C, V_1, l'avancement x et l'avancement $x_{éq}$ à l'état d'équilibre du système chimique.

0,5 **1-3-** Exprimer la conductivité **σ** en fonction de λ_1 , λ_2 et **$[H_3O^+]$** la concentration molaire effective des ions oxonium à l'équilibre.

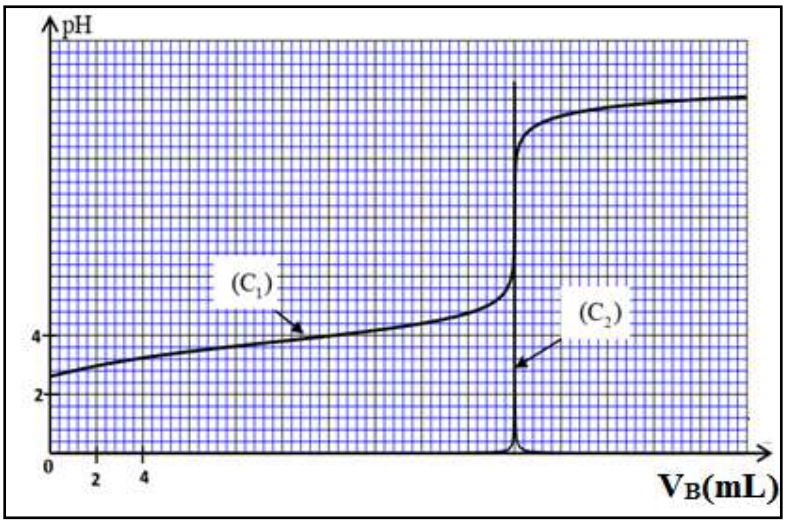
1 **1-4-** Montrer que le taux d'avancement final de la réaction s'écrit : $\tau = \dfrac{\sigma}{C.(\lambda_1+\lambda_2)}$. Calculer sa valeur et conclure.

0,5 **1-5-** Trouver l'expression du quotient de la réaction $Q_{r,éq}$ à l'équilibre en fonction de C et τ.

0,5 **1-6-** En déduire la valeur de la constante pK_A du couple ($HCOOH_{(aq)}$ / $HCOO^-_{(aq)}$).

2- Dosage de l'acide méthanoïque par l'hydroxyde de sodium

On dose le volume V_A= 50 mL d'une solution (S_A) d'acide méthanoïque $HCOOH_{(aq)}$ de concentration C_A par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire $\mathbf{C_B=0,1\ mol.L^{-1}}$, en suivant les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé de la solution (S_B). A partir des mesures obtenues, on a tracé la courbe (C_1) représentant pH= f(V_B) et la courbe (C_2) représentant dpH/dV_B= g(V_B) (figure ci-contre).



0,5 **2.1.** Écrire l'équation chimique de la réaction support du dosage.

0,5 **2.2.** Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence (V_{BE} ,pH_E).

0,5 **2.3**. Calculer la concentration C_A.

0,25 **2.4**. Si l'on devait faire ce dosage sans pH-mètre, en utilisant un indicateur coloré pour déterminer l'équivalence, quel indicateur choisiriez-vous ? Justifiez votre choix.

Indicateur coloré	Hélianthine	bleu de bromothymol	Rouge de crésol
Zone de virage	**3,1 -4,4**	**6,0 – 7,6**	**7,2 – 8,8**

0,5 **2.5.** On se place au point de la courbe de dosage correspondant à un volume de solution d'hydroxyde de sodium versé $\mathbf{V_B = 16\ mL}$. Calculer le rapport $\dfrac{[HCOO^-]_{éq}}{[HCOOH]_{éq}}$.

Physique (13 pts)

Exercice 1 (2,5 pts) : **Etude de l'activité d'un échantillon radioactif**

Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire à côté, parmi les quatre réponses proposées, la réponse juste sans ajouter aucune justification ni explication.

Le Cobalt $^{60}_{27}\mathbf{Co}$ est un noyau radioactive β^- , il se désintègre en donnant un noyau de nickel $^{x}_{y}\mathbf{Ni}$.

0,25 **1.** La composition du noyau de Cobalt $^{60}_{27}\mathbf{Co}$ est :Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :

a	33 protons et 27 neutrons
b	33 protons et 60 neutrons
c	27 protons et 33 neutrons
d	27 protons et 60 neutrons

0,25 **2.** Le noyau de de Nickel $^{x}_{y}\mathbf{Ni}$ produite est :

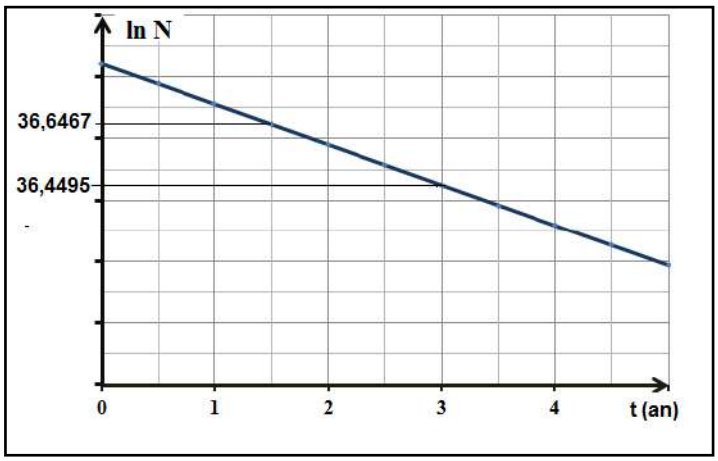
a) $^{60}_{28}\mathbf{Ni}$ b) $^{60}_{27}\mathbf{Ni}$ c) $^{60}_{26}\mathbf{Ni}$ d) $^{61}_{28}\mathbf{Ni}$

0,5 **3.** L'énergie libérée $|\mathbf{E_{lib}}|$ en joules (J) par la désintégration d'un noyau de Cobalt 60 est :

a) $|\mathbf{E_{lib}}| = \mathbf{3,645.10^{13}}$ b) $|\mathbf{E_{lib}}| = \mathbf{3,645.10^{-13}}$ c) $|\mathbf{E_{lib}}| = \mathbf{-9,406.10^{-12}}$ d) $|\mathbf{E_{lib}}| = \mathbf{9,406.10^{12}}$

4. La masse initiale de l'échantillon radioactif de Cobalt 60 à l'instant de sa réception par un laboratoire spécialisé est $\mathbf{m_0 = 1{,}00\ \mu g}$. On considère l'instant de réception de cet échantillon comme origine des dates (t=0).

La figure 2 représente la variation **ln(N)** de en fonction de temps t, avec **N** le nombre de noyaux de Cobalt 60 restant à l'instant t.



0,5 **4.1.** La demi-vie $t_{1/2}$ de Cobalt 60 est:

a	$t_{1/2} \approx 0{,}19$ an	b	$t_{1/2} \approx 5{,}27$ an	c	$t_{1/2} \approx 4{,}20$ an	d	$t_{1/2} \approx 18{,}23$ an

0,5 **4.2.** La valeur de l'activité initiale a_0 de cet échantillon est:

a	$a_0 \approx 52{,}4$ MBq	b	$a_0 \approx 1515{,}2$ MBq	c	$a_0 \approx 41{,}9$ MBq	d	$a_0 \approx 1690{,}1$ MBq

0,5 **4.3.** La valeur de l'activité a(t) de cet échantillon à l'instant $\mathbf{t = 3.t_{1/2}}$ est:

a	$a(t) = \frac{a_0}{3}$	b	$a(t) = \frac{a_0}{6}$	c	$a(t) = \frac{a_0}{5}$	d	$a(t) = \frac{a_0}{8}$

Données : $m(^{0}_{-1}e) = 0{,}00055$ u ; $m_p = 1{,}00728$ u ; $m_n = 1{,}00866$ u

L'énergie de liaison de Coblat 60 : $E_l(^{60}_{27}Co) = 586{,}882\ MeV$;

L'énergie de liaison de Nickel $^{x}_{y}Ni$: $E_l(^{x}_{y}Ni) = 588{,}387\ MeV$

1 MeV = $1{,}60.10^{-13}$ J ; 1 an= $3{,}15.10^{7}$ s ; Constante d'Avogadro **: $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}.**

Masse molaire atomique *:* $M(^{60}Co) = 60\ g.mol^{-1}$

Exercice 2 :

Un professeur a consacré, avec ses élèves, une séance de travaux pratiques de physique pour :

- ✓ Déterminer expérimentalement la valeur de la capacité d'un condensateur par deux méthodes différentes.
- ✓ Réception d'une onde modulée en amplitude.

Partie 1 : étude d'un dipôle RC- étude des oscillations éclectiques libres

L'objectif de cette partie d'exercice est de déterminer expérimentalement la valeur de la capacité d'un condensateur par deux méthodes différentes.

1. En utilisant un générateur de courant

Un premier groupe d'élèves d'une classe réalise, sous les directives du professeur, le montage expérimental de la figure 1 constitué des éléments suivants:

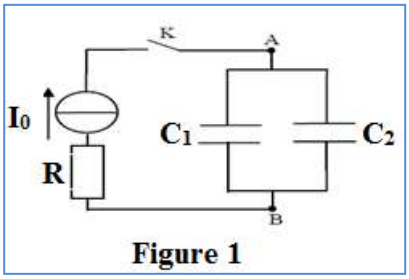


Figure 1

- ✓ un générateur idéal de courant qui alimente le circuit par un courant électrique d'intensité $\mathbf{I_0 = 10\ \mu A}$.
- ✓ un conducteur ohmique de résistance R ;
- ✓ deux condensateurs (C_1) et (C_2) montés en parallèle, respectivement de capacités $\mathbf{C_1 = 7{,}5\ \mu F}$ et C_2 inconnue ;

✓ un interrupteur K.

À l'instant t_0 =0, un élève ferme le circuit. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la charge q du condensateur équivalent à l'association des deux condensateurs (C_1) et (C_2) en fonction de la tension $\mathbf{u_{AB}}$ (figure 2).

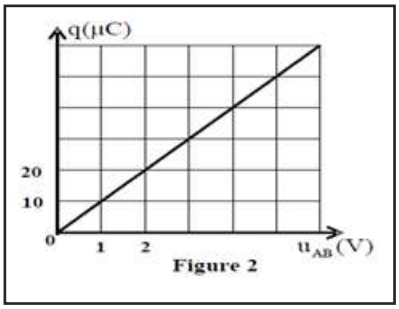


Figure 2

Parmi les réponses proposées pour la question 1.1, préciser, sans aucune justification, la réponse juste:

1.1. Quel est l'intérêt de monter des condensateurs en parallèle? « choisir la bonne réponse »
a) Obtenir une capacité de faible valeur lorsqu'on applique une faible tension ;
b) Amplifier la capacité lorsqu'on applique une faible tension ; **0,25**

1.2. En exploitant la courbe de la figure 2, déterminer la valeur de la capacité C_{eq} du condensateur équivalent aux deux condensateurs (C_1) et (C_2). **0,5**

1.3. En déduire la valeur de la capacité C_2. **0,5**

1.4. Déterminer l'énergie électrique ξ_e emmagasinée par le condensateur équivalent à l'instant **t = 5 s**. **0,5**

2. En étudiant les oscillations éclectiques libres

Un deuxième groupe d'élèves de la même classe réalise le montage représenté par la figure 3 constitué par :

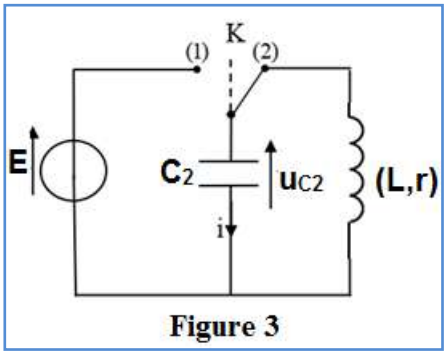


Figure 3

✓ Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;

✓ Une bobine d'inductance **L=394,3 mH** et de résistance interne r ;

✓ Le condensateur précédent de capacité $\mathbf{C_2}$;

✓ Un interrupteur K à double position.

Après avoir chargé totalement le condensateur, un élève bascule l'interrupteur K sur la position (2) à l'instant t_0=0 .

A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la tension $u_{C2}(t)$ aux bornes du condensateur (Figure 4).

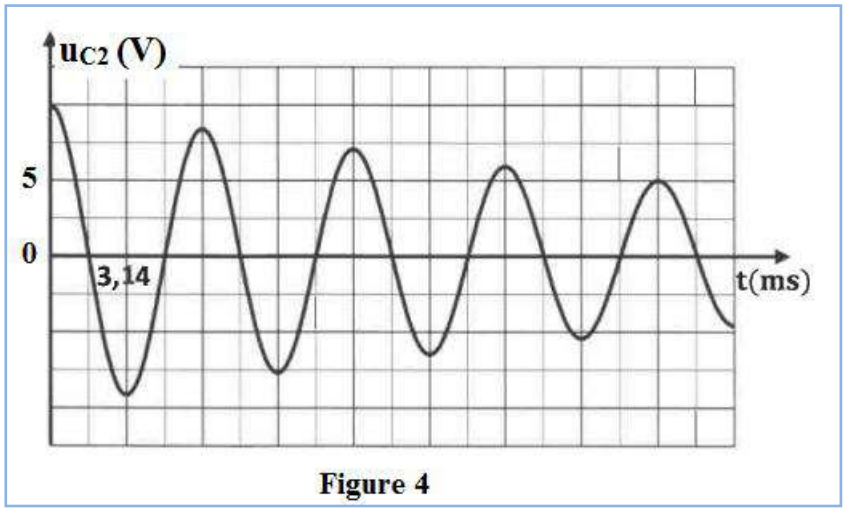


Figure 4

2.1. Quel régime correspond à la courbe de la figure 4? **0,25**

2.2. Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période T des oscillations. **0,25**

2.3. Déterminer de nouveau la valeur de la capacité C_2, sachant que la pseudo-période T est approximativement égale à la période propre T_0 de l'oscillateur électrique LC ($T \approx T_0$). (on prend π^2**= 10)**. **0,5**

2.4. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{C2}(t)$ aux bornes du condensateur. **0,5**

2.5. Calculer l'énergie $|E_J|$ dissipée par effet joule dans le circuit entre les instants $\mathbf{t_0}$**=0** et $\mathbf{t_2}$**=25,12 ms**. **0,5**

Partie 2 : Réception d'une onde modulée en amplitude

Pour recevoir une onde radio, modulée en amplitude de fréquence f_0=594 kHz , on utilise le dispositif simplifié représenté par le schéma de la figure 5 .

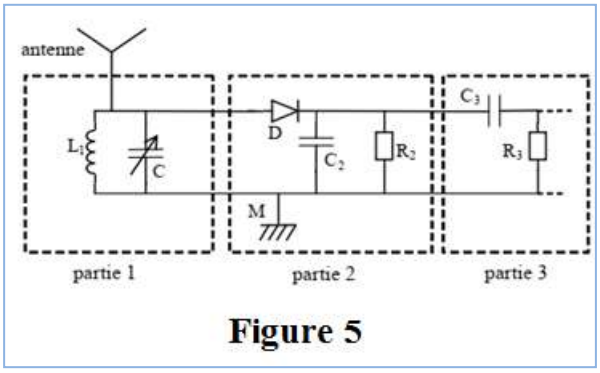


Figure 5

Parmi les réponses proposées préciser, sans aucune justification, la réponse juste:

1. La partie 1 du dispositif comporte une antenne et une bobine d'inductance $\mathbf{L_1=1,44\ mH}$ et de résistance négligeable qui est montée en parallèle avec un condensateur de capacité C variable.

1.1. La partie 1 sert à :

0,5 **a)** moduler l'onde ; **b)** éliminer la porteuse ; **c)** éliminer la composante continue ; **d)** recevoir et sélectionner l'onde

1.2. Pour capter l'onde radio de la fréquence f_0, la capacité C doit être fixée sur la valeur :

0,5

a	4,99 pF	b	499 pF	c	49,9 pF	d	0,499 pF

2. La partie 2 joue le rôle du détecteur d'enveloppe. La capacité du condensateur utilisé dans cette partie est $\mathbf{C_2= 50\ nF}$. La moyenne des fréquences des ondes sonores est **1 kHz**. La valeur de la résistance R_2 qui permet d'avoir une bonne démodulation de l'onde radio étudiée est: **0,5**

a	35 Ω	b	20 kΩ	c	10 Ω	d	5 kΩ

Exercice 3 :

Partie 1 : La chute verticale d'une bille de verre

Un solide immergé dans un fluide subit la poussée d'Archimède. Si ce solide est en mouvement de translation, il est également soumis à une force de frottement visqueux.

Cet exercice vise à déterminer **η** le coefficient de viscosité de l'huile en étudient le mouvement d'une bille de verre dans un tube remplit d'huile.

Données :

- La masse volumique du verre : ρ**=2600 kg.m^{-3}** ; La masse volumique de l'huile : ρ_0 **=970 kg.m^{-3}** ;
- L'accélération de la pesanteur : **g=9,81 m.s^{-2}** ; Le rayon de la bille : **r=2,50 mm** ;
- Le volume de la bille : $\mathbf{V = \frac{4}{3}.\pi.r^3}$.

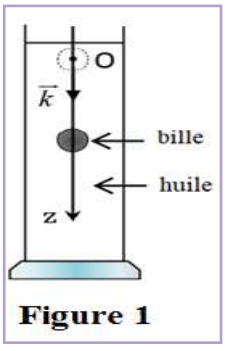


Figure 1

On étudie le mouvement de la bille dans un repère $\mathbf{(O;\vec{k})}$ verticale lié à un référentiel terrestre orienté vers le bas (figure 1).

Au cours de son mouvement, la bille est soumise à :

- Son Poids : $\vec{P}$;
- La poussée d'Archimède : $\overrightarrow{F_A} = -\rho_0.V.\vec{g}$;
- La force de frottement fluide : $\vec{f} = -6\pi.\eta.r.\overrightarrow{v_G}$

1- Montrer que l'équation différentielle du mouvement de la bille s'écrit sous la forme : $\frac{dv_G}{dt} + \frac{v_G}{\tau} = A$ en déterminant l'expression de la constante **A** en fonction de **g**, ρ et ρ_0 , et l'expression de τ (le temps caractéristique) en fonction de ρ, **r** et η. **1**

2- Démontrer que l'expression de la vitesse limite v_{lim} s'écrit sous la forme : $v_{lim} = \frac{2.g.r^2}{9\eta}(\rho - \rho_0)$. **0,5**

3- La courbe de la figure 2 ci-contre représente les variations de la vitesse de la bille en fonction du temps.

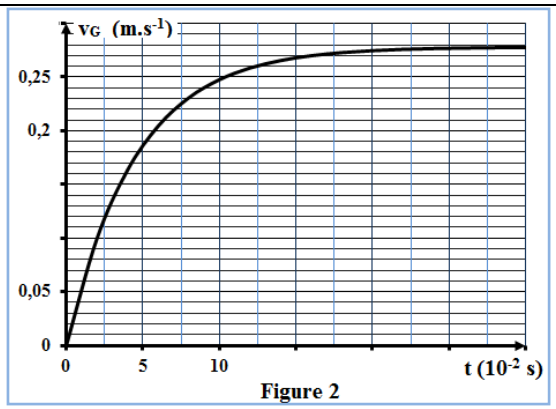


Figure 2

0,25 **3.1.** Déterminer la valeur de la vitesse limite $\mathbf{v_{lim}}$.

0,25 **3.2.** En utilisant l'analyse dimensionnelle, déterminer la dimension de coefficient de viscosité $\boldsymbol{\eta}$ de l'huile.

0,5 **3.3.** En déduire la valeur de coefficient de viscosité $\boldsymbol{\eta}$ de l'huile.

0,5 **4-** L'équation différentielle du mouvement de la bille s'écrit sous la forme : $\frac{dv_G}{dt} = 6,150 - 22,153.v_G$. En appliquant la méthode d'Euler, déterminer les valeurs des vitesses $\mathbf{v_1}$ et $\mathbf{v_2}$ aux instants $\mathbf{t_1}$ et $\mathbf{t_2}$, sachant que le pas de calcul est $\mathbf{\Delta t=2.10^{-3}\ s}$ et que la bille est lancée sans vitesse initiale.

Partie 2 : **Etude énergétique d'un pendule simple**

Une petite fille joue sur une balançoire attachée à un support fixe.
On modélise le système mécanique (fille - balançoire) par un pendule simple constitué d'un fil inextensible de longueur L et de masse négligeable, et d'un solide (S) de masse m et de dimensions négligeables devant la longueur L (Figure 3) . On rappelle qu'un pendule simple est un cas particulier du pendule pesant.

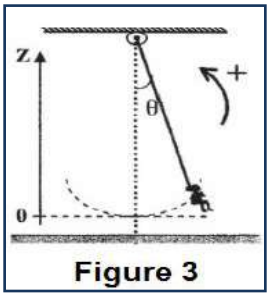


Figure 3

Le pendule se trouve au repos à sa position d'équilibre stable. A la date t = 0, On lance le pendule avec une vitesse initiale dans le sens positif ; le pendule effectue alors un mouvement oscillatoire sinusoïdal d'élongation maximale $\boldsymbol{\theta_{max}}$.

Le plan horizontal passant par la position d'équilibre stable (θ=0) est pris comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur (E_{pp}=0). L'étude se limite au cas de faibles oscillations et se fait dans un référentiel galiléen lié à la terre. On néglige tout frottement.

Données:

- La masse du solide (S) : **m=32,70 kg** ; Longueur du pendule simple: **L=2 m** ;
- L'intensité de pesanteur: $\mathbf{g=9,8\ m.s^{-2}}$;
- Le moment d'inertie de pendule simple par rapport à l'axe (Δ) : $\mathbf{J_\Delta=m.L^2}$;
- Dans le cas de faibles oscillations: $\boldsymbol{\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}}$, avec θ en radian.

0,5 **1.** A l'instant t, écrire l'expression de l'énergie mécanique $\mathbf{E_m}$ du pendule, dans le cas de faibles amplitudes, en fonction de m, g, L, θ et de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$.

2. Un système d'acquisition informatisé a permis de tracer la courbe de la figure 4, qui représente les variations de l'énergie cinétique E_C du système étudié en fonction de l'abscisse angulaire θ dans le cas de faibles amplitudes. En exploitant la courbe de la figure 4, déterminer :

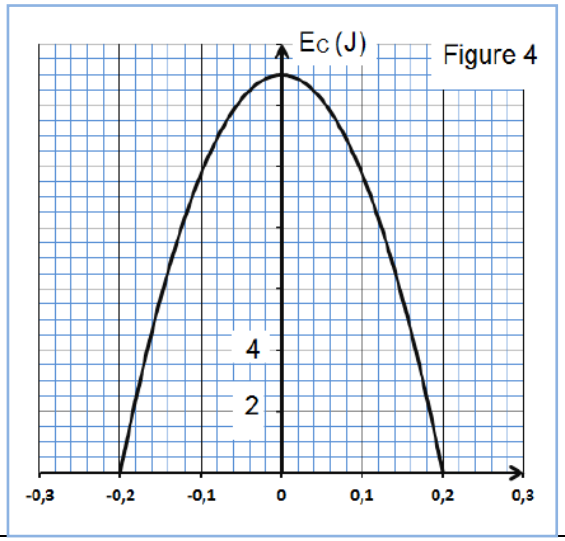


Figure 4

0,25 **2.1.** la valeur de l'abscisse angulaire maximale $\boldsymbol{\theta_{max}}$.

0,5 **2.2.** la valeur de l'énergie mécanique $\mathbf{E_m}$ du système étudié.

0,5 **2.3.** la valeur de la vitesse linéaire maximale $\mathbf{v_{max}}$ du système étudié.

0,5 **2.4.** les abscisses angulaires $\boldsymbol{\theta_1}$ et $\boldsymbol{\theta_2}$ pour que : $\mathbf{E_C = E_{pp}}$.

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأولي والرياضة

Examen blanc du baccalauréat 2025

Prof Jamaa Iche

مديرية أكادير إداوتنان
ثانوية 6 نونبر التأهيلية

المـــــــادة : الفيزياء و الكيمياء — المعامل : 7
شعبة العلوم التجريبية : مسلك العلوم الفيزيائية - خيار فرنسية — المدة : 3 ساعات

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

Le sujet comporte 4 exercices : un exercice de chimie et trois exercices de physique.

Chimie :(7 points)

- Electrolyse d'une solution aqueuse d'iodure de zinc
- La solution aqueuse de l'acide méthanoïque

Physique :(13 points)

- **Les transformations nucléaires (2,5 points) :**

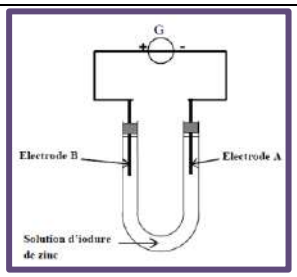
  Etude de l'activité d'un échantillon radioactif

- **L'électricité (5,25 points)**

  - étude d'un dipôle RC- étude des oscillations éclectiques libres
  - Réception d'une onde modulée en amplitude

- **La mécanique : (5,25 points)**
  - Etude de la chute verticale d'une bille
  - Etude énergétique d'un pendule simple

Chimie (7 pts) : Les deux parties sont indépendantes



Partie 1 : Electrolyse d'une solution aqueuse d'iodure de zinc

Les couples oxydant / réducteur mis en jeu : $I_{2(g)}/I^-_{(aq)}$ et $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$.

0,5 **1.** L'électrode B est reliée au pôle positif de générateur, donc c'est une anode.

0,5 **2.** L'électrode B : $2I^-_{(aq)} \rightleftarrows I_{2(g)} + 2e^-$; à l'électrode A: $Zn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Zn_{(s)}$

L'équation bilan lors de l'électrolyse : $2I^-_{(aq)} + Zn^{2+} \rightarrow I_{2(g)} + Zn_{(s)}$.

0,5 **3.** Déterminons Δt en minutes

$$\Delta t = \frac{2.x.F}{I} = \frac{2.m.F}{I.M(Zn)} \text{ A.N : } \boxed{\Delta t = \frac{2.1,6.96500}{0,5.65,4} = 9443,42\ s = 157,39\ min}$$

Partie 2 (5,5 pts): La solution aqueuse de l'acide méthanoïque

1- Détermination du pK_A **du couple** HCOOH / $HCOO^-$ **par conductimétrie**

On prend un volume V_1 de la solution (S) d'acide méthanoïque $HCOOH_{(aq)}$de concentration **C=3,64 mol.m^{-3}**, puis on mesure sa conductivité, on trouve **: σ=2,94.10^{-2} S.m^{-1}** .

0,25 **1-1-** L'équation chimique : $\mathbf{HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}}$

0,5 **1-2-** Dresser le tableau d'avancement de la réaction en utilisant les grandeurs C, V_1, l'avancement x et l'avancement $\mathbf{x_{éq}}$ à l'état d'équilibre du système chimique.

Equation chimique		$\mathbf{HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}}$			
Etat initial	**0**	**$C.V_1$**	**En excès**	**0**	**0**
Etat intermédiaire	**x**	**$C.V_1$ - x**	**En excès**	**x**	**x**
Etat d'équilibre	**x**	**$C.V_1$ - $x_{éq}$**	**En excès**	**$x_{éq}$**	**$x_{éq}$**

0,5 **1-3-** Expression de σ en fonction de λ_1 , λ_2 et $[H_3O^+]$: $\boxed{\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-}).[H_3O^+]_f = (\lambda_1 + \lambda_2).[H_3O^+]_f}$

1 **1-4-** Montrer que : $\tau = \frac{\sigma}{C.(\lambda_1 + \lambda_2)}$. Calculer sa valeur et conclure.

On a : $[H_3O^+]_f = \frac{x_{éq}}{V} = \frac{\sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-})}$ donc : $\tau = \frac{x_{éq}}{x_m} = \frac{[H_3O^+]_f}{C} = \frac{\sigma}{(\lambda_1 + \lambda_2).C}$

A.N : $\boxed{\tau = \frac{2,94.10^{-2}}{(5,46+35).10^{-3}.3,64} \simeq 0,2 = 20\%}$ On conclut que la réaction est limitée.

0,5 **1-5-** Trouver l'expression du quotient de la réaction $Q_{r,éq}$ à l'équilibre en fonction de C et τ:

On sait que : $Q_{r,éq} = \frac{[HCOO^-]_{(éq)}.[H_3O^+]_{(éq)}}{[HCOOH]_{(éq)}}$ donc : $Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]^2_{(éq)}}{C - [H_3O^+]_{(éq)}} = \frac{C^2.\tau^2}{C - C.\tau}$ D'où : $\boxed{Q_{r,éq} = \frac{C.\tau^2}{1-.\tau}}$

0,5 **1-6-** La valeur de la constante pK_A du couple ($HCOOH_{(aq)}$ / $HCOO^-_{(aq)}$) :

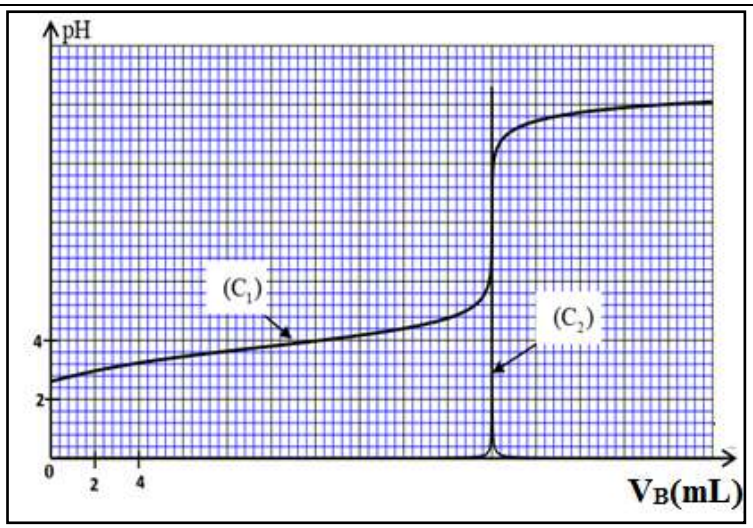
$$pK_A = -\log K_A = -\log \frac{[HCOO^-]_{(éq)}.[H_3O^+]_{(éq)}}{[HCOOH]_{(éq)}} \text{ Donc } \boxed{pK_A = -\log\left(\frac{C.\tau^2}{1-.\tau}\right) = -\log(1,82.10^{-4}) = 3,74}$$

2- Dosage de l'acide méthanoïque par l'hydroxyde de sodium

On dose le volume V_A= 50 mL d'une solution (S_A) d'acide méthanoïque $HCOOH_{(aq)}$ de concentration C_A par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire **C_B=0,1 mol.L^{-1}**

0,5 **2.1.** L'équation chimique de la réaction support du dosage : $\mathbf{HCOOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow HCOO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}}$

0,5 **2.2.** Les coordonnées du point d'équivalence (V_{BE} ,pH_E) : ($\mathbf{V_{BE}}$ **=20 mL** ; $\mathbf{pH_E \simeq 8,4}$)



0,5 **2.3**. Calculons la concentration C_A : A l'équivalence, on a : $\mathbf{C_A = \frac{C_B.V_{BE}}{V_A}}$ A.N :

$$\mathbf{C_A = \frac{0,1.20}{50} = 4,00.10^{-2}\ mol.L^{-1}}$$

0,25 **2.4**. L'indicateur coloré convenable est le Rouge de crésol car $\mathbf{7,2<pH_E<8,8}$.

0,5 **2.5.** Calculons le rapport $\frac{[HCOO^-]_{éq}}{[HCOOH]_{éq}}$:

$$\frac{[HCOO^-]_{éq}}{[HCOOH]_{éq}} = 10^{pH-pK_A} \text{ A.N : } \frac{[HCOO^-]_{éq}}{[HCOOH]_{éq}} = 10^{4,4-3,74} = 4,57$$

Physique (13 pts)

Exercice 1 (2,5 pts) : Etude de l'activité d'un échantillon radioactif

0,25 0,25 0,5 0,5 0,5 0,5 **Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire à côté, parmi les quatre réponses proposées, la réponse juste sans ajouter aucune justification ni explication.**

Le Cobalt $^{60}_{27}\mathbf{Co}$ est un noyau radioactive β^- , il se désintègre en donnant un noyau de nickel $^{x}_{y}\mathbf{Ni}$.

1. **c** ; 2. **a** ; 3. **b** ; 4.1. **b** ; 4.2. **c** ; 4.3. **d**.

Exercice 2 :

Partie 1 : étude d'un dipôle RC- étude des oscillations éclectiques libres

1. En utilisant un générateur de courant

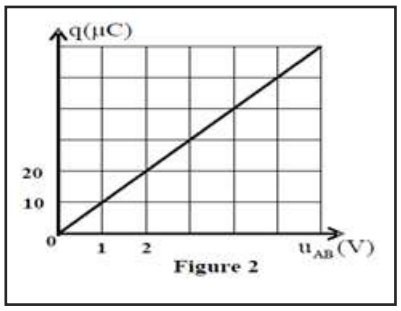


Figure 2

À l'instant t_0 =0, un élève ferme le circuit. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la charge q du condensateur équivalent à l'association des deux condensateurs (C_1) et (C_2) en fonction de la tension $\mathbf{u_{AB}}$ (figure 2).

0,25 **1.1. b**

0,5 **1.2.** La courbe de la figure 2 est une fonction linéaire de coefficient directeur C_{eq} :

$$C_{eq} = \frac{\Delta q}{\Delta u_{AB}} \qquad \text{A.N : } C_{eq} = \frac{20-10}{2-1} = 10\ \mu F = 10^{-5}\ F.$$

0,5 **1.3.** La valeur de la capacité C_2 : $C_{eq} = C_1 + C_2 \Leftrightarrow C_2 = C_{eq} - C_1$ A.N : $C_2 = 10 - 7,5 = 2,5\ \mu F$

0,5 **1.4.** L'énergie électrique ξ_e emmagasinée par le condensateur équivalent à l'instant **t = 5 s** :

$$\xi_e = \frac{1}{2}.C_{éq}.u_{AB}^2 = \frac{1}{2}.10.5^2 = 125\ \mu J = 1,25.10^{-4}\ F$$

2. En étudiant les oscillations éclectiques libres

0,25 **2.1.** Le régime pseudo-périodique.

0,25 **2.2.** Graphiquement : **T=6,28 ms=6,28.10^{-3} s.**

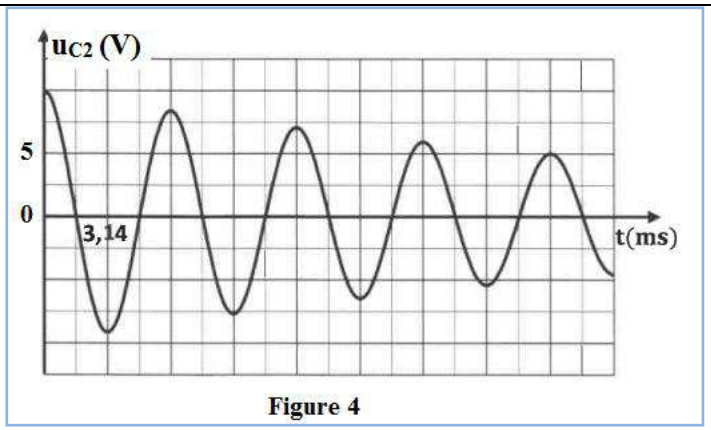


Figure 4

0,5 **2.3.** La valeur de la capacité C_2 :

$$C_2 = \frac{T_0^2}{4.\pi^2.L} = 2,5\ \mu F$$

0,5 **2.4.** L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{C2}(t)$ aux bornes du condensateur :

D'après la loi d'additivité des tensions, on a :

$$u_{C_2} + u_L = 0 \Leftrightarrow u_{C_2} + r.i + L.\frac{di}{dt} = 0$$

D'où : $$u_{C_2} + rC_2.\frac{du_{C_2}}{dt} + LC.\frac{d^2u_{C_2}}{dt^2} = 0$$

0,5 **2.5.** Calculer l'énergie $|E_J|$ dissipée par effet joule dans le circuit entre les instants t_0=0 et t_2=25,12 ms.

$$|E_J| = |\xi_{tot}(t_1) - \xi_{tot}(t_0)|$$

$$|E_J| = |\xi_e(t_1) - \xi_e(t_0)| = \frac{1}{2}.C_2.\left(u_C^2(t_0) - u_C^2(t_1)\right)$$ A.N : $$|E_J| = \frac{1}{2}.2,5.10^{-6}.\left(10^2 - 5^2\right) \simeq 9,38.10^{-5}\ J$$

Partie 2 : Réception d'une onde modulée en amplitude

1.

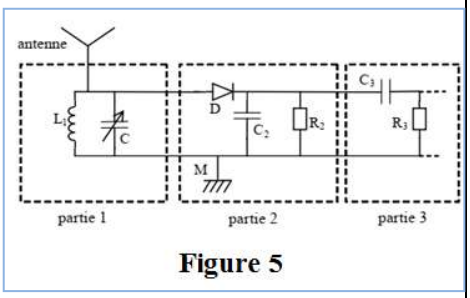


Figure 5

0,5 1.1. La partie 1 sert à : recevoir et sélectionner l'onde (d)

0,5 1.2. Pour capter l'onde radio de la fréquence f_0, la capacité C doit être fixée sur la valeur : **(c)**

$$C = \frac{1}{4.\pi^2.f_0^2.L_1} = 4,99.10^{-11}\ F = 49,9\ pF$$

0,5 **2.** La valeur de la résistance R_2 qui permet d'avoir une bonne démodulation de l'onde radio étudiée est R_2=5 kΩ **(d)**

$$T_p << R_2.C_2 < T_S \quad \textbf{avec:} \quad T_S = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{10^3} = 1.10^{-3}\ s \quad \textbf{et} \quad T_p = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{594.10^3} = 1,68.10^{-6}\ s$$

Alors : $\frac{T_p}{C_2} << R_2 < \frac{T_S}{C_2}$ **A.N :** $\frac{1,68.10^{-6}}{50.10^{-9}} << R_2 < \frac{1.10^{-3}}{50.10^{-9}} \Leftrightarrow 33,67\ \Omega << R_2 < 20\ k\Omega$

Exercice 3 :

Partie 1 : La chute verticale d'une bille de verre

1 **1-** Montrer que l'équation différentielle du mouvement de la bille s'écrit sous la forme : $\frac{dv_G}{dt} + \frac{v_G}{\tau} = A$ en déterminant l'expression de la constante **A** en fonction de **g**, **ρ** et ρ_0, et l'expression de **τ** (le temps caractéristique) en fonction de **ρ**, **r** et **η**.

D'après la seconde loi de Newton: $\vec{P} + \vec{f} + \vec{F_A} = m.\vec{a}$

Par projection suivant l'axe Oz vertical descendant: $m.g - 6\pi.\eta.r.v - \rho_0.V.g = m.\frac{dv}{dt}$

soit $\frac{dv}{dt} = g.(1 - \frac{\rho_0.V}{m}) - \frac{6\pi.\eta.r}{m}.v$

donc $\frac{dv_G}{dt} + \frac{v_G}{\tau} = A$ Avec : $A = g.(1 - \frac{\rho_0 . V}{m}) = g.(1 - \frac{\rho_0}{\rho})$ et $\tau = \frac{m}{6\pi.\eta.r} = \frac{2.\rho.r^2}{9.\eta}$.

0,5 **2-** Démontrer que l'expression de la vitesse limite v_{lim} s'écrit sous la forme : $v_{lim} = \frac{2.g.r^2}{9\eta}(\rho - \rho_0)$

$$v_{lim} = A.\tau = g.(1 - \frac{\rho_0}{\rho}).\frac{2.\rho.r^2}{9.\eta} = (\rho - \rho_0).\frac{2.g.r^2}{9.\eta}$$

3- La courbe de la figure 2 ci-contre représente les variations de la vitesse de la bille en fonction du temps.

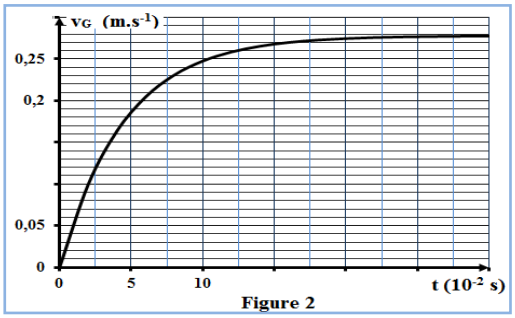


Figure 2

0,25 **3.1.** Graphiquement v_{lim}=**0,28 m.s^{-1}.**

0,25 **3.2.** L'analyse dimensionnelle :

$$[\eta] = \left[\frac{m}{r.\tau}\right] = \frac{[m]}{[r].[\tau]} = \frac{M}{L.T} = M.L.T^{-1}$$

0,5 **3.3.** En déduire la valeur de coefficient de viscosité η de l'huile.

$\eta = (\rho - \rho_0).\frac{2.g.r^2}{9.v_{lim}}$ A.N : $\eta = (2600 - 970).\frac{2.9,81.2,5^2.10^{-6}}{9.0,28} = 8.10^{-2} kg.m^{-1}.s^{-1}$

4- Déterminons les valeurs des vitesses v_1 et v_2 aux instants t_1 et t_2, sachant que le pas de calcul est $\Delta t = 2.10^{-3}$ **s**:

$v_1 = a_0.\Delta t = 6,150.2.10^{-3} = 1,23.10^{-2} m.s^{-1}$ et $v_2 = v_1 + a_1.\Delta t = 1,23.10^{-2} + 5,877.2.10^{-3} = 2,40.10^{-2} m.s^{-1}$

Partie 2 : **Etude énergétique d'un pendule simple**

0,5 **1.** L'expression de l'énergie mécanique E_m du pendule, dans le cas de faibles amplitudes, en fonction de m, g, L, θ et de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$

$E_m = E_C + E_{pp}$ donc : $E_m = \frac{1}{2}J_\Delta.\dot{\theta}^2 + m.g.L.(1 - \cos\theta)$

$$E_m = \frac{1}{2}m.L^2.\dot{\theta}^2 + m.g.L.\frac{\theta^2}{2}$$

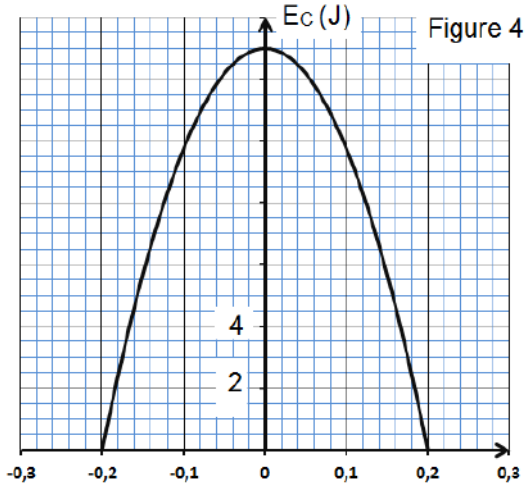


Figure 4

2. En exploitant la courbe de la figure 4, déterminer :

0,5 **2.1.** la valeur de l'abscisse angulaire maximale θ_{max} : θ_{max} =**0,2 rad**.

0,25 **2.2.** la valeur de l'énergie mécanique E_m du système étudié :

0,5 E_m =**13 J**.

0,5 **2.3.** la valeur de la vitesse linéaire maximale v_{max} du système étudié : $v_{max} = \sqrt{\frac{2.E_m}{m}} = 0,89\ m.s^{-1}$.

0,5 **2.4.** $E_C = E_{pp}$ donc : $E_m = 2.E_C$ Graphiquement : θ_1=**0,14 rad** et θ_2 =**- 0,14 rad** .

الصفحة 1 / 7	Bac blanc Mai 2022 Sujet de physique chimie	ⵜⴰⴳⵍⴷⵉⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⴱ ⵜⴰⵎⴰⵡⴰⵙⵜ ⵏ ⵓⵙⴳⵎⵉ ⴰⵏⴰⵎⵓⵔ ⴷ ⵓⵙⵎⵓⵜⵜⴳ ⴰⵣⵣⵓⵍⴰⵏ ⴷ ⵓⵙⵙⵍⵎⴷ ⴰⵏⴰⴼⵍⵍⴰ ⴷ ⵓⵔⵣⵣⵓ ⴰⵎⴰⵙⵙⴰⵏ	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
4	مدة الانجاز	الفيزياء و الكيمياء	المادة
7	المعامل	شعبة العلوم الرياضية –ب- (خيار فرنسية)	الشعبة أو المسلك

Les calculatrices non programmables sont autorisées

Le sujet comporte :

Chimie

- Cinétique chimique (2,75pts)
- Dosage d'un comprimé de vitamine C (2pts)
- Polarité de la pile Pb-Sn (2,25pts)

Physique

- Physique nucléaire (3pts)
- Electricité : (5pts)
- Mécanique (5pts)

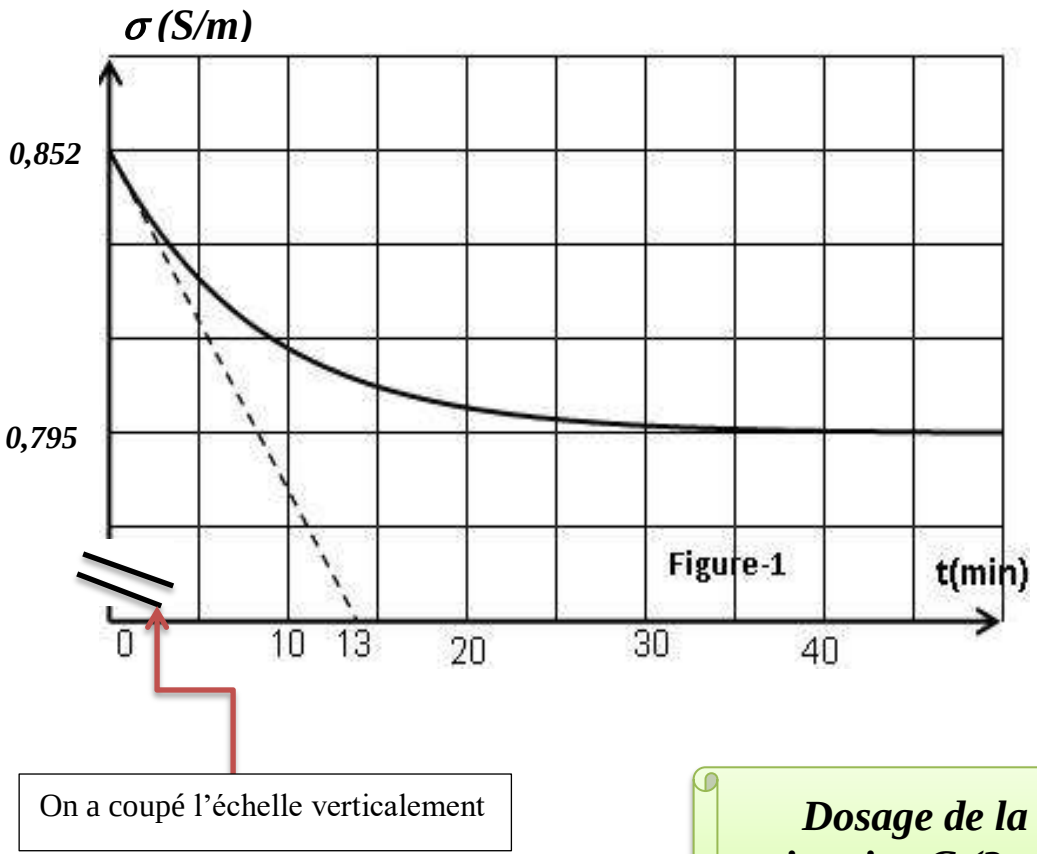
Cinétique chimique (2,75pts)

Un mélange de cuivre et de zinc de masse 60mg est introduit dans V=200mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration C sans action sur le cuivre. On donne : H_3O^+/H_2 et Zn^{2+}/Zn. M(Zn)=65,4g/mol et l'action de l'acide sur le métal zinc est supposée totale.

	H_3O^+	Cl^-	Zn^{2+}
λ en ($mS.m^2.mol^{-1}$)	35	7 ,6	10,6

Le suivi par conductimétrie nous a permis de tracer la courbe qui représente $\sigma=f(t)$.

1/ la conductivité de la solution peut se mettre sous la forme : $\sigma=\sigma_0-Ax$ où x est l'avancement de la réaction à la date t. Déterminer les expressions et calculer les valeurs de σ_0 et de A ?
2/ vérifier que l'avancement final est x_m=0,2mmol et montrer que le zinc est le réactif limitant ?
3/ calculer la % du cuivre dans le mélange initial.
4/ Calculer la vitesse de la réaction à la date t=0s?
5/ A la date de demi réaction on prélève 20mL du mélange et lui verse un volume Ve d'eau distillée puis on mesure le pH on trouve pH=2,8 calculer Ve ?



Dosage de la vitamine C (2pts)

On prépare une solution S_o de vitamine C (ou acide ascorbique $C_6H_8O_6$) de volume V_o = 100mL en dissolvant un comprimé dans de l'eau distillée.

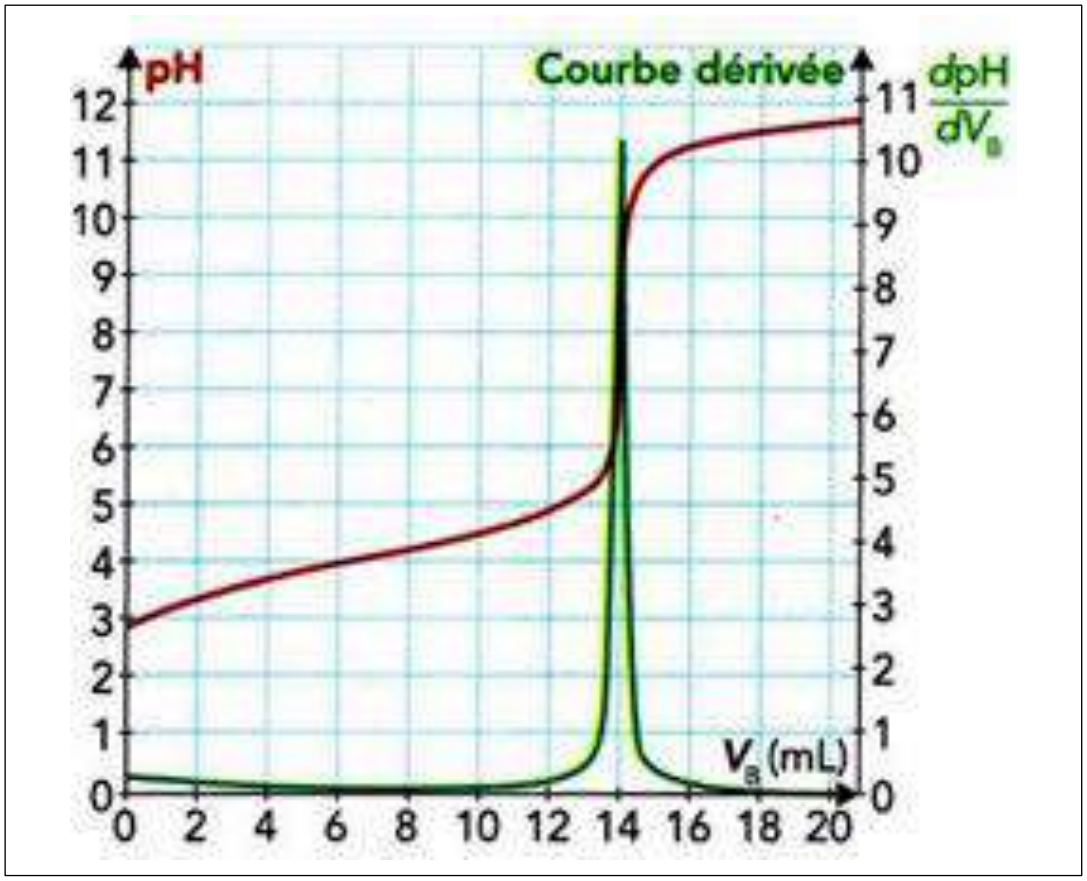
Le titrage d'un volume V_A = 10,0 mL de S_o par une solution S_B d'hydroxyde de sodium, ($Na^+_{(aq)}$ + $HO^-_{(aq)}$,) de concentration C_B =4. 10^{-2} mol. L^{-1} est suivi par pH-mètrie (voir figure)

1/ Dresser le tableau d'avancement (tenir compte des caractères de la réaction)

2/ Définir l'équivalence, comment est –elle repérée dans ce dosage ? trouver graphiquement les coordonnées du point d'équivalence

3/ Calculer la concentration de l'acide ascorbique dans S_0 et trouver la masse du comprimé

4/ On considère le mélange lorsqu'on a versé un volume V_B<12mL
la relation entre $[C_6H_8O_6]=k[C_6H_7O^-_6]$ trouver l'expression de k en fonction de V_B et de V_{BE} ? Faire l'application numérique pour V_B=7mL et en déduire le pk_A du couple d'acide ascorbique. On donne : $M(C_6H_8O_6)$ =176g/mol.



Piles (2,25pts)

Deux béchers sont disposés côte à côte

- Le premier contient une lame de plomb plongé dans une solution aqueuse de $(Pb^{2+}_{aq} + SO^{2-}_{4aq})$
- Le deuxième contient une lame d'étain plongée dans une solution de sulfate d'étain $(Sn^{2+}_{aq} + SO^{2-}_{4aq})$
  Les deux solutions ont le même volume V=100mL et la même concentration C= 10^{-2}mol/L
  on donne :M(Pb)= 207,2 ; M(Sn)=118,7 g/mol et F=96500C/mol.

la constante de la réaction : $Pb^{2+}(aq) + Sn(s) = Sn^{2+}(aq) + Pb(s)$ est : K_1= 2,18

1/ On relie les deux béchers par un pont électrolytique et on relie les lames par un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre.
   a. que se passe-t-il ?quel est le rôle du pont électrolytique
   b. préciser le sens de l'évolution du système chimique ?écrire le symbole de la pile ?
   c. dresser le tableau d'avancement et trouver la relation donnant la durée Δt et l'avancement x lorsque la pile débite un courant de I=400mA.
   d. Calculer la durée de vie de la pile

2/ Lorsque le courant s'annule, on verse dans le premier béchers 50mL d'eau distillée il circule alors un courant de 100mA
   a) quel est le symbole de la pile obtenue
   b) au bout de combien de temps le courant s'annulera-t-il de nouveau ?

Physique nucléaire (3pts)

1/ Remplir le tableau suivant

	Abondance isotopique	Demi-vie en an	Z	N
$^{238}_{92}U$	99,3%	$4,5.10^9$		
^{235}U	0,7%	$0,7.10^9$		

2/ Soit N_0 le nombre d'un noyau radioactif d'un radioélément $^A_Z X$ à t=0 et N le nombre à la date t. L'équation différentielle vérifiée par N est : τ. dN/dt +N=0.
   a) Montrer que la solution de l'équation précédente est $\mathbf{N = N_0 e^{-t/\tau}}$
   b) Calculer l'âge de la terre en supposant qu'au moment de la création les quantités des isotopes des deux d'uranium étaient égales
   c) D'après l'abondance isotopique, quel est à votre convenance l'isotope le plus stable (argumenter)? Proposer une méthode pour vérifier votre opinion (donner juste les expressions sans calcul)

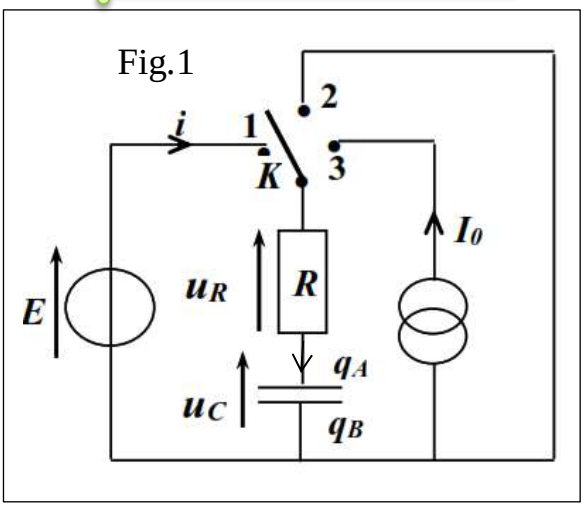
3/ Des études montrent que la probabilité pour qu'un noyau $^A_Z X$ soit fissile est positive il faut que le rapport $Z^2/A \geq 36$
   a) Quel nombre maximum de neutrons doit avoir un isotope d'uranium pour qu'il soit fissile ? Lequel des deux isotopes vérifie cette propriété
   b) La fission d'un noyau d'uranium fournie E=200mev environ d'où provient cette énergie ? calculer l'énergie maximale qu'on peut récupérer de la fission de 500g avec un rendement de r=30%. $M(^A_Z X) = A\ g.mol^{-1}$ $et N_A = 6{,}02210^{23} mol^{-1}$.

Circuit RC (3, 5pts)

On considère le montage de la (fig.1) où :

R=1kΩ, la capacité du condensateur est C=2µF et sa tension de claquage est 25V, la tension du générateur est E= 6V et I_0= 8µA.

Fig.1



1/ Le condensateur non chargé, on met l'interrupteur K dans la position (3) pendant une durée t_1

a) Montrer que la tension du générateur est une fonction linéaire en t ? Quelle condition doit vérifier t_1 ?

b) Calculer pour u_C =20V :
La charge q_B portée par l'armature B ? L'énergie totale fournie par le générateur pour que : u_C =20V.

2/ à la date t_1 on bascule K vert la position (2). soit E_e l'énergie emmagasinée dans le condensateur

a) montrer que : $\boldsymbol{\tau' \frac{dE_e}{dt} + E_e = 0}$ Donner l'expression de τ' en fonction de R et C.

b) déterminer la fonction $\boldsymbol{E_e = f(t)}$ par intégration en prenant la datet=0s où on a basculé K vers la position (2).

c) la courbe de la (fig.2) représente la fonction précédente. Calculer

- la date t_1
- l'intensité du courant i dans le circuit à la date :$t' = 2\tau'$.
- A quelle date t'$_2$ la tension du condensateur devient égale U_0=2V

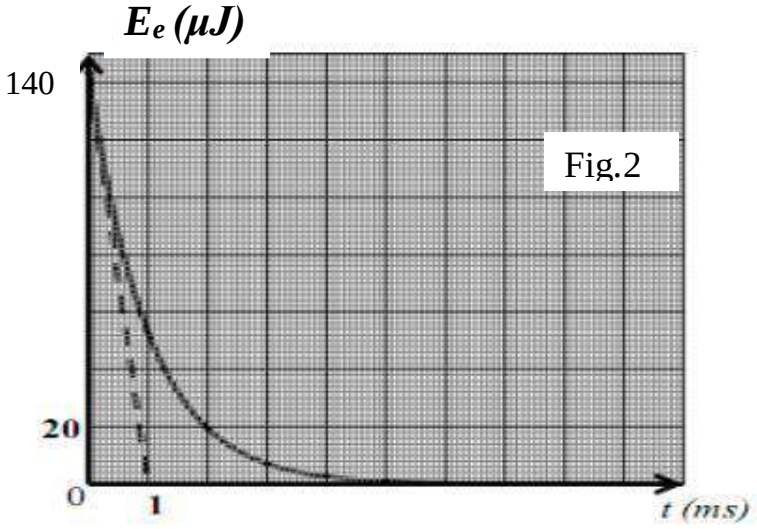


Fig.2

3/ A la date t'$_2$ on bascule K vers la position (1) cet instant sera pris comme nouvelle origine des dates.

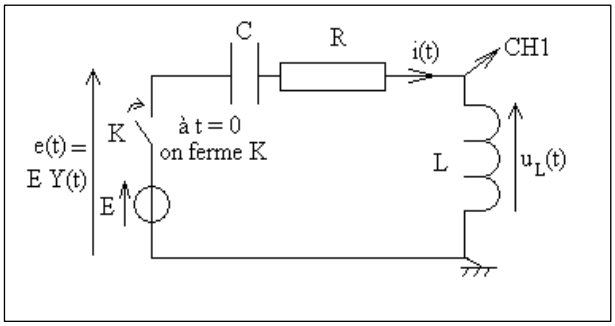
a) Trouver l'équation différentielle vérifiée par le courant i(t)

b) La solution de cette équation est $i = A + Be^{mt}$ .Déterminer les expressions de A, m et B en fonction de E, U_0, R et C.

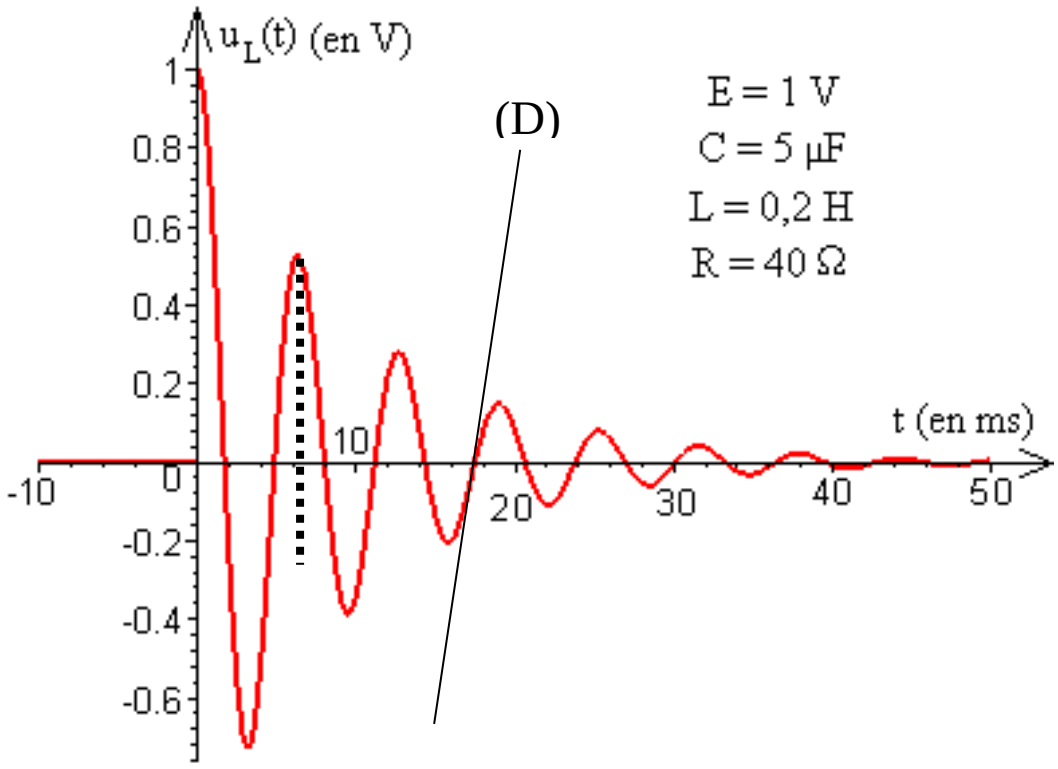
c) A quelle date u_R=u_C .

Oscillations électriques libres amorties (1 .75pts)

on considére le circuit électrique suivant :



A t=0s on ferme l'interrupteur K et on enregistre la courbe obtenue sur la voie CH1à l'aide d'un oscilloscope à mémoire . soit T la peudo période. La droite (D) représente la tangente



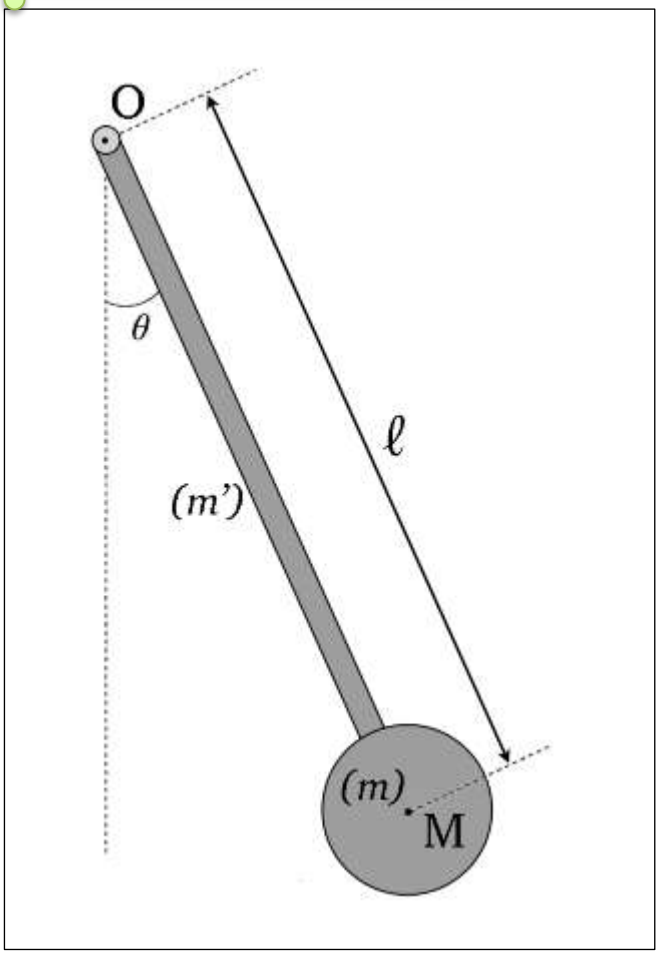
1/ Soit E_e l'énergie emmagasinée dans le condensateur, E_m l'énergie emmagasinée dans la bobine et E_T l'énergie totale emmagasinée dans l'oscillateur (L,C) à une date t.
Exprimer E_T en fonction de u_c et i

2/ en utilisant la courbe $u_b(t)$, trouver l'expression puis calculer la valeur de l'énergie E_T aux instants

- t_1=T.
- t_2= 11T/4.

Pendule pesant (5pts)

I. Un pendule pesant est constitué d'une tige métallique homogène de masse m'= 50 g à laquelle est reliée un disque de masse m=1,01 kg de rayon négligeable devant la longueur de la tige ℓ .



On repère la position du pendule par l'angle θ que fat la tige avec la verticale.
Le moment d'inertie d'une tige homogène, de masse m' et de longueur ℓ, par rapport à un axe Δ qui passe par extrémité O est : $J_\Delta = \frac{1}{3} m' \ell \theta^2$
On écarte le pendule dans le sens positif d'un angle $\theta_0 = 15°$ et on le lâche sans vitesse initiale.
On prend comme origine des dates l'instant de passage par la position d'équilibre pour la première fois.

1/ Montrer que la position du centre de gravité du pendule pesant est donnée par la relation :

$$OG = \frac{2m + m'}{2(m + m')} \ell$$

2/ Trouver l'expression du moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe Δ ?
3/ Par application de la relation fondamentale de la dynamique, trouver l'équation différentielle vérifiée par θ(t).
4/ on mesure la durée de 10 périodes T_0, en remarque que le pendule pesant bat la seconde c.à.d. il va pendant 1s et revient pendant 1s ? calculer ℓ ?
5/ En prenant comme référence des énergies potentielles le plan horizontal passant par O, déterminer l'expression de l'Ep du pendule dans le champ de pesanteur en fonction de m, m', g, ℓ et θ ? prendre : $\cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$.
6/ En se basant sur la conservation de l'énergie mécanique, calculer l'amplitude des oscillations θ_m ainsi que la vitesse angulaire maximale $\dot{\theta}_m$.
7/ Ecrire l'équation horaire du mouvement θ(t).

II. Un pendule pesant identique au précédant est maintenant à bord d'un vaisseau spatial qui se trouve près de la terre à l'altitude h de la surface de la terre on remarque alors que sa période T est légèrement plus grade que T_0 soit : $T=T_0+\varepsilon$. les deux pendules partant de la même position à la date t=0s ils se rencontrent de nouveau pour la 5ème fois dans la même position après 20min

8/ Rappeler l'expression de la force exercée par la terre sur un corps de masse m situé à l'altitude h

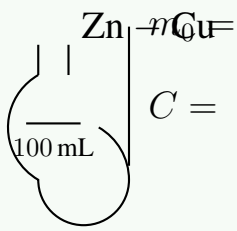
9/ Trouver 'expression de l'intensité de la pesanteur g en fonction de g_0 (à la surface de la terre), de R (rayon de la terre) et de h

10/ Montrer que pour des altitudes : $h \ll R$ on peut écrire : $g= g_0-kh$ où k est une constante à déterminer .

11/ calculer la valeur de h ?

On donne : R=6378Km et $g_0= 9,81 m.s^{-2}$.

Correction du bac blanc



$m_0 = 60\,\text{mg}$

$C =$

1) $2H_3O^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2H_2O$

$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$

$\Longrightarrow \quad Zn + 2H_3O^+ \longrightarrow Zn^{2+} + H_{2(g)} + 2H_2O$

m	$C \cdot V$	0	0	/
$m - x$	$C \cdot V - 2x$	x	x	/

ions : Cl^-, H_3O^+, Zn^{2+}

$[Cl^-] = \frac{C \cdot V}{V} = C$

$[H_3O^+] = \frac{C \cdot V - 2x}{V} = C - \frac{2x}{V}$

$[Zn^{2+}] = \frac{x}{V}$

$$\sigma = \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Zn^{2+}}[Zn^{2+}]$$

$$\sigma = \lambda_{Cl^-} C + \lambda_{H_3O^+}\left(C - \frac{2x}{V}\right) + \lambda_{Zn^{2+}}\frac{x}{V}$$

$$\sigma = (\lambda_{Cl^-} + \lambda_{H_3O^+})C - \frac{2\lambda_{H_3O^+} - \lambda_{Zn^{2+}}}{V} \cdot x$$

$\sigma = \sigma_0 - Ax$

$\sigma_0 = (\lambda_{Cl^-} + \lambda_{H_3O^+})C$; Graphe : $\sigma_0 = 0,852\,\text{S.m}^{-1}$

$$A = \frac{2\lambda_{H_3O^+} - \lambda_{Zn^{2+}}}{V} = \frac{2 \times 35 \cdot 10^{-3} - 10,6 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 10^{-3}}$$

$$A = 297\,\text{S.m}^{-1}\text{.mol}^{-1}$$

C/C $\quad \sigma = 0,852 - 297 \cdot x$

2) $x_m = 0,2 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}$

$\sigma_f = 0,852 - 297 \times 0,2 \cdot 10^{-3}$

$\sigma_f = 0,793\,\text{S/m} \simeq \sigma_{exp} = 0,795\,\text{S/m}$ donc $x_m = 0,2 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}$

$n_f(\mathrm{H_3O^+}) = C \cdot V - 2x_m$
Calcul de C :

$$C = \frac{\sigma_0}{\lambda_{\mathrm{Cl^-}} + \lambda_{\mathrm{H_3O^+}}} = \frac{0,852}{(35+7,6)\cdot 10^{-3}} \cdot 10^{-2} \implies \underline{C = 2 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{mol/L}}$$

$n_f(\mathrm{H_3O^+}) = 2 \cdot 10^{-2} \times 0,2 - 2 \times 0,2 \cdot 10^{-3} = 3,6 \cdot 10^{-3} \neq 0$
$\mathrm{H_3O^+}$ est en excès. Comme la Rx est totale $\implies$ Zn est limitant.

3) $\frac{m_{\mathrm{Zn}}}{M_{\mathrm{Zn}}} = x_m \implies m_{\mathrm{Zn}} = x_m \cdot M_{\mathrm{Zn}}$
$m_{\mathrm{Zn}} = 0,2 \times 65,4\,\mathrm{mg} \implies m_{\mathrm{Zn}} = 13,08\,\mathrm{mg}$
$m(\mathrm{Cu}) = m_0 - m_{\mathrm{Zn}} = 60 - 13,08 = 46,92\,\mathrm{mg}$

$$\%\mathrm{Cu} = \frac{m(\mathrm{Cu})}{m_0} = \frac{46,92}{60} = 78,2\%$$

4) $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ or $\sigma = \sigma_0 - Ax \implies \frac{d\sigma}{dt} = -A\frac{dx}{dt}$

$$\frac{1}{V}\frac{dx}{dt} = \frac{-1}{A \cdot V}\frac{d\sigma}{dt} \implies \boxed{v = \frac{-1}{A \cdot V}\frac{d\sigma}{dt}}$$

$\frac{d\sigma}{dt}$ = pente p de la tangente
à $t = 0$: $p_0 = \frac{0,852-0,795}{0-8} = -7,125 \cdot 10^{-3}$

$$v = \frac{7,125 \cdot 10^{-3}}{297 \times 0,2} = 1,2 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{mol.L^{-1}.min^{-1}}$$

5) à $t_{1/2}$ $x = \frac{x_m}{2} = 10^{-4}\,\mathrm{mol}$
$[\mathrm{H_3O^+}] = \frac{n_p(\mathrm{H_3O^+})}{V_{20}} = \frac{C \cdot V - 2x}{V}$

$$n_p(\mathrm{H_3O^+}) = \frac{C \cdot V - 2x}{V} \cdot V_{20} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \times 0,2 - 2 \cdot 10^{-4}}{0,2} \cdot 2 \cdot 10^{-2}$$

$$= 3,8 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{mol}$$

$$V' = V_{20} + V_e \qquad pH = 2,8$$

Dans le mélange :
$[\mathrm{H_3O^+}] = \frac{n_p(\mathrm{H_3O^+})}{V_{20}+V_e} = 10^{-\mathrm{pH}}$
$V_e = \frac{n_p(\mathrm{H_3O^+})}{10^{-\mathrm{pH}}} - 2 \cdot 10^{-2} \implies V_e = 219\,\mathrm{mL}$

PH métrie

3) A l'équivalence : $C_A V_A = C_B V_{BE}$

$$C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 14}{10} \implies C_A = 5,6 \cdot 10^{-2}\,\text{mol/L}$$

$\frac{m}{M} = C_A \cdot V_S \quad (V_S = 0,1\,\text{L})$
$m = C_A \cdot V_S \cdot M = 5,6 \cdot 10^{-2} \times 0,1 \times 176$
$m = 0,985\,\text{g} \simeq 1000\,\text{mg}$

$V_B = 12\,\text{mL} \quad (V_{BE} > V_B \implies \text{HO}^-$ est limitant)

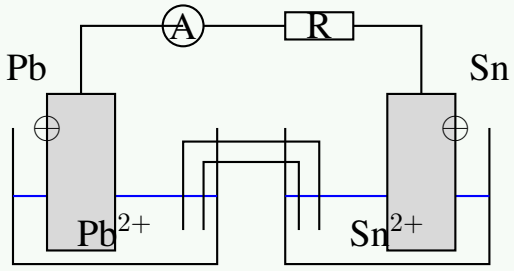
$$\text{AH} + \text{HO}^- \longrightarrow \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$$

$C_A V_A$	$C_B V_B$	0
$C_A V_A - C_B V_B$	0	$C_B V_B$

$$\frac{[\text{AH}]}{[\text{A}^-]} = \frac{\frac{C_A V_A - C_B V_B}{V_{tot}}}{\frac{C_B V_B}{V_{tot}}} = \frac{C_B V_{BE} - C_B V_B}{C_B V_B} = \frac{V_{BE} - V_B}{V_B} = K$$

$$[\text{AH}] = \frac{V_{BE} - V_B}{V_B}[\text{A}^-]$$

Les Piles



a) pont : assure l'électroneutralité et ferme le circuit.
b) $K = 2,18$
$\text{Pb}^{2+} + \text{Sn} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + \text{Pb}$

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{Sn}^{2+}]_i}{[\text{Pb}^{2+}]_i} = \frac{C}{C} = 1 < K$$

La Rx a lieu dans le sens direct.
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}$ au pôle $\oplus$
$\text{Sn} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$ au pôle $\ominus$
Symbole : $\ominus$ Sn|Sn^{2+}||Pb^{2+}|Pb $\oplus$

c)

$Pb^{2+} + Sn \rightleftharpoons$		$Pb + Sn^{2+}$		$2e^-$
$C \cdot V$	m	m'	$C \cdot V$	0
$C \cdot V - x$	$m - x$	$m' + x$	$C \cdot V + x$	$2x = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$
$C \cdot V - x_{eq}$	$m - x_{eq}$	$m' + x_{eq}$	$C \cdot V + x_{eq}$	$2x_{eq} = \frac{I \cdot \Delta t_{max}}{F}$

$x = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$

d) Soit x_{eq} l'avancement lorsque l'équilibre est atteint ($I = 0$)

$$K = \frac{[Sn^{2+}]}{[Pb^{2+}]} = \frac{C \cdot V + x_{eq}}{C \cdot V - x_{eq}}$$

$$\implies C \cdot V \cdot K - K \cdot x_{eq} = C \cdot V + x_{eq}$$

$$\implies x_{eq}(K+1) = (K-1)C \cdot V \implies x_{eq} = \frac{C \cdot V(K-1)}{K+1} = \frac{I \cdot \Delta t_{max}}{2F}$$

$$\implies \Delta t_{max} = \frac{2C \cdot V(K-1)F}{I(K+1)}$$

$$\implies \Delta t = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}(2,18-1) \cdot 96500}{0,4(2,18+1)} \implies \underline{\Delta t = 179,4\,\text{s}}$$

$C' = [Pb^{2+}] = \frac{C \cdot V - x_{eq}}{V_{tot}} = \frac{10^{-3} - 3,7 \cdot 10^{-4}}{0,15} = 4,2 \cdot 10^{-3}$ mol/L
$C'' = [Sn^{2+}] = \frac{C \cdot V + x_{eq}}{V} = C + \frac{x_{eq}}{V} = 10^{-2} + \frac{3,7 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 1,37 \cdot 10^{-2}$ mol/L
$Q'_{r,i} = \frac{C''}{C'} = \frac{1,37 \cdot 10^{-2}}{4,2 \cdot 10^{-3}} = 3,26 > K = 2,18$
La Rx a lieu dans le sens inverse.

$Sn^{2+} + Pb \rightleftharpoons$		$Sn + Pb^{2+}$		$2e^-$
$C''V$	m'_0	m''_0	$C'V'$	0
$C''V - x_f$	$m'_0 - x_f$	$m''_0 + x_f$	$C'V' + x_f$	$2x_f = \frac{I \cdot \Delta t_f}{F}$

Le symbole de la pile :
$\ominus$ Pb|Pb^{2+}||Sn^{2+}|Sn $\oplus$

b) $K = \frac{C''V - x_f}{C'V' + x_f} \implies x_f(K+1) = C''V - C'V'K$

$$\implies x_f = \frac{I \cdot \Delta t_f}{2F} = \frac{C''V - C'V'K}{K+1}$$

$$\implies \Delta t_f = \frac{2(C''V - C'V'K)F}{I(K+1)}$$

Nucléaire

1) $^{238}_{92}\mathrm{U}$: 92 protons , 146 neutrons
$^{235}_{92}\mathrm{U}$: 92 protons , 143 neutrons

2) on a : $\tau\frac{dN}{dt} + N = 0$

$$\tau\frac{dN}{dt} = -N$$

$$\int_{N_0}^{N} \frac{1}{N}dN = -\frac{1}{\tau}\int_{t=0}^{t} dt$$

$$[\ln(N)]_{N_0}^{N} = -\frac{1}{\tau}[t]_0^t$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{t}{\tau} \implies N = N_0 e^{-t/\tau}$$

b) Soit N_0 le nb initial de $^{238}\mathrm{U}$ et $^{235}\mathrm{U}$

$$\begin{cases} N_{238} = N_0 e^{-t/\tau_1} \\ N_{235} = N_0 e^{-t/\tau_2} \end{cases} \qquad \tau_1 = \frac{t_{238}}{\ln(2)} \quad ; \quad \tau_2 = \frac{t_{235}}{\ln(2)}$$

$$\frac{N_{238}/N_T}{N_{235}/N_T} = e^{t\left(\frac{1}{\tau_2}-\frac{1}{\tau_1}\right)}$$

$$\ln\left(\frac{\%\,^{238}\mathrm{U}}{\%\,^{235}\mathrm{U}}\right) = \ln(2)\left(\frac{1}{t_{235}} - \frac{1}{t_{238}}\right)t$$

$$t = \frac{t_{238}\cdot t_{235}\ln\left(\frac{\%\,^{238}\mathrm{U}}{\%\,^{235}\mathrm{U}}\right)}{\ln(2)(t_{238}-t_{235})}$$

$$t = 5,92\cdot 10^9 \text{ ans}$$

c) Partant du même nombre, $^{238}\mathrm{U}$ existe encore en grande quantité par rapport à l'uranium $^{235}\mathrm{U}$ donc $^{238}\mathrm{U}$ est + stable que $^{235}\mathrm{U}$.
Pour vérifier, il faut comparer les énergies de liaison par nucléon :

$$\xi = \frac{Zm_p + Nm_n - m(\mathrm{U})}{A}c^2$$

2) a) on a : $\frac{Z^2}{(N+Z)} \leqslant 36 \implies N+Z \geqslant \frac{Z^2}{36}$

$$\implies N \geqslant \frac{Z^2}{36} - Z = \frac{Z(Z-36)}{36}$$

$$\Longrightarrow \; N \geqslant \frac{92(92-36)}{36} = 143,11$$

Ainsi ^{235}U qui possède $N = 143$ a plus de probabilité de fission.

b) Transformation de la masse en énergie

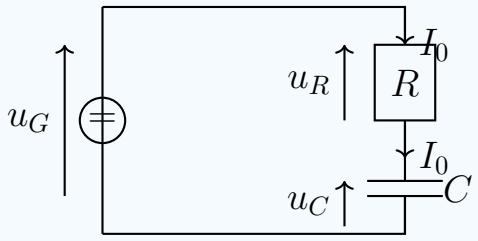
$$W_{th} = N \cdot E \qquad E = 200 \text{ MeV} = 2 \cdot 10^2 \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$N = \frac{m}{M(^{235}\text{U})} \times N_A$$

$$W_{th} = \frac{m \cdot N_A \cdot E}{M(^{235}\text{U})}$$

$$W_e = r \cdot W_{th} = r \cdot \frac{m \cdot N_A \cdot E}{M(^{235}\text{U})}$$

Électricité



$$u_G = u_C + u_R = R \cdot I_0 + \frac{1}{C}\int I_0 dt$$

$$\boxed{u_G = R \cdot I_0 + \frac{I_0}{C}t}$$

$u_c \leqslant U_{P\text{adm}} = 25\text{V}$
$\frac{I_0}{C}t_1 \leqslant U_{P\text{adm}}$

$$t_1 \leqslant \frac{U_{P\text{adm}} \cdot C}{I_0} = \frac{25 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 10^{-6}}$$

$$t_1 \leqslant 6,25 \text{ s}$$

b) $q_B = -Cu_c = -2 \cdot 10^{-6} \times 20 = -4 \cdot 10^{-5}$ **C**
$u_c = 20$ V $\implies t = \frac{u_c \cdot C}{I_0} = \frac{20 \times 2}{8} = 5$ s

$$E_G = \frac{1}{2}Cu_c^2 + RI_0^2 t$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-6}(20)^2 + 10^3 \cdot (8 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 5 \text{ J}$$

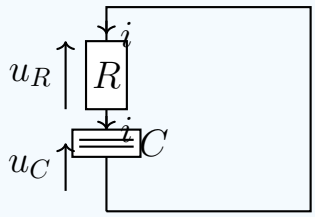
<u>ou bien</u>

$$\frac{dE_G}{dt} = P_G = u_G \cdot I_0 = \left(RI_0 + \frac{I_0}{C}t\right) I_0$$

$$\int dE_G = RI_0^2 \int_0^t dt + \frac{I_0^2}{C}\int_0^t t\, dt$$

$$E_G = RI_0^2 t + \underbrace{\frac{I_0^2}{C^2} \cdot \frac{t^2}{2} \cdot C}_{\frac{1}{2}Cu_c^2}$$

2) K en (2)



a) on a : $u_R + u_c = 0$

$$Ri + u_c = 0$$

$$* \quad RC\frac{du_c}{dt} + u_c = 0$$

et on a : $E_e = \frac{1}{2}Cu_c^2$

$$\text{donc } \frac{dE_e}{dt} = Cu_c\frac{du_c}{dt}$$

$$(*) \times \frac{1}{2}Cu_c$$

$$\frac{RC}{2} \cdot C \cdot u_c \cdot \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{2}Cu_c^2 = 0$$

$$\tau'\frac{dE_e}{dt} + E_e = 0 \qquad \tau' = \frac{\tau}{2} = \frac{RC}{2}$$

b) $\tau'\frac{dE_e}{dt} = -E_e \implies \frac{dE_e}{E_e} = -\frac{1}{\tau'}dt$

$$[\ln(E_e)]_{E_\Delta}^{E_e} = -\frac{1}{\tau'}[t]_0^t$$

$$E_\Delta = \frac{1}{2}Cu_0^2 \quad \text{avec } u_0 = u_c(t_0)$$

$$\ln\left(\frac{E_e}{E_\Delta}\right) = -\frac{t}{\tau'} \implies \frac{E_e}{E_\Delta} = e^{-t/\tau'}$$

$$\boxed{E_e = E_\Delta e^{-t/\tau'}}$$

$E_\Delta = E(t=0) = \frac{1}{2}CU_1^2 = 400 \cdot 10^{-6}$ J

$$\frac{1}{2}C\left(\frac{I_0}{C}t_1\right)^2 = E_\Delta \implies t_1 = \sqrt{\frac{2E_\Delta C}{I_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 400 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{64 \cdot 10^{-12}}} = 5 \text{ s}$$

à $t = 2\tau$:

$$E_e = 20 \cdot 10^{-6} \text{ J} = \frac{1}{2}Cu_c^2$$

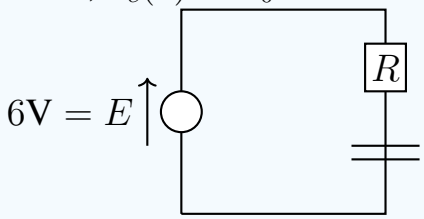
$$\text{or } u_c + u_R = 0 \implies u_c = -R \cdot i$$

$$E_e = \frac{1}{2} C R^2 i^2 \implies i = -\sqrt{\frac{2E_e}{R^2 C}}$$

$\rightarrow$ quand $u_c = 2\text{V}$, $\quad E_e = \frac{1}{2} C u_c^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 4\,\mu\text{J}$

$$\frac{E_\Delta}{E_e} = e^{t/\tau'} \implies t = \tau' \ln\left(\frac{E_\Delta}{E_e}\right) = 10^{-3} \ln\left(\frac{400}{4}\right) = 4,6 \text{ ms}$$

à $t = 0$, $u_c(0) = u_0 = 2\text{V}$



$$Ri + u_c = E$$

on dérive :

$$C \times \left(R\frac{di}{dt} + \frac{du_c}{dt} = 0\right) \quad \text{or } i = C\frac{du_c}{dt}$$

$$RC\frac{di}{dt} + i = 0$$

b) $\quad i = A + Be^{mt} \implies \frac{di}{dt} = mBe^{mt}$

$$RCmBe^{mt} + A + Be^{mt} = 0$$

$$Be^{mt}(RCm + 1) = -A \implies \begin{cases} RCm = -1 \implies m = -\frac{1}{RC} = -\frac{1}{\tau} \\ A = 0 \end{cases}$$

Ainsi : $i = Be^{-t/RC}$

$$Ri(0) + u_0 = E \implies Be^{-0} = \frac{E - u_0}{R}$$

$$i = \left(\frac{E - u_0}{R}\right) e^{-t/RC}$$

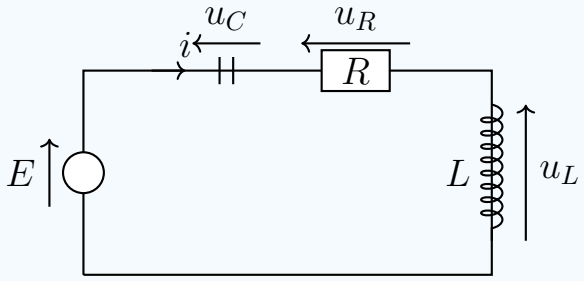
c) $\quad u_R = u_c = E/2$

$$R\left(\frac{E - u_0}{R}\right) e^{-t/\tau} = \frac{E}{2}$$

$$e^{-t/\tau} = \frac{E}{2(E - u_0)} \implies e^{t/\tau} = \frac{2(E - u_0)}{E}$$

$$\boxed{t = \tau \ln\left(2\left(1 - \frac{u_0}{E}\right)\right)}$$

2) Déterminons E_T



D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_C + u_R + u_L = E \implies u_C + Ri + L\frac{di}{dt} = E$$

on dérive :

$$\frac{du_C}{dt} + R\frac{di}{dt} + L\frac{d^2i}{dt^2} = 0 \implies i + RC\frac{di}{dt} + LC\frac{d^2i}{dt^2} = 0$$

donc $Li + RCu_L + LC\frac{du_L}{dt} = 0$

et à $t = T$, $\quad u_L$ est maximale donc $\frac{du_L}{dt} = 0$

$$\text{d'où } Li = -RCu_L \implies i = \frac{-RCu_L}{L}$$

Cherchons u_c :

$$\text{on a : } u_c + u_L + u_R = E \implies u_c = E - u_L + \frac{R^2Cu_L}{L}$$

et on a : $E_T = \frac{1}{2}Cu_c^2 + \frac{1}{2}Li^2$

$$= \frac{1}{2}C\left(E - u_L + \frac{R^2Cu_L}{L}\right)^2 + \frac{1}{2}L\left(\frac{RCu_L}{L}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}\cdot 5\cdot 10^{-6}\left(1 - 0,6 + \frac{40^2\times 5\cdot 10^{-6}\times 0,6}{0,2}\right)^2 + \dots$$

$$= 4,8544\cdot 10^{-7}\ \text{J}$$

à $\frac{5T}{4}$: $u_L = 0$

$$\text{donc } Li = -LC\frac{du_L}{dt} \implies i = -C\frac{du_L}{dt}$$

$$\text{et on a : } u_c = E - u_R \implies u_c = E + RC\frac{du_L}{dt}$$

donc $E_T = \frac{1}{2}Cu_c^2 + \frac{1}{2}Li^2$

$$E_T = \frac{1}{2}\cdot 0,2\left(5\cdot 10^{-6}\times\frac{0,6\cdot 0,6}{(18,16)\cdot 10^{-3}}\right)^2 + \frac{1}{2}\times 5\cdot 10^{-6}\left(1 + \frac{40\times 5\cdot 10^{-6}\times 0,6}{(18,16)\cdot 10^{-3}}\right)^2 \dots$$

MÉCANIQUE (5 points)

Mouvement d'un système mécanique et particule chargée dans un champ magnétique

Partie I : Mouvement d'un système mécanique

1. Relation (1) en appliquant la 2ème loi de Newton sur (S)

Le système étudié est le solide (S) de masse $m = 20\,\text{kg}$ glissant sur le plan incliné d'un angle $\alpha = 45°$. Bilan des forces extérieures exercées sur (S) :

- Son poids $\vec{P}$.
- La réaction du plan $\vec{R}$ (perpendiculaire au plan car les frottements sont négligeables).
- La tension du fil $\vec{T}'$.

Dans le repère galiléen $(O, \vec{i}, \vec{j})$, l'axe $(O, \vec{i})$ est dirigé vers le haut selon la ligne de plus grande pente. La deuxième loi de Newton s'écrit : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T}' = m\vec{a}_G$. Projetons cette relation sur l'axe $(O, \vec{i})$:

$$-P\sin\alpha + 0 + T' = m \cdot a$$

Le fil étant de masse négligeable, sa tension est uniforme : $T' = T$ (où T est la tension du fil côté poulie). On obtient la relation (1) :

$$T - mg\sin\alpha = m \cdot a$$

---

2. Relation (2) par application de la relation fondamentale de la dynamique sur (P)

Le système étudié est la poulie (P) de rayon $r = 10\,\text{cm}$ et de moment d'inertie J_Δ. Bilan des forces et couples exercés sur la poulie :

- Son poids et la réaction de l'axe de rotation (leurs moments par rapport à Δ sont nuls).
- Le couple moteur de moment $M > 0$.
- L'action du fil modélisée par la tension $\vec{T}$, qui exerce un moment résistant : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) = -T \cdot r$.

La relation fondamentale de la dynamique en rotation s'écrit $\sum \mathcal{M}_\Delta = J_\Delta \ddot{\theta}$:

$$M - T \cdot r = J_\Delta \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

---

3. Accélération a et nature du mouvement de la poulie

Le fil étant inextensible et s'enroulant sans glisser sur la gorge de la poulie, on a la relation cinématique liant le mouvement de translation et de rotation :

$$a = r\frac{d^2\theta}{dt^2} \implies \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{a}{r}$$

De la relation (2), on tire l'expression de la tension T :

$$T = \frac{M - J_\Delta \frac{a}{r}}{r} = \frac{M}{r} - J_\Delta \frac{a}{r^2}$$

En remplaçant T dans la relation (1) ($T = m \cdot a + mg\sin\alpha$) :

$$\frac{M}{r} - J_\Delta \frac{a}{r^2} = m \cdot a + mg\sin\alpha \implies a\left(m + \frac{J_\Delta}{r^2}\right) = \frac{M}{r} - mg\sin\alpha$$

En multipliant par r, on obtient l'expression de l'accélération a :

$$a = \frac{M - mgr\sin\alpha}{mr + \frac{J_\Delta}{r}}$$

Application numérique avec $M = 22,34\,\text{N.m}$, $m = 20\,\text{kg}$, $g = 10\,\text{m.s}^{-2}$, $r = 0,1\,\text{m}$, $\alpha = 45°$, et $J_\Delta = 5 \cdot 10^{-3}\,\text{kg.m}^2$:

$$mgr\sin\alpha = 20 \times 10 \times 0,1 \times \sin(45°) = 20 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \approx 14,142\,\text{N.m}$$

$$mr = 20 \times 0,1 = 2\,\text{kg.m} \quad \text{et} \quad \frac{J_\Delta}{r} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 0,05\,\text{kg.m}$$

$$a = \frac{22,34 - 14,142}{2 + 0,05} = \frac{8,198}{2,05} \approx 3,999 \approx 4\,\text{m.s}^{-2}$$

$$a = 4\,\text{m.s}^{-2}$$

Nature du mouvement de la poulie : L'accélération angulaire est $\ddot{\theta} = \frac{a}{r} = \frac{4}{0,1} = 40\,\text{rad.s}^{-2}$. Puisque l'accélération angulaire est constante et non nulle, le mouvement de la poulie est un **mouvement de rotation uniformément accéléré**.

---

4. Vitesse linéaire de S lorsque la poulie fait 10 tours

Lorsque la poulie fait $n = 10$ tours, l'angle balayé est $\Delta\theta = 10 \times 2\pi = 20\pi$ rad. La distance parcourue par le solide S est $x = r \cdot \Delta\theta = 0,1 \times 20\pi = 2\pi\,\text{m}$. Le solide S partant sans vitesse initiale ($v_0 = 0$), on utilise la relation indépendante du temps :

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot x \implies v = \sqrt{2 \cdot a \cdot x}$$

$$v = \sqrt{2 \times 4 \times 2\pi} = \sqrt{16\pi} = 4\sqrt{\pi} \approx 7,09\,\text{m.s}^{-1}$$

$$v \approx 7,09\,\text{m.s}^{-1}$$

Partie II : Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique

1. Expression de la force de Lorentz et signe de la charge q

L'expression vectorielle de la force de Lorentz s'écrit :

$$\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$$

Pour trouver le signe de la charge q : La particule entre en O avec une vitesse $\vec{V_0}$ horizontale orientée vers la droite. La trajectoire s'incurve vers le bas (vers P), la force $\vec{F}$ est donc orientée vers le bas. Le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ est représenté par un point ($\odot$), il est donc sortant (vers l'observateur). D'après la règle de la main droite (ou du produit vectoriel), le vecteur $\vec{V_0} \wedge \vec{B}$ est dirigé vers le bas. Comme $\vec{F} = q(\vec{V_0} \wedge \vec{B})$ et que $\vec{F}$ et $(\vec{V_0} \wedge \vec{B})$ sont de même sens (vers le bas), la charge q est **positive** ($q > 0$).

---

2. Mouvement circulaire uniforme

On applique la deuxième loi de Newton (le poids de la particule étant négligeable devant la force magnétique) :

$$\sum \vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B} = m\vec{a}$$

L'accélération $\vec{a}$ est orthogonale à la vitesse $\vec{v}$ (propriété du produit vectoriel). Ainsi, l'accélération tangentielle est nulle : $a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \implies v = V_0 = \text{cste}$. **Le mouvement est donc uniforme**. Dans le repère de Frenet $(\vec{t}, \vec{n})$, on a $\vec{a} = a_n\vec{n} = \frac{v^2}{R}\vec{n}$. La norme de la force donne : $|q|vB = m\frac{v^2}{R} \implies R = \frac{m \cdot v}{|q|B}$. Puisque m, v, q et B sont constants, le rayon R est constant. **Le mouvement est donc circulaire**.

---

3. Expression du diamètre OP et identification de la source

Le diamètre de la trajectoire est $OP = 2R$:

$$OP = \frac{2mV_0}{|q|B}$$

Vérifions quelle source correspond à $OP = 41,5\,\text{cm} = 0,415\,\text{m}$. Nous savons déjà que $q > 0$, la source émettant des particules β^- ($^{14}_{6}$C, $q = -e$) est exclue. Testons la source de Radon $^{222}_{86}$Rn qui émet des particules α. La particule α a une masse $m = 6,64 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$ et une charge $q = +2e = +2 \times 1,6 \cdot 10^{-19}\,\text{C}$. Avec $B = 0,1\,\text{T}$ et $V_0 = 10^6\,\text{m.s}^{-1}$:

$$OP = \frac{2 \times 6,64 \cdot 10^{-27} \times 10^6}{2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 0,1} = \frac{13,28 \cdot 10^{-21}}{3,2 \cdot 10^{-20}} = \frac{13,28}{32} = 0,415\,\text{m}$$

La valeur correspond parfaitement à celle de l'énoncé ($41,5\,\text{cm}$). La source est donc le **Radon $^{222}_{86}$Rn** (source de particules α).

---

4. Distance P_1P_2 séparant les sorties des charges émises par $^{40}_{19}$K et $^{14}_{6}$C

La source de Potassium $^{40}_{19}$K émet des particules β^+ (positrons) de masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg et de charge $q = +e$. La source de Carbone $^{14}_{6}$C émet des particules β^- (électrons) de masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg et de charge $q = -e$. Elles ont le même diamètre de trajectoire D_e mais de courbures opposées (le positron s'incurve vers le bas en P_1 et l'électron vers le haut en P_2) :

$$OP_1 = OP_2 = D_e = \frac{2m_e V_0}{eB}$$

$$D_e = \frac{2 \times 9,1 \cdot 10^{-31} \times 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \times 0,1} = \frac{18,2 \cdot 10^{-25}}{1,6 \cdot 10^{-20}} = 1,1375 \cdot 10^{-4}\,\text{m}$$

La distance séparant leurs points de sortie sur l'axe vertical est $P_1P_2 = OP_1 + OP_2 = 2 \cdot D_e$.

$$P_1P_2 = 2 \times 1,1375 \cdot 10^{-4} = 2,275 \cdot 10^{-4}\,\text{m}$$

$$P_1P_2 \approx 0,228\,\text{mm}$$

CHIMIE :

Dans cet exercice on se propose d'étudier par dosage une solution aqueuse d'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ et sa réaction avec une solution aqueuse de méthanoate de sodium $(HCOO^-_{(aq)}+Na^+_{(aq)})$.

Données : - Toutes les mesures sont effectuées à 25°C. $M(C_6H_8O_6)=176g\cdot mol^{-1}$

- On note $pK_A(C_6H_8O_6/C_6H_7O_6^-)=pK_{A1}$
- $pK_A(HCOOH/HCOO^-)=pK_{A2}=3,8$

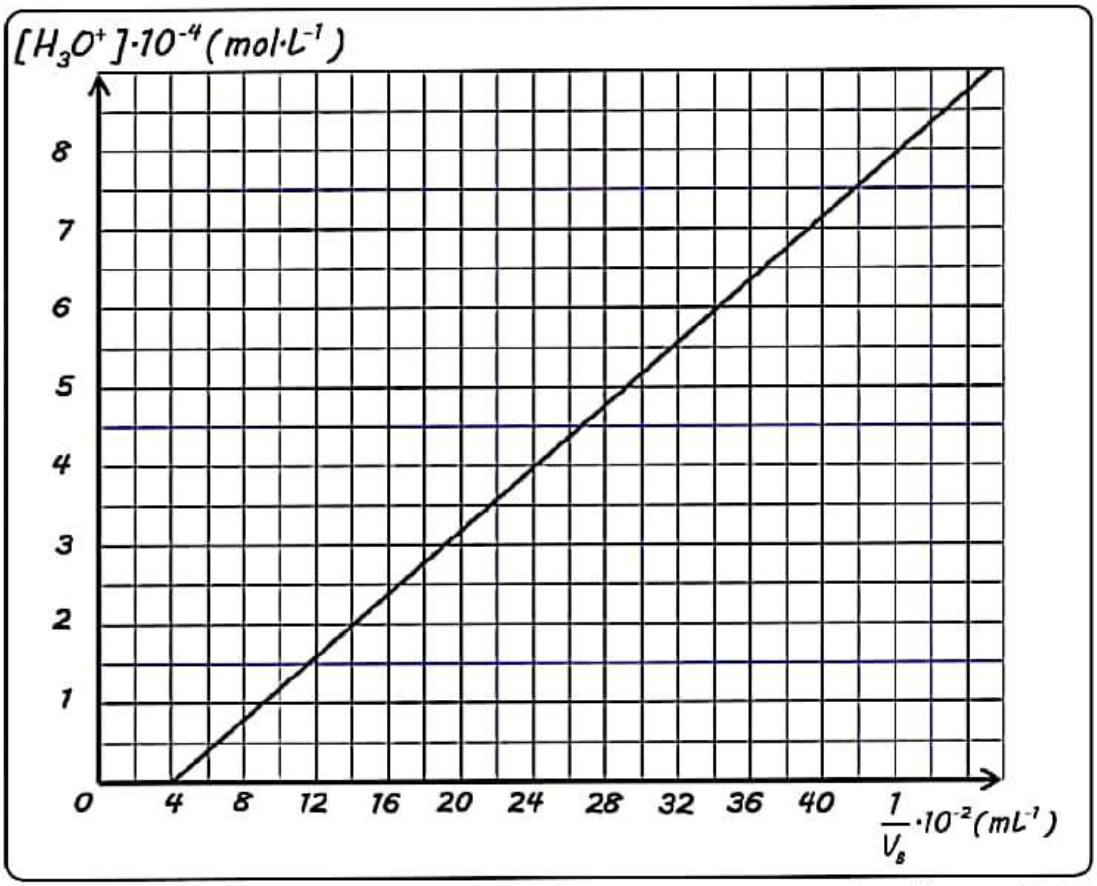
Partie I : Etude du dosage d'une solution d'acide ascorbique $C_6H_8O_6$:

La solucitricine est un médicament indiqué pour le traitement des maux de gorge.

Ce médicament contient de l'acide ascorbique de formule brute $C_6H_8O_6$.

On prépare une solution S_0 en dissolvant un comprimé de <<solucitricine 500>> dans $V_S=100mL$ d'eau distillée.

On prélève un volume $V_A=8,8mL$ de cette solution S_0 que l'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)}+HO^-_{(aq)}$ de concentration $C_B=10^{-2}mol\cdot L^{-1}$. La mesure du pH du milieu réactionnel a permis d'obtenir la courbe ci-contre qui représente les variations de la concentration des ions oxonium H_3O^+ en fonction de V_B volume d'hydroxyde de sodium versé : $[H_3O^+]=f(\frac{1}{V_B})$.



1-Ecrire l'équation de la réaction qui a lieu entre l'acide ascorbique et la solution d'hydroxyde de sodium, au cours du dosage. **(0,25pt)**

2-Etablir le tableau d'avancement de la réaction de dosage. **(0,5pt)**

3-Définir l'équivalence acido-basique. **(0,25pt)**

4-On note n_A la quantité de matière d'acide ascorbique restant dans le milieu réactionnel, V_{bE} le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé dans ce milieu réactionnel à l'équivalence. Pour un volume V_B versé avant l'équivalence :

Scanné avec CamScanner

4·1-Etablir la relation : $n_A = C_B \cdot (V_{BE} - V_B)$ · (0,5pt)

4·2-Exprimer en fonction de V_B et V_{BE} le rapport $\frac{[C_6H_7O_6^-]}{[C_6H_8O_6]}$ · (0,5pt)

4·3-Exprimer la concentration $[H_3O^+]$ des ions oxonium en fonction de V_B , V_{BE} et K_A la constante d'acidité du couple $C_6H_8O_6/C_6H_7O_6^-$ · (0,5pt)

5-Déterminer, graphiquement, la constante d'acidité K_A du couple $C_6H_8O_6/C_6H_7O_6^-$ ainsi que le volume V_{BE}· (0,75pt)

6-Calculer la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé de solucitricine· Justifier l'appellation <<solucitricine 500>>· (0,75pt)

Partie II : Etude de la réaction de l'acide ascorbique et de l'ion méthanoate·

On mélange dans un bécher un volume $V_1=2\cdot V$ de la solution aqueuse (S_1) d'acide ascorbique de concentration molaire $C_1=C$, avec un volume $V_2=V$ d'une solution aqueuse (S_2) de méthanoate de sodium $(HCOO^-_{(aq)}+Na^+_{(aq)})$ de concentration $C_2=2\cdot C$ ·

2·1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de d'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ avec l'ion méthanoate $HCOO^-$· (0,5pt)

2·2-Trouver la valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation de cette réaction· (0,5pt)

2·3-Montrer que l'expression de la concentration de $C_6H_8O_5^-$ et celle de HCOOH dans le mélange réactionnel à l'équilibre, s'écrit :

$$[C_6H_7O_6^-] = [HCOOH] = \frac{2\cdot C}{3} \cdot \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}} \cdot \text{(0,75pt)}$$

2·4-Montrer que le pH du mélange réactionnel à l'équilibre s'écrit : $pH = \frac{pK_{A1} + pK_{A2}}{2}$.

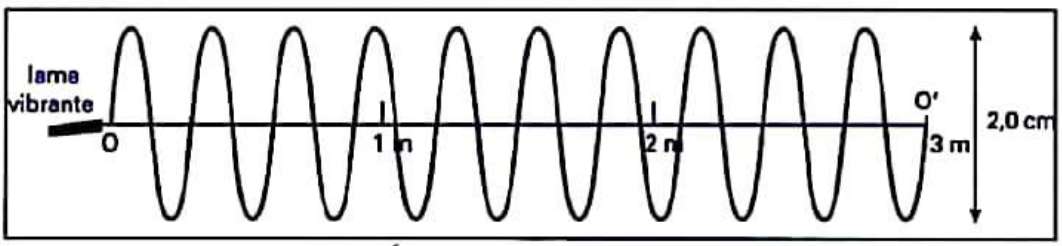
Calculer pH· (0,75pt)

PHYSIQUE 1 :

Une lame vibrante en mouvement sinusoïdal de fréquence f=10Hz, fixée à l'extrémité O d'une corde de longueur L=3m, génère le long de celle-ci une onde progressive périodique· Un dispositif approprié empêche tout phénomène de réflexion à l'autre extrémité O' de la corde· À la date origine t_0=0s, on suppose que tous les points de la corde ont été atteints par l'onde·

La célérité v de l'onde est donnée en fonction de la tension F de la corde et de sa masse linéique (masse par unité de longueur), μ=0,10kg·m^{-1}, par la relation : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

1- Le document 1 représente l'aspect de la corde à la date t_1 = 0,50 s·



1·1- L'onde étudiée est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier votre réponse· (0,25pt)

Scanné avec CamScanner

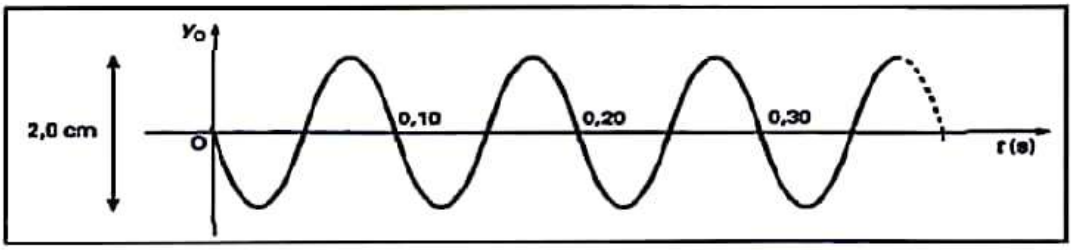
1·2- Quelle périodicité de l'onde est mise en évidence sur le document 1 ? (spatiale ou temporelle)· Justifier· (0,25pt)

1·3- Mesurer le plus précisément la valeur de la longueur d'onde λ· (0,5pt)

1·4- En utilisant l'équation aux dimensions, déterminer la dimension de la vitesse v de propagation de l'onde le long de la corde· (0,5pt)

1·5- Calculer la célérité v de l'onde dans les conditions de l'expérience· (0,25pt)

2- Le document 2 représente les variations de l'élongation y_0 du point source O en fonction du temps·



2·1- Vérifier que la valeur de la fréquence f de vibration de la lame, déduite du document 2, est bien celle donnée par l'énoncé· (0,25pt)

2·2- Les variations au cours du temps de l'élongation du point B, tel que OB=75cm, sont-elles en phase ou en opposition de phase avec le point O ?
Justifier votre réponse· (0,5pt)

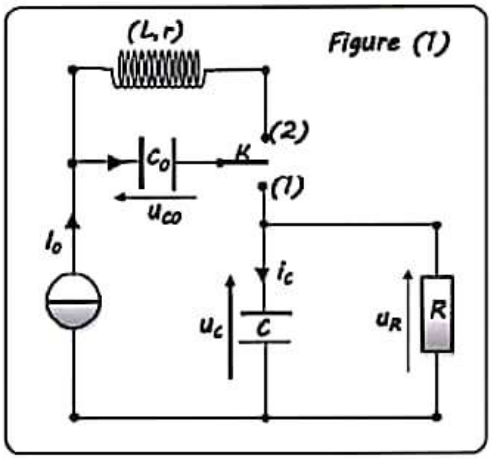
2·3- Représenter les variations au cours du temps de l'élongation du point B· (0,25pt)

2·4- Calculer la tension F (en N) de la corde dans les conditions de l'expérience· (0,25pt)

PHYSIQUE 2 :

On réalise le montage électrique représenté sur la figure (1), qui contient :

- Un générateur idéal de courant qui débite un courant d'intensité constante I_0=4mA·
- Deux condensateurs de capacité respectivement C_0 initialement chargé et C initialement non chargé·
- Un conducteur ohmique de résistance R·
- Une bobine (b) d'inductance L et de résistance r·
- Un interrupteur double K·



A un instant choisi comme origine des dates t_0=0,on ferme l'interrupteur K dans la position (1), et à la date t_1=4ms on le ferme dans la positon (2)·

Scanné avec CamScanner

Un système de saisie informatique approprié permet de tracer la courbe représentant la tension $u_{C0}(t)$ aux bornes du condensateur C_0 et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique R. (Figure (2) et (3))

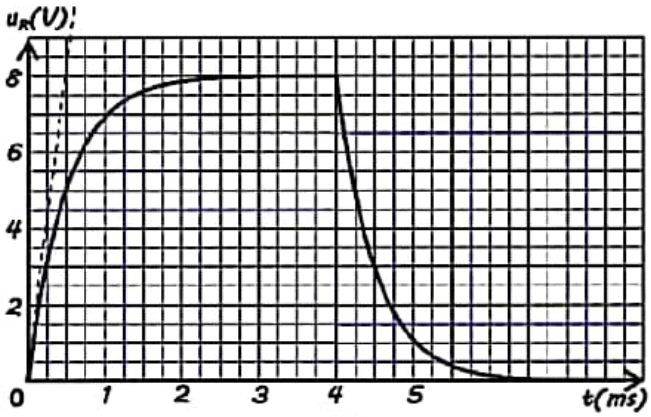


Figure (2)

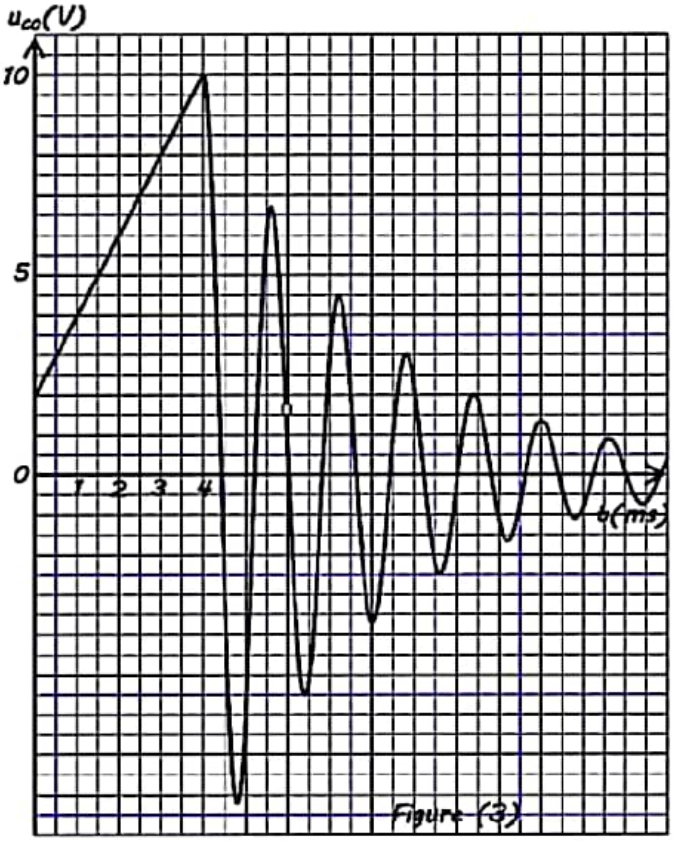


Figure (3)

II- Etude de la charge des condensateurs C et C_0 : $0 \leq t \leq 4ms$

1- Montrer que $C_0=2\mu F$ et calculer l'énergie électrique reçue par le condensateur C_0 pendant la durée de charge. (0,75pt)

2- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$ entre les bornes du conducteur ohmique R s'écrit : $R \cdot C \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R = R \cdot I_0$.(0,5pt)

3- La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $u_R(t) = A \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot t})$. Déterminer l'expression de A et α en fonction des paramètres nécessaires. (0,5pt)

4- Trouver la valeur de R et vérifier que $C=0,25\mu F$. (0,75pt)

II- Etude de la décharge des condensateurs C et C_0 : $t \geq 4ms$

1-Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$. (0,25pt)

2- La solution de l'équation différentielle précédente s'écrit : $u_R(t) = A' \cdot e^{-\alpha \cdot t}$.

Montrer que : $A' = R \cdot I_0 \cdot e^{\delta}$.(0,5pt)

3- Quel est parmi les trois régimes d'oscillations, celui qui correspond à la courbe de la figure (3). (0,25pt)

4- Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de la charge q du condensateur C_0 lors de sa décharge à travers la bobine (b). (0,25pt)

5- En assimilant la valeur de la pseudo-période T de l'oscillateur à la valeur de sa période Propre T_0 vérifier que la valeur de l'inductance de la bobine (b) L=0,032H. (0,25pt)

6- Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme :

Scanné avec CamScanner

$$q(t) = Q_m \cdot e^{-\frac{r}{2L}\cdot(t-4)} \cdot \cos\left(\frac{2\cdot\pi}{T}\cdot(t-4)\right) \quad ; \quad t \geq 4ms\cdot$$

6·1- Montrer que la résistance r de la bobine (b) s'écrit : $r = \frac{2\cdot L}{n\cdot T}\cdot \ln\left(\frac{q(t_0)}{q(t_n)}\right)$ **(0,5pt)**

Avec : ✓ $q(t_0)$: la charge de condensateur à t_0=4ms ·

✓ $q(t_n)$: la charge de condensateur à $t_n = n\cdot T - t_0$, $n \in \mathbb{N}$ ·

✓ T : la pseudo-période des oscillations·

6·2- Calculer la valeur de la résistance r· **(0,5pt)**

PHYSIQUE 3 :

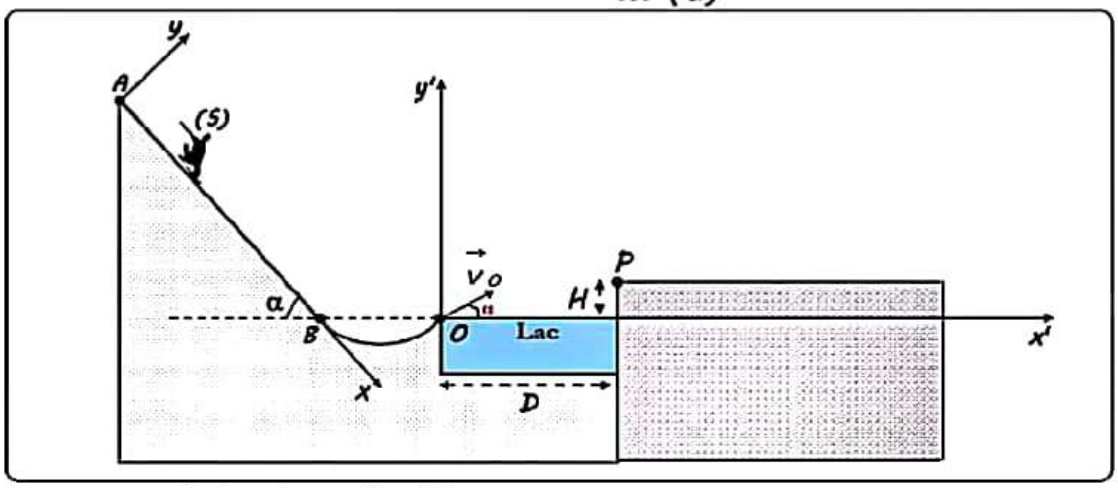
Partie I : Le mouvement parabolique dans le champ de pesanteur uniforme

Le circuit de compétition des jeux est constitué d'une piste rectiligne AB inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontal, d'une partie circulaire BO et d'un petit lac de largeur L·

Un participant modélisé par un solide (S) ponctuel de masse m et de centre d'inertie G part d'un point A avec une vitesse v_A et arrive au point O avec une vitesse v_O avec laquelle il va sauter dans l'air souhaitant arriver au point P· (Figure 1)

On donne : v_A=10m/s , AB=200m , m=70kg , α=11,5° , g=10m·s^{-2} ·

On néglige les forces Frottements· $1 + \tan^2(\alpha) = \frac{1}{\cos^2(\alpha)}$



1- Eude du mouvement dans la partie AB :

En appliquant la deuxième loi de Newton dans le repère (A,x,y), déterminer :

1·1- Les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}_G$ ·**(0,5pt)**

1·2- v_B vitesse de G au point B· **(0,25pt)**

1·3- L'intensité R de l'action du plan AB sur le participant (S)· **(0,25pt)**

2- Etude du mouvement après le saut dans le repère (O,x',y') :

2·1- En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les équations différentielles vérifiées par les coordonnées v_x et v_y du vecteur vitesse $\vec{v}$ du centre d'inertie G· **(0,25pt)**

2·2- Donner les équations horaires x(t) et y(t) et déduire l'équation de la trajectoire y(x)· **(0,5pt)**

2·3- Montrer que l'expression de la vitesse minimale v_{Omin} pour que le participant (S) puisse traverser le lac vérifié la relation suivante :

$$v_{O\,min}^{\ 2} = \frac{g\cdot D^2}{2\cdot\cos^2(\alpha)\cdot[D\cdot\tan(\alpha) - H]}\cdot$$ **(1pt)**

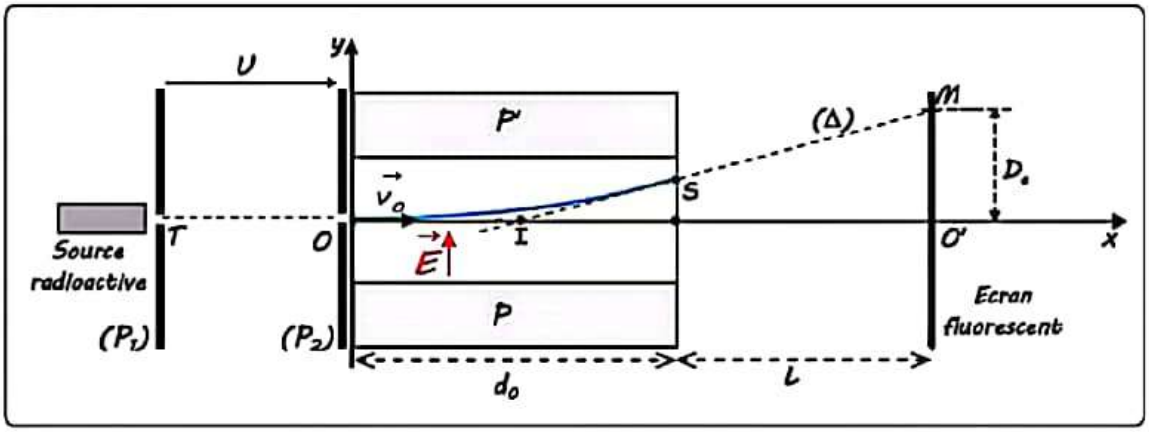
Scanné avec CamScanner

2·4- Sachant que l'athlète arrive au point P avec une vitesse v_P horizontale·

Montrer que : $v_P = \dfrac{v_0 \cdot D}{\sqrt{D^2 + 4 \cdot H^2}}$ · (1pt)

Partie II : Le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique

Une source radioactive ponctuelle émet spontanément, un faisceau de particules· Ces particules sont accélérées suivant un axe Tx dans le vide entre deux plaques métalliques parallèles (P_1) et (P_2) à l'aide d'une tension constante U· Les particules arrivent avec une vitesse horizontale $\vec{v_0}$ de norme v_0 et passent en suite entre des plaques horizontales P et P' d'un condensateur plan de longueur d_0· En l'absence de tout champ entre P et P', les particules frappent en O' un écran fluorescent situé à la distance L de la sortie du condensateur· On soumet alors le faisceau à un champ électrique uniforme et vertical $\vec{E}$, crée par le condensateur· Le faisceau de particules sort du champ électrostatique en un point S et poursuit son mouvement et heurte l'écran fluorescent en un point M tel que O'M=35cm· (Figure ci-contre)



Données : L'action de la pesanteur est négligeable devant celle de la force électrostatique·

On suppose que les particules quittent la source en T sans vitesse initiale·

La droite (Δ) représente la tangente à la trajectoire au point S·

$e=1,6\cdot10^{-19}C$; $E=527V\cdot m^{-1}$; $v_0=1,5\cdot10^{5}m\cdot s^{-1}$; $L=37cm$; $d_0=50cm$

$m_e=9,1\cdot10^{-31}kg$ pour l'électron et le positron ; $m_p=m_n=1,67\cdot10^{-27}kg$ pour le proton et le neutron·

1- En appliquant la deuxième loi de Newton entre les deux plaques (P_1) et (P_2) établir l'expression de la vitesse v_0 des particules à leur arrivée au point O en fonction de m , |q| et U· (0,5pt)

2- Montrer que les particules du faisceau décrivent entre les deux plaques P et P' une trajectoire parabolique dans le repère (O,x,y) d'équation : $y = \dfrac{|q| \cdot E}{2 \cdot m \cdot v_0^2} \cdot x^2$ · (0,5pt)

3- Montrer que la déviation électrique D_e des particules s'écrit :

$D_e = \dfrac{|q| \cdot E}{m \cdot v_0^2} \cdot d_0 \cdot (L + \dfrac{d_0}{2})$ · (0,5pt)

4- En déduire la valeur du rapport $\dfrac{|q|}{m}$ et identifier le type de la radioactivité de la source radioactive· (1pt)

5- Calculer la valeur de la tension électrique U· (0,5pt)

Scanné avec CamScanner

AN : $K_A = \dfrac{2\cdot10^{-4}}{25\times14\cdot10^{-2}-1} = 8\cdot10^{-5} \Leftrightarrow pK_A \simeq 4,1$

6-Calculons la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé de solucitricine·

A l'équivalence : $C_A\cdot V_A = C_B\cdot V_{BE} \Rightarrow C_A = \dfrac{C_B\cdot V_{BE}}{V_A} = \dfrac{10^{-2}\times25}{8,8} = 2,84\cdot10^{-2}\,mol\cdot L^{-1}$

Et $C_A = \dfrac{n(C_6H_8O_6)}{V_S} = \dfrac{m(C_6H_8O_6)}{M(C_6H_8O_6)\cdot V_S} \Rightarrow m(C_6H_8O_6) = C_A\cdot M(C_6H_8O_6)\cdot V_S$

AN : $m(C_6H_8O_6) = 2,84\cdot10^{-2}\times176\times0,1 = 0,4998g \simeq 0,5g = 500mg$

Conclusion : Chaque comprimé de <<solucitricine 500>> contient 500mg d'acide ascorbique·

Partie II : Etude de la réaction de l'acide ascorbique et de l'ion méthanoate·

2·1- L'équation chimique modélisant la réaction de d'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ avec l'ion méthanoate $HCOO^-$: $C_6H_8O_{6(aq)} + HCOO^-_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_7O_6^-{}_{(aq)} + HCOOH_{(aq)}$

2·2- La valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation de cette réaction :

On a : $K = \dfrac{[C_6H_7O_6^-]_f\cdot[HCOOH]_f}{[C_6H_8O_6]_f\cdot[HCOO^-]_f} = \dfrac{[C_6H_7O_6^-]_f\cdot[H_3O^+]_f}{[C_6H_8O_6]_f}\cdot\dfrac{[HCOOH]_f}{[HCOO^-]_f\cdot[H_3O^+]_f}$

Donc : $K = K_{A1}\cdot\dfrac{1}{K_{A2}} = 10^{pK_{A2}-pK_{A1}}$; AN : $K = 10^{3,8-4,1} = 0,5$

2·3- Le tableau d'avancement de la réaction :

Equation de la réaction		$C_6H_8O_{6(aq)} + HCOO^-_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_7O_6^-{}_{(aq)} + HCOOH_{(aq)}$			
Etat	x	$n(C_6H_8O_6)$	$n(HCOO^-)$	$n(C_6H_7O_6^-)$	$n(HCOOH)$
initial	$x_i = 0$	$n_1 = C_1\cdot V_1 = C\cdot2\cdot V$	$n_2 = C_2\cdot V_2 = 2\cdot C\cdot V$	0	0
intermédiaire	x	$n_1 - x$	$n_2 - x$	x	0
d'équilibre	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - x_f$	x_f	x_f

L'expression de x_f en fonction de K : On a $K = \dfrac{[C_6H_7O_6^-]_f\cdot[HCOOH]_f}{[C_6H_8O_6]_f\cdot[HCOO^-]_f} = \left(\dfrac{x_f}{2\cdot C\cdot V - x_f}\right)^2$

$$\Rightarrow x_f = 2\cdot C\cdot V\cdot\frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}} \quad (1)$$

A l'équilibre on a : $[C_6H_7O_6^-] = [HCOOH] = \dfrac{x_f}{V_1+V_2} = \dfrac{x_f}{3\cdot V}$ (2)

D'après (1) et (2) : $[C_6H_7O_6^-] = [HCOOH] = \dfrac{2\cdot C}{3}\cdot\dfrac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$

2·4- L'expression de pH du mélange réactionnel à l'équilibre s'écrit :

On a : $\begin{cases} pH = pK_{A1} + \log\left(\dfrac{[C_6H_7O_6^-]}{[C_6H_8O_6]}\right) \\ pH = pK_{A2} + \log\left(\dfrac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\right) \end{cases}$

Donc : $pH + pH = pK_{A2} + \log\left(\dfrac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\right) + pK_{A1} + \log\left(\dfrac{[C_6H_7O_6^-]}{[C_6H_8O_6]}\right)$

$$\Rightarrow 2\cdot pH = pK_{A2} + pK_{A1} + \log\left(\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\cdot\frac{[C_6H_7O_6^-]}{[C_6H_8O_6]}\right)$$

D'après le tableau d'avancement : $[C_6H_7O_6^-] = [HCOOH]$ et $[C_6H_8O_6] = [HCOO^-]$

D'où : $pH = \frac{pK_{a2} + pK_{a1}}{2}$; AN : $pH = \frac{4,1 + 3,8}{2} = 3,95$

PHYSIQUE 1 :

1- Etude de l'aspect de la corde :

1·1- L'onde qui se propage le long de la corde est une onde mécanique transversale car la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de perturbation·

1·2- Le document 1 mis en évidence la périodicité spatiale car il représente l'aspect de la corde en fonction de l'espace·

1·3- La valeur de la longueur d'onde λ :

Le document 1 représente 10 périodes spatiales· C'est-à-dire que : $L = 10 \cdot \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{L}{10}$

AN : $\lambda = \frac{3}{10} = 0,3m = 30cm$

1·4- L'équation aux dimensions de $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$·

$$[v] = \sqrt{\frac{[F]}{[\mu]}} = \sqrt{\frac{\frac{[M]\cdot[L]}{[T]^2}}{\frac{[M]}{[L]}}} = \sqrt{\frac{[L]^2}{[T]^2}} = \frac{[L]}{[T]}$$

3- L'expression de la masse linéique de la première corde en fonction de m_1 et L_1·

On a : $\mu_1 = \frac{m_1}{L_1}$

1·5- La valeur de la célérité v de l'onde dans les conditions de l'expérience·

On a : $v = \lambda \cdot f$; AN : $v = 0,3 \times 10 = 3m \cdot s^{-1}$

2- Etude de l'élongation y_0 du point source O en fonction du temps·

2·1- Vérification de la valeur de la fréquence f·

D'après le document 2 la période temporelle est : $T = 0,1s$

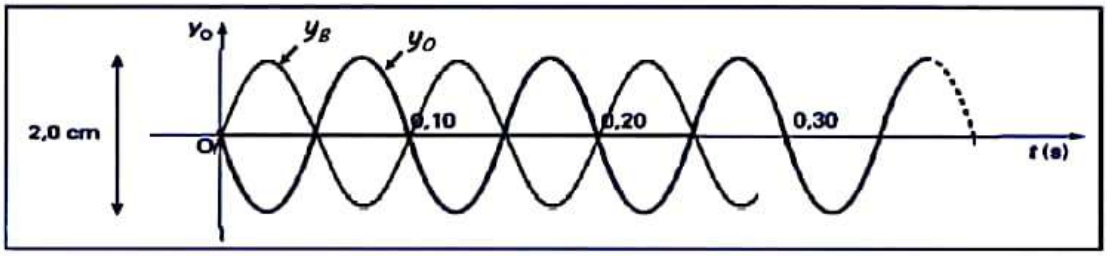
Et on a par définition de la fréquence : $f = \frac{1}{T} = 10Hz$

2·2- La nature de vibration de O et B :

On constate que : $\frac{OB}{\lambda} = \frac{OB}{\lambda} = \frac{75}{30} = \frac{5}{2} \Rightarrow OB = \frac{5}{2} \cdot \lambda$

2·3- Les variations au cours du temps de l'élongation du point B·

A l'instant t=0 tous les points de la corde sont en état de vibration :



2·4- Calculons la tension F (en N) de la corde dans les conditions de l'expérience·

On a : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow F = \mu \cdot v^2$; AN : $F = \mu \cdot v^2 = 0,1 \times 3^2 = 0,9N$

D'où : $pH = \frac{pK_{a2} + pK_{a1}}{2}$; AN : $pH = \frac{4,1 + 3,8}{2} = 3,95$

PHYSIQUE 1 :

1- Etude de l'aspect de la corde :

1·1- L'onde qui se propage le long de la corde est une onde mécanique transversale car la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de perturbation·

1·2- Le document 1 mis en évidence la périodicité spatiale car il représente l'aspect de la corde en fonction de l'espace·

1·3- La valeur de la longueur d'onde λ :

Le document 1 représente 10 périodes spatiales· C'est-à-dire que : $L = 10 \cdot \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{L}{10}$

AN : $\lambda = \frac{3}{10} = 0,3m = 30cm$

1·4- L'équation aux dimensions de $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$·

$$[v] = \sqrt{\frac{[F]}{[\mu]}} = \sqrt{\frac{\frac{[M]\cdot[L]}{[T]^2}}{\frac{[M]}{[L]}}} = \sqrt{\frac{[L]^2}{[T]^2}} = \frac{[L]}{[T]}$$

3- L'expression de la masse linéique de la première corde en fonction de m_1 et L_1·

On a : $\mu_1 = \frac{m_1}{L_1}$

1·5- La valeur de la célérité v de l'onde dans les conditions de l'expérience·

On a : $v = \lambda \cdot f$; AN : $v = 0,3 \times 10 = 3m \cdot s^{-1}$

2- Etude de l'élongation y_0 du point source O en fonction du temps·

2·1- Vérification de la valeur de la fréquence f·

D'après le document 2 la période temporelle est : $T = 0,1s$

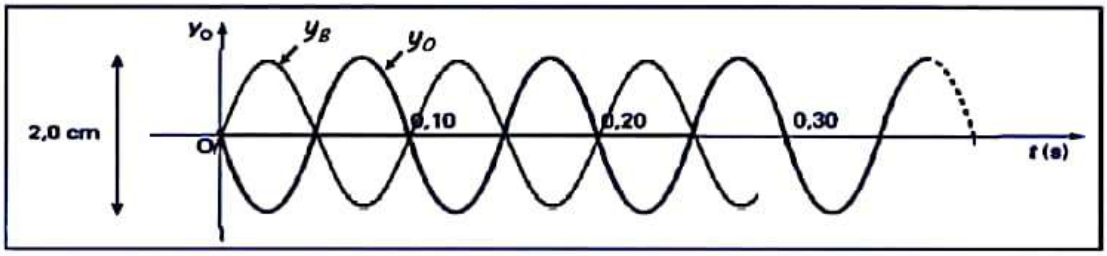
Et on a par définition de la fréquence : $f = \frac{1}{T} = 10Hz$

2·2- La nature de vibration de O et B :

On constate que : $\frac{OB}{\lambda} = \frac{OB}{\lambda} = \frac{75}{30} = \frac{5}{2} \Rightarrow OB = \frac{5}{2} \cdot \lambda$

2·3- Les variations au cours du temps de l'élongation du point B·

A l'instant t=0 tous les points de la corde sont en état de vibration :



2·4- Calculons la tension F (en N) de la corde dans les conditions de l'expérience·

On a : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow F = \mu \cdot v^2$; AN : $F = \mu \cdot v^2 = 0,1 \times 3^2 = 0,9N$

PHYSIQUE 2 :

I- Etude de la charge des condensateurs C et C_0 : $0 \le t \le 4ms$

1- Montrons que $C_0=2\mu F$:

$$i = I_0 = C_0 \cdot \frac{du_{C0}}{dt} \Rightarrow \frac{du_{C0}}{dt} = \frac{I_0}{C_0}$$

On a :

$$\Rightarrow u_{C0} = \frac{I_0}{C_0} \cdot t + u_{C0}(0)$$

u_{C0} est une fonction affine de coefficient directeur $\frac{I_0}{C_0}$ et d'ordonnée à l'origine du temps $u_{C0}(0)=2V$.

Donc : $\frac{I_0}{C_0} = \frac{\Delta u_{C0}}{\Delta t} = \frac{10-2}{4 \cdot 10^{-3} - 0} = 2 \cdot 10^3 V \cdot s^{-1}$

D'où : $C_0 = \frac{I_0}{2 \cdot 10^3} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^{-6} F = 2\mu F$

Calculons l'énergie électrique reçue par le condensateur C_0 pendant la durée de charge :

On a : $E_e = E_e(4ms) - E_e(0) = \frac{C_0}{2} \cdot u_{C0}^2(4ms) - \frac{C_0}{2} \cdot u_{C0}^2(0)$

AN : $E_e = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{2} \cdot [100 - 4] = 96\mu J$

2- L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$:

D'après la loi des nœuds : $I_0 = i_C + i_R$

D'après la loi d'ohm et d'après le montage on a : $i_R = \frac{u_R}{R}$ et $u_C = u_R$

De même : $i_C = C \cdot \frac{du_C}{dt}$

Donc : $I_0 = C \cdot \frac{du_C}{dt} + \frac{u_R}{R} \quad \Rightarrow \quad I_0 = C \cdot \frac{du_R}{dt} + \frac{u_R}{R}$

D'où : $R \cdot I_0 = R \cdot C \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R$

3- La solution de cette équation différentielle :

On a : $u_R(t) = A \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot t}) \quad \Rightarrow \quad \frac{du_R}{dt} = A \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t}$

On remplace u_R et $\frac{du_R}{dt}$ dans l'équation différentielle, on trouve :

$$R \cdot I_0 = R \cdot C \cdot A \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t} + A \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot t})$$

$$\Rightarrow R \cdot I_0 = A \cdot e^{-\alpha \cdot t} \cdot [R \cdot C \cdot \alpha - 1] + A$$

Pour que cette équation soit vérifier pour tout instant il faut que :

$$\begin{cases} R \cdot C \cdot \alpha - 1 = 0 \\ R \cdot I_0 = A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = \frac{1}{R \cdot C} = \frac{1}{\tau} \\ R \cdot I_0 = A \end{cases}$$

4- La valeur de R :

En régime permanent : $u_R(\infty) = A = R \cdot I_0 = 8V$

Donc : $R = \frac{8}{I_0} = \frac{8}{4 \cdot 10^{-3}} = 2k\Omega$

La valeur de C : Graphiquement $\tau = 0.5ms$

On a : $\tau = R \cdot C \quad \Rightarrow \quad C = \frac{\tau}{R} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{3}} = 2,5 \mu F$

II- Etude de la décharge des condensateurs C et C_0 : $t \geq 4ms$

1- L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$.

On a : $u_C = u_R = -R \cdot i_C$ avec : $i_C = C \cdot \frac{du_C}{dt}$

Donc : $u_C + R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} = 0$

2- La solution de l'équation différentielle :

On a : $u_R(t) = A' \cdot e^{-\alpha \cdot t} \quad \Rightarrow \quad \frac{du_R}{dt} = -A' \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t}$

On remplace u_R et $\frac{du_R}{dt}$ dans l'équation différentielle, on trouve :

$$-R \cdot C \cdot A' \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t} + A' \cdot e^{-\alpha \cdot t} = 0$$

$$\Rightarrow A' \cdot e^{-\alpha \cdot t} \cdot [-R \cdot C \cdot \alpha + 1] = 0$$

$$donc : \alpha = \frac{1}{R \cdot C} = \frac{1}{\tau}$$

La fonction $u_R(t)$ est continue à la date t=4ms.

On a : $u_R(4ms) = A' \cdot e^{-\alpha \cdot 4} = R \cdot I_0 \quad \Rightarrow \quad A' = R \cdot I_0 \cdot e^{\frac{1}{\tau} \cdot 4} = R \cdot I_0 \cdot e^{8}$

3- Parmi les trois régimes d'oscillations, celui qui correspond à la courbe de la figure (3)est le régime pseudopériodique amortie.

4- L'équation différentielle régissant l'évolution de la charge q du condensateur C_0 lors de sa décharge à travers la bobine (b).

D'après l'additivité de tension : $u_{C0} + u_L = 0$

$$\frac{q}{C_0} + r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = 0$$

Donc : $\Rightarrow \frac{q}{C_0} + r \cdot \frac{dq}{dt} + L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} = 0$

$$\Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{r}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{L \cdot C_0} \cdot q = 0$$

5- La valeur de l'inductance L de la bobine (b) :

Graphiquement : $\frac{5}{4} \cdot T = 2ms \Rightarrow T = 1,6ms$

Et on a : $T = T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_0} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{T_0^{\,2}}{4 \cdot \pi^2 \cdot C_0} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 0,032H$

6- La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme :

$$q(t) = Q_m \cdot e^{-\frac{r}{2 \cdot L} \cdot (t-4)} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot (t-4)\right) \quad ; \quad t \geq 4ms.$$

6.1- L'expression de la résistance r de la bobine (b).

A t_0=4ms : $q(4ms) = Q_m \cdot e^{-\frac{r}{2 \cdot L} \cdot (4-4)} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot (4-4)\right) = Q_m$

A $t_n = n \cdot T - t_0$: $q(t_n) = Q_m \cdot e^{-\frac{r}{2 \cdot L} \cdot (n \cdot T + 4 - 4)} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot (n \cdot T + 4 - 4)\right) = Q_m \cdot e^{-\frac{r}{2 \cdot L} \cdot (n \cdot T)}$

On divise les deux relations et on trouve :

$$\frac{q(t_0)}{q(t_n)} = \frac{Q_m}{Q_m \cdot e^{-\frac{r}{2L}\cdot(n\cdot T)}} = e^{+\frac{r}{2L}\cdot(n\cdot T)}$$

$$\Rightarrow \ln\left[\frac{q(t_0)}{q(t_n)}\right] = \frac{r}{2L}\cdot(n\cdot T)$$

$$\Rightarrow r = \frac{2L}{n\cdot T}\cdot \ln\left[\frac{q(t_0)}{q(t_n)}\right]$$

6·2- Calculons la valeur de la résistance r·

AN : Pour n=3 on a : $u_{c0}=3V$ et pour t_0 on a : $u_{c0}=10V$

On a : $\frac{q(t_0)}{q(t_n)} = \frac{u_{c0}(t_0)}{u_{c0}(t_n)}$

Donc : $r = \frac{2\times 0,032}{3\times 1,6\cdot 10^{-3}}\cdot \ln\left[\frac{10}{3}\right] = 16\Omega$

PHYSIQUE 3 :

Partie I : Le mouvement parabolique dans le champ de pesanteur uniforme

1- Eude du mouvement dans la partie AB :

1·1- Les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}_G$·

- système étudié : (Participant) Solide (S)
- Bilan des forces : $\vec{P}$: Poids du solide (S)·

  $\vec{R}$: Réaction du plan horizontal·

On applique la deuxième loi de Newton au solide (S):

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\cdot\vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{P}+\vec{R} = m\cdot\vec{a}$$

$$\begin{cases} \text{Projection suivant } x : & P_x+R_x=m\cdot a_x \\ \text{Projection suivant } y : & P_y+R_y=m\cdot a_y \end{cases}$$

Donc : $\begin{cases} m\cdot g\cdot\sin\alpha = m\cdot a_x \\ a_y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_x = g\cdot\sin\alpha \\ a_y = 0 \end{cases}$; AN: $\begin{cases} a_x \simeq 2m\cdot s^{-2} \\ a_y = 0 \end{cases}$

1·2- Calculons v_B vitesse de G au point B·

D'après l'équation horaire du mouvement au point B on a : $x_B = \frac{a_x}{2}\cdot t_B^{\,2} + v_A\cdot t_B + x_A$

Donc : $x_B - x_A = \frac{a_x}{2}\cdot t_B^{\,2} + v_A\cdot t_B = AB \quad \Rightarrow \quad 2\cdot t_B^{\,2} + 10\cdot t_B - 200 = 0$

On obtient une équation de second degré dont : $\Delta = 20^2+4\times 1,71\times 200 = 1768$

La solution est : $t_B=5s$

D'après l'équation horaire de vitesse au point B on a : $v_B = a_x\cdot t_B + v_A = 2\cdot t_B + 10$

AN : $v_B=20m\cdot s^{-1}$

1·3- Calculons l'intensité R de l'action du plan AB sur le participant (S)·

Suivant l'axe (Oy) on a : $P_y+R_y=m\cdot a_y \quad \Rightarrow \quad m\cdot g\cdot\cos\alpha+R=0 \quad \Rightarrow \quad R=m\cdot g\cdot\cos\alpha$

AN : R=685,9N

2- Etude du mouvement après le saut dans le repère (O,x',y') :

2·1- Les équations différentielles vérifiées par les coordonnées v_x et v_y du vecteur vitesse $\vec{v}$:

- système étudié : (Participant) Solide (S)

- Bilan des forces : $\vec{P}$: Poids du solide (S).

- La deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m\cdot\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\cdot\vec{a}$

- Projection dans le repère (O,x',y') : $\begin{cases} P_x = m\cdot a_x = 0 \\ P_y = m\cdot a_y = -m\cdot g \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_x = 0 = \dfrac{dv_x}{dt} \\ a_y = -g = \dfrac{dv_y}{dt} \end{cases}$

2.2- Les équations horaires x(t) et y(t) :

- Suivant l'axe (Ox') : $\dfrac{dv_x}{dt} = 0 \Rightarrow v_x = C^{ste} = v_{0x} = v_0\cdot\cos\alpha = \dfrac{dx}{dt}$

$\Rightarrow \quad x = v_0\cdot\cos\alpha\cdot t + x_0$

Avec : $x_0=0$; donc : $x = v_0\cdot\cos\alpha\cdot t$ (1)

- Suivant l'axe (Oy') : $\dfrac{dv_y}{dt} = -g \Rightarrow v_y = -g\cdot t + v_{0y}$

Avec : $v_{0y}=v_0\cdot\sin\alpha$; donc : $v_y = -g\cdot t + v_0\cdot\sin\alpha = \dfrac{dy}{dt}$

Et : $y = -\dfrac{g}{2}\cdot t^2 + v_0\cdot\sin\alpha\cdot t + y_0$; Avec : $y_0=0$

D'où : $y = -\dfrac{g}{2}\cdot t^2 + v_0\cdot\sin\alpha\cdot t$ (2)

- l'équation de la trajectoire y(x) :

On élimine le temps entre les deux équations (1) et (2), on trouve :

$$y = -\frac{g}{2\cdot {v_0}^2\cdot\cos^2\alpha}\cdot x^2 + \tan\alpha\cdot x$$

2.3- La valeur minimale de la vitesse v_{0min} pour que le participant (S) puisse traverser le lac :

Il faut que Le point P appartienne à la trajectoire. (Avec : $y_B=H$ et $x_B=D$)

C'est-à-dire : $H = -\dfrac{g}{2\cdot {v_0}^2\cdot\cos^2\alpha}\cdot D^2 + D\cdot\tan\alpha$

$$\frac{g}{2\cdot {v_0}^2\cdot\cos^2\alpha}\cdot D^2 = D\cdot\tan\alpha - H$$

$${v_0}^2 = \frac{g\cdot D^2}{2\cdot\cos^2\alpha\cdot[D\cdot\tan\alpha - H]}$$

2.4- Si l'athlète arrive au point P avec une vitesse v_P horizontale on a :

La composante de $\vec{v}$ suivant l'axe (Oy') est nulle : $v_{Py} = -g\cdot t_P + v_0\cdot\sin\alpha = 0 \Rightarrow t_P = \dfrac{v_0\cdot\sin\alpha}{g}$

D'après $v_y(t)$ on a : $v_{Py} = -g\cdot t_P + v_0\cdot\sin\alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad t_P = \dfrac{v_0\cdot\sin\alpha}{g}$

On remplace t_P dans x(t) et y(t), on trouve :

$$\begin{cases} x_P = v_0\cdot\cos\alpha\cdot\dfrac{v_0\cdot\sin\alpha}{g} = D \\ y_P = \dfrac{{v_0}^2\cdot\sin^2\alpha}{2\cdot g} = H \end{cases}$$

Au point P : $v_{Py} = 0$ et $v_{Px} = v_0\cdot\cos\alpha$; Donc : $v_P = \sqrt{{v_{Px}}^2 + {v_{Py}}^2} = v_{Px} = v_0\cdot\cos\alpha$

On remplace $v_0\cdot\cos\alpha$ par v_P dans l'expression de x(t) :

$$\begin{cases} x_P = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot \dfrac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g} = v_P \cdot \dfrac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g} = D \\ y_P = \dfrac{{v_0}^2 \cdot \sin^2\alpha}{2 \cdot g} = H \end{cases} \Rightarrow \quad \frac{y_P}{x_P} = \frac{2 \cdot H}{D} = \tan\alpha$$

Et on a : $v_P = v_0 \cdot \cos\alpha \Rightarrow {v_P}^2 = {v_0}^2 \cdot \cos^2\alpha = {v_0}^2 \cdot \dfrac{1}{1 + \tan^2(\alpha)}$

$$ {v_P}^2 = {v_0}^2 \cdot \frac{1}{1 + \dfrac{4 \cdot H^2}{D^2}} = {v_0}^2 \cdot \frac{D^2}{D^2 + 4 \cdot H^2}$$

D'où : $$v_P = \frac{v_0 \cdot D}{\sqrt{D^2 + 4 \cdot H^2}}$$

Partie II : Le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique

1- l'expression de la vitesse v_0 des particules à leur arrivée au point O.

On applique la première loi de Newton à chaque particule entre (P_1) et (P_2).

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow q \cdot \vec{E}_0 = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q \cdot \vec{E}_0}{m}$$

Projection suivant l'axe (TO) : $a_x = \dfrac{|q| \cdot E_0}{m} = \dfrac{|q| \cdot U}{m \cdot TO} = C^{ste}$

Le mouvement est rectiligne uniformément varié d'équations :

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} \Rightarrow v_x = a_x \cdot t + v_T \qquad \text{avec: } v_T = 0$$

Et : $$v_x = a_x \cdot t = \frac{dx}{dt} \Rightarrow x = \frac{a_x}{2} \cdot t^2 + x_T$$

Au point O : $$TO = \frac{a_x}{2} \cdot \left(\frac{v_0}{a_x}\right)^2 \Rightarrow TO = \frac{1}{2} \cdot \frac{{v_0}^2}{a_x}$$

$$ {v_0}^2 = 2 \cdot a_x \cdot TO \Rightarrow {v_0}^2 = 2 \cdot \frac{|q| \cdot U}{m \cdot TO} \cdot TO$$

Donc : $$v_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{|q| \cdot U}{m}}$$

2- Etude des particules du faisceau entre les deux plaques P et P' dans le repère (O,x,y) :

On applique la première loi de Newton à chaque particule :

$$\vec{a} = \frac{q \cdot \vec{E}}{m} \Leftarrow q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a} \Leftarrow \vec{F} = m \cdot \vec{a} \Leftarrow \sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$$

$$\begin{cases} a_x = \dfrac{|q| \cdot E_x}{m} = 0 = \dfrac{dv_x}{dt} \\ a_y = \dfrac{|q| \cdot E_y}{m} = \dfrac{|q| \cdot E}{m} = \dfrac{dv_y}{dt} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x = v_{0x} = v_0 = \dfrac{dx}{dt} \\ v_y = \dfrac{|q| \cdot E}{m} \cdot t + v_{0y} = \dfrac{|q| \cdot E}{m} \cdot t = \dfrac{dy}{dt} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = v_0 \cdot t + x_0 = v_0 \cdot t \\ y = \dfrac{|q| \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2 + y_0 = \dfrac{|q| \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2 \end{cases}$$

On élimine le temps entre x et y on trouve :

exercice chimie :

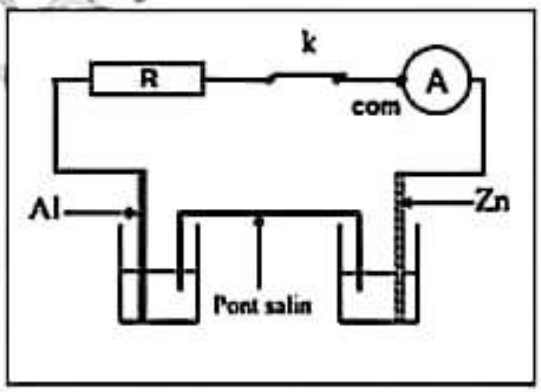
partie1 :

Données :

- Masse molaire : $M_{Al} = 27,0\ g.mol^{-1}$
- Valeur du Faraday : $1\ F = 9,65\times10^{4}\ C.mol^{-1}$
- Charge électrique élémentaire : $e = 1,60\times10^{-19}\ C$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02\times10^{23}\ mol^{-1}$

On dispose :

- de V= 100 mL d'une solution aqueuse de sulfate de zinc contenant des ions $Zn^{2+}(aq)$ de concentration $[Zn^{2+}]_i = 3,0\times10^{-1}\ mol.L^{-1}$;
- de V=100 mL d'une solution aqueuse de sulfate d'aluminium contenant des ions $Al^{3+}(aq)$ de concentration $[Al^{3+}]_i = 1,0\times10^{-1}\ mol.L^{-1}$;
- d'une lame d'aluminium de masse $m = 3,0$ g ;
- d'un pont salin ;
- d'un conducteur ohmique de résistance R ;
- ampèremètre.
- de fils de connexion.



La constante d'équilibre associée à la réaction :

$3\ Zn^{2+}_{(aq)} + 2\ Al_{(s)} \rightleftharpoons 2\ Al^{3+}_{(aq)} + 3\ Zn_{(s)}$

est $K = 10^{+90}$ à 25 °C .

1. Principe de fonctionnement de la pile

L'ampèremètre indique une valeur positive.

0,5pt **1-1-Représenter le schéma conventionnel de la pile étudiée en justifiant sa polarité.**

0,5pt **1-2- Ecrire l'équation modélisant la réaction ayant lieu au voisinage de l'électrode Al. Nommer cette électrode.**

0,5pt **1-3- Calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial et en déduire le sens d'évolution spontanée du système chimique.**

2. Étude de la pile en fonctionnement.

0,5pt **2.1. Tracer le tableau d'avancement de l'équation de la réaction en déterminant les quantités de matières initiales (en mol) des réactifs.**

0,5pt **2.2. Calculer la quantité maximale d'électricité Q_{max} que peut débiter cette pile. Justifier votre réponse.**

0,75pt **2-3- soit $[Zn^{2+}]_t$ la concentration des ions de zinc présents la solution au bout d'une durée Δt .**

Déterminer l'expression de Δt en fonction de I ; V ; F ; $[Zn^{2+}]_t$ et $[Zn^{2+}]_i$.

partie 2

Données:

Masse molaire de l'ammoniac : M (NH_3)= 17 g.mol^{-1}

Constante d'acidité du couple $NH_4^+{}_{(aq)}$/ $NH_{3(aq)}$ à 25°C: $K_A = 6,3 \times 10^{-10}$,

le produit ionique de l'eau K_e à 25°C: $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$.

1. On dissout dans un volume d'eau V=250ml une quantité de matière n=2,5 x 10^{-3} mol d'ammoniac. Le pH de la solution S obtenue vaut 10,6.

0,25pt 1-1- Ecrire l'équation de réaction entre l'ammoniac et l'eau.

0,5pt 1-2- Exprimer et calculer la constante d'équilibre de cette réaction.

0,75pt 1-3- Montrer que le taux d'avancement final τ peut s'écrire $\tau = \frac{10^{pH} \cdot K_e}{C}$.

Que peut-on dire de la transformation chimique ?

2- Détermination de la concentration en ammoniac d'une solution commerciale

Afin de déterminer la concentration c_0 d'une solution commerciale d'ammoniaque , on propose de réaliser un dosage acido-basique de la solution (S_1) dilué 1000 fois ($C_1 = C_0/1000$).

On réalise un dosage pH-métrique de V_1= 20,0 mL de solution diluée S_1 par une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+{}_{(aq)}$+$Cl^-{}_{(aq)}$) de concentration C_A=1,5.10^{-2} mol.L^{-1}.

Pour obtenir l'équivalence il a fallu verser un volume V_{AE} = 14,3 mL d'acide chlorhydrique. On note que le pH à l'équivalence vaut 5,7.

0,25pt 2-1-écrire l'équation chimique modélisant la transformation ayant lieu lors du dosage.

0,75pt 2-2-Déterminer C_0.

0,5pt 2-3-Parmi les indicateurs colorés du tableau, choisir, en justifiant, celui qui pourrait être utilisé pour réaliser ce dosage de façon colorimétrique.

0,75pt 2-4- En se basant sur le tableau d'avancement montrer que lorsqu'on ajoute V_A = 7,15ml de l'acide chlorhydrique la valeur du pH du mélange est pH = 9,2.

Indicateur colore	Couleur forme acide	Zone de virage	Couleur forme basique
hélianthine	Rouge	3, 1 – 4,4	jaune
Rouge de chlorophénol	Jaune	5,2 – 6,8	rouge
Bleu de bromothymol	Jaune	6,0 – 7 ,6	bleu
phénolphtaléïne	Incolore	8,2 – 10	Rouge violacé

Exercice physique 1 : Onde et nucléaire (5 points)

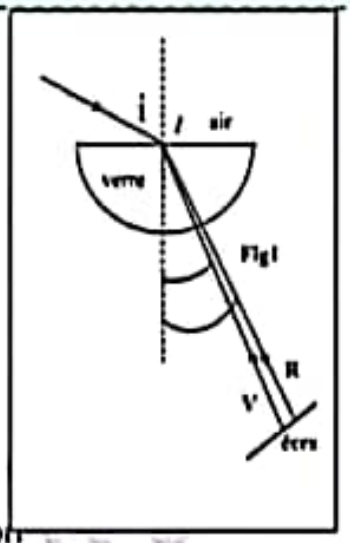
Partie 1 : phénomène de dispersion et de la difraction

L'objectif de cet exercice est d'étudier le phénomène de dispersion et celui de la diffraction.

Données : La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans l'air est

Couleur de la radiation	rouge(R)	violet (V)
La longueur d'onde dans l'air en (μm)	0,768	0,434
L'indice de réfraction du verre	1,51	1,52

égale à sa vitesse de propagation dans le vide $C=3.10^8$ m/s



1- Dispersion de la lumière :

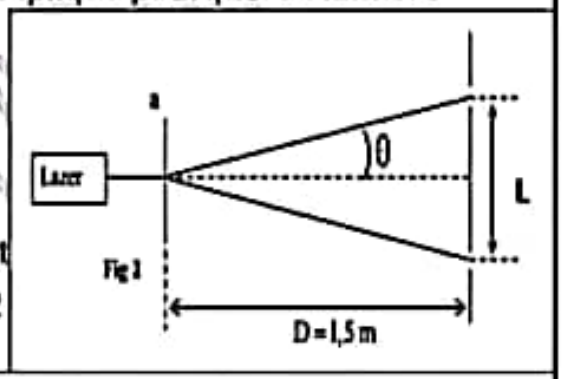
Un faisceau parallèle de lumière blanche arrive au point I de la surface d'un demi- disque en verre; on observe sur l'écran (figure 1) les sept couleurs du spectre allant du rouge au violet

0, 5pt **1-1–** L'indice de réfraction n d'un milieu transparent pour une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans l'air est modélisé par la relation (Gauchy): $n= A + \frac{B}{\lambda_0^2}$

Calculer la valeur de A et celle de B pour le verre utilisé.

0,5 pt **1-2-** Donner l'expression de λ la longueur d'onde d'une radiation monochromatique en fonction de l'indice de réfraction n du verre et de λ_0

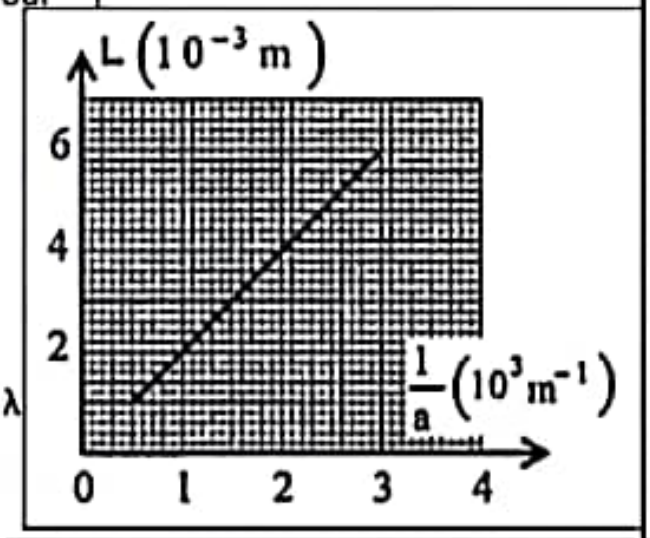
0,5 pt **1-3-** En utilisant la loi de diffraction de la lumière, explique pourquoi La lumière violette dévie-t-elle plus que la lumière rouge ?



2- Diffraction de la lumière :

On réalise l'expérience de la diffraction d'une lumière monochromatique ,de longueur d'onde λ dans l'air, émise par un dispositif laser , en utilisant une fente de largeur a comme l'indique la figure 2

On mesure la largeur L de la tache centrale pour différentes valeurs de largeur a de la fente et on représente graphiquement $L=f(\frac{1}{a})$; on obtient la courbe indiquée dans la figure 3.



0,5pt **2-1-** Trouver l'expression de L en fonction de λ , a et D , sachant que $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (θ est petit exprimé en radian)

0,5pt **2-2-** Déterminer graphiquement la valeur de λ

partie 2 : Datation et énergie liberée par U

1- Datation par l'uranium 238 :

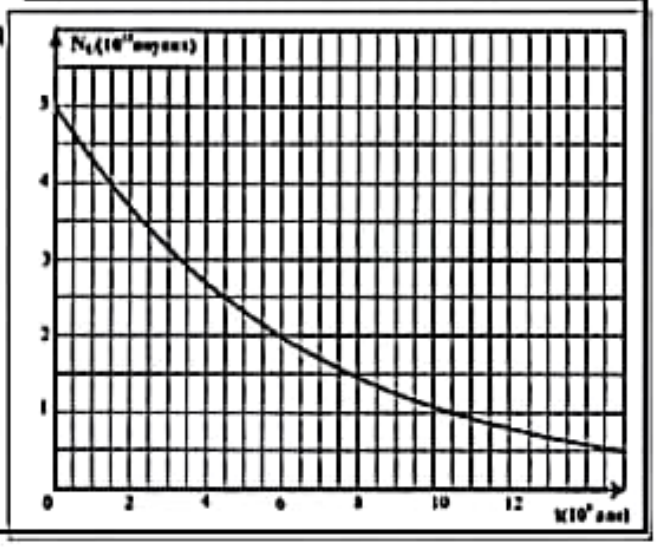
Le noyau d'uranium 238 se transforme en un noyau de plombe 206 stable par une serie de désintégrations successives α et β^- selon l'équation globale

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\ {}^{0}_{-1}e + y\ {}^{4}_{2}He$$

x et y le nombre de désintégrations α et β^-

0,5pt **1-1-** Déterminer les nombres x et y

1-2- La courbe ci-contre traduit l'évolution



au cours du temps du nombre N_U de noyau d'uranium238 restant dans l'échantillon d'une roche ancienne .

0,25pt **1-2-1-** Déterminer graphiquement $t_{1/2}$ la demi-vie de l'uranium 238.

1-2-2-A l'instant d'étude t_1 la roche ancienne renferme un nombre de noyaux de

0,75pt plombe 206 noté $N_{Pb}(t_1) = 2,5.10^{12}$.

sachant que a t_0=0 ; $N_{Pb}(t0)$ =0 , calculer l'Age de la roche.

2- La fission de l'uranium 235 :

La production de l'énergie au sein de la centrale nucléaire est basée sur la fission de l'uranium235.

données : $m(^{140}_{54}Xe)$ = 139,8920 u ; $m(^{94}_{38}Sr)$ = 93,8945 u ; $m(^{235}_{92}U)$ = 234,9935 u

$m(^{1}_{0}n)$ = 1,0087 u ; 1Mev = $1,6.10^{-13}$ J ; 1u = $1,66.10^{-27}$ kg = 931,5Mev.c^{-2} .

le noyau d'uranium235 subit une fission selon l'équation :

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + 2\,^{1}_{0}n$$

0,5pt **2-1-** Calculer en Mev l'énergie E libérée par la fission d'un noyau d'uranium235.

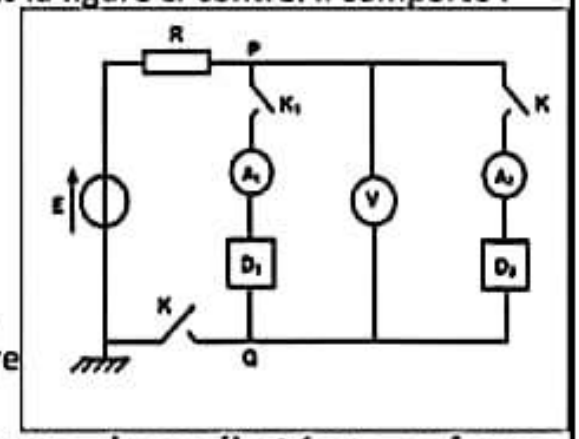
0,5pt **2-2-** Déduire E_{lib} l'énergie en joule libérée par la fission de m_0=1g d'uranium235.

Exercice physique2 :

Partie 1 :

On réalise le montage électrique schématisé dans la figure ci-contre. Il comporte :

- deux dipôles (D1) et (D2) dont l'un peut être un condensateur de capacite C alors que l'autre peut être une bobine d'Inductance L et de résistance r .
- un générateur idéal de tension de force-électromotrice E
- un conducteur ohmique de résistance R=60 Ω .
- deux ampèremètres (A1) et (A2) et un voltmètre
- trois interrupteurs (K) et (K1) et (K2)



1- Le condensateur ne portant initialement aucune charge électrique, on ferme les interrupteurs (K1) et (K2) puis (K).

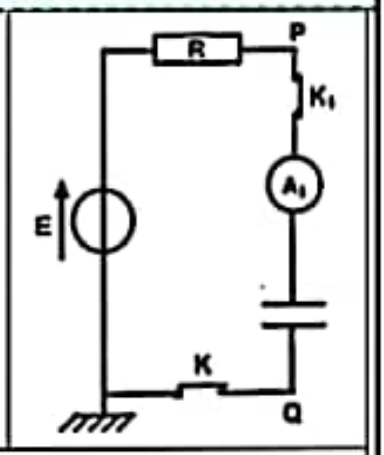
En régime permanent le voltmètre indique la valeur U=2,4V, l'ampèremètre (A_1) indique un courant nul tandis que l'ampèremètre (A_2) indique un courant d'intensité I=0,16A

0,25pt **1-1-** Montrer que (D_1) est le condensateur de capacité C

0,5pt **1-2-** Calculer la résistance de la bobine.

0,25pt **1-3-** Déterminer la valeur de E la force-électromotrice

2- On ouvre les trois interrupteurs et on décharge complètement le condensateur. Puis on ferme (K1) et on maintient (K2) ouvert. Par la suite on ferme l'interrupteur (K).



On schématise le montage par le circuit suivant

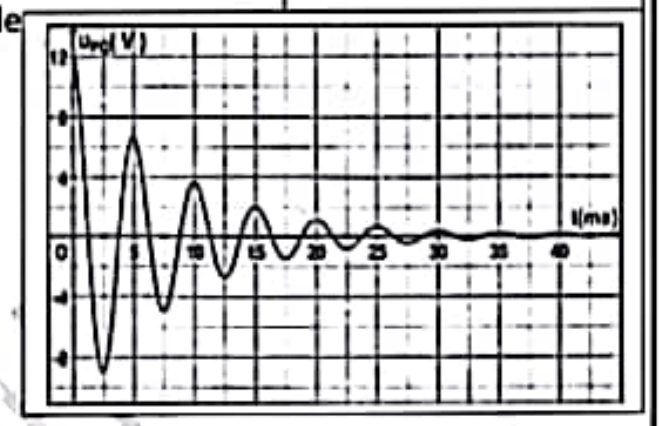
Le régime permanent s'établit pratiquement au bout d'une durée $\Delta t = 0,6ms$

0,25pt **2-1-** Recopier le circuit et représenter la tension u_{PQ} au borne du condensateur.

0,5pt **2-2-** Sachant que la durée du régime transitoire vaut 5 fois la valeur de la constante de temps, calculer la valeur de la capacité du condensateur.

3- On ouvre (K) et on ferme (K_2).

L'enregistrement de la tension $u_{PQ}(t)$ a l'aide de l'oscilloscope à mémoire donne des oscillations libres amorties comme il est indiqué sur la courbe de la figure



0,5pt **3-1-** Etablir l'équation différentielle qui vérifie $u_{PQ}(t)$ la tension au borne du condensateur.

0,5pt **3-2-** En supposant que la pseudopériode T est égale à la période propre déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine.

3-3- Soit E_T l'Energie électrique totale emmagasinée dans le circuit fermé.

0,25pt **a)** Exprimer en fonction de L ; C ; u_{PQ} et l'intensité i du courant, l'énergie E_T .

0,75pt **b)** Calculer ΔE_T la variation de l'énergie totale entre les deux instants t_1 =0 ms et t_2 =15 ms.

0,25pt **c)** Montre que le signe de la valeur de ΔE_T est prévisible .

Partie 2 ;

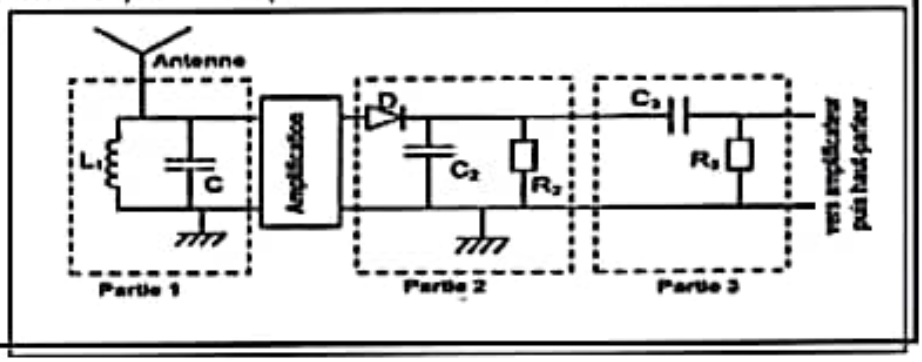
On réalise le circuit simple de réception d'une onde AM, représenté sur la figure, et qui est constitué de trois parties principales. La première partie est constituée d'une association parallèle d'une bobine d'inductance L_1 = 1,1 mH et de résistance négligeable, et du condensateur de capacité C=1nF.

0,25pt 1-Quel est le rôle de la partie 3 dans la démodulation ?

0, 5pt 2- Quelle est la fréquence f_0 de l'onde hertzienne que captera ce dispositif simple?

3-On obtient une bonne détection de crêtes en utilisant un condensateur de capacité C_2 = 4,7 nF et un conducteur ohmique de résistance R_2. Parmi les résistors de résistances suivantes : 0,1 kΩ, 1 kΩ, 150 kΩ, déterminer la

0,75pt valeur de R_2 convenable, sachant que la fréquence de l'onde sonore modulante est : f_S = 1 kHz.



Exercice physique3 : Etude de la chute verticale

On souhaite déterminer expérimentalement la viscosité d'une huile moteur.

données :

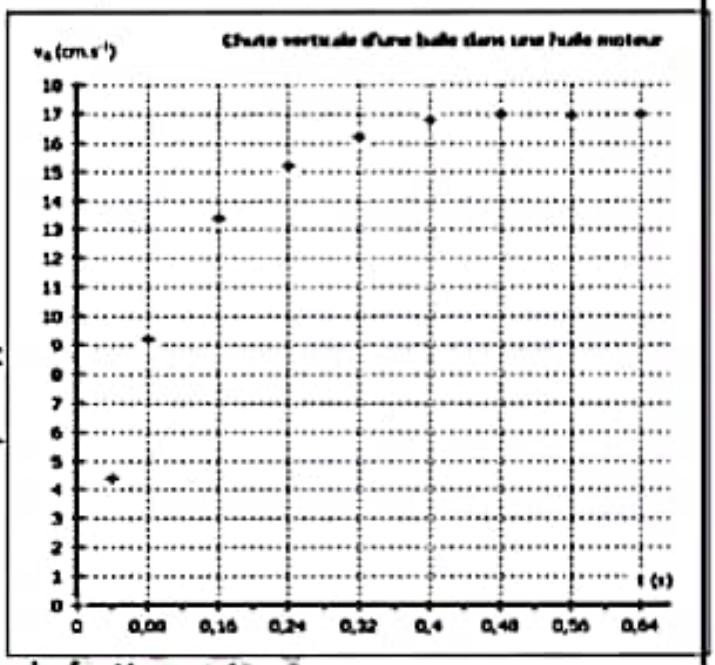
On suppose que la force de frottement s'exprime sous la forme $\vec{f} = -k \times \vec{v}$ où v est la vitesse du centre d'inertie de la balle.

La masse m = 35,0 g ; rayon R = 2,00 cm

Pour cela on filme la chute verticale d'une balle dans cette huile moteur avec une caméra numérique.

L'exploitation du film avec un ordinateur permet de déterminer les valeurs de vitesse de la balle en fonction du temps.

On obtient le graphe ci-contre.



1. Validité de la modélisation de la force de frottement :

Pour étudier le mouvement de la balle, on se place dans le référentiel du laboratoire. On prendra l'axe vertical Oz dirigé vers le bas.

0,75pt **1.1.** En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du mouvement de la balle dans le référentiel du laboratoire s'écrit sous la forme $\frac{dv}{dt} = A - B.v$ avec $A = g.(1 - \frac{V.\rho_{huile}}{m})$ et $B = \frac{k}{m}$

0,25pt **1.2.** En utilisant l'équation aux dimensions, préciser l'unité de la constante A.

0,25pt **1.3.** Relever graphiquement la valeur de la vitesse limite V_{lim}

1.4. Connaissant la constante A =1,27 S.I et B = 7,5 s^{-1}, la méthode d'Euler nous permet d'obtenir le tableau de valeurs suivant :

0,5pt Calculer la valeur de la vitesse et de l'accélération à l'instant t = 0,24 s.

t (s)	0	0,080	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56
$\frac{dv_G}{dt}$ (m.s^{-2})	?	0,51	0,20	?	0,03	0,02	0,00	0,00
v_G (m.s^{-1})	0	0,102	0,143	?	0,165	0,167	0,169	0,169

0,25pt **1-5-** En comparant les mesures obtenues par la méthode d'Euler et les points expérimentaux (de la courbe) , la modélisation de la force de frottement de l'huile sur la balle $\vec{f} = -k \times \vec{v}$ est-elle valide ?

2. Détermination de la viscosité de l'huile moteur :

Pour des vitesses faibles, la formule de Stokes permet de modéliser la force de frottement fluide $\vec{f}$ agissant sur un corps sphérique en fonction de la viscosité η de l'huile, du rayon de la balle R et de la vitesse de déplacement V de la balle telle que :

0,5pt $\vec{f} = -6.\pi.\eta.R.\vec{v}$ avec η en Pa.s, R en m et v en m.s^{-1} .

En vous aidant de l'expression de B donnée à la question 1.1 et de l'hypothèse $\vec{f} = -k \times \vec{v}$ exprimer la viscosité η en fonction de B, m et R. Calculer sa valeur.

CHIMIE

Étude d'une pile et réactions acido-basiques

Partie 1 : Principe de fonctionnement

1.1) Pôle positif de la pile L'ampèremètre indique une valeur positive, c'est-à-dire que le courant sort par la borne COM. D'où la lame d'Aluminium (Al) est l'électrode positive. Schéma conventionnel : $\ominus\ Al\ /\ Al^{3+}\ //\ Zn^{2+}\ /\ Zn\ \oplus$.

1.2) Nature de l'électrode Al L'électrode d'Aluminium est l'anode car cette électrode est le siège d'une oxydation selon la demi-équation :

$$Al_{(s)} \quad \rightleftharpoons \quad Al^{3+}_{(aq)} \ + \ 3e^-$$

1.3) Quotient de réaction initial Le quotient de réaction à l'état initial s'écrit :

$$Q_{r,i} = \frac{[Al^{3+}]_i^2}{[Zn^{2+}]_i^3} = \frac{10^{-2}}{(3 \cdot 10^{-2})^3}$$

$$Q_{r,i} = 0,111$$

Puisque $Q_{r,i} \ll K$, alors le système chimique évolue spontanément dans le sens direct.

---

2. Étude de la pile en fonctionnement

2.1) Quantités de matière initiales

$$n_i(Zn^{2+}) = [Zn^{2+}]_i \times V = 3 \cdot 10^{-1} \times 100 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-2}\,\text{mol}$$

$$n_i(Al) = \frac{m(Al)}{M(Al)} = \frac{3}{27} = 1,11 \cdot 10^{-1}\,\text{mol}$$

2.2) Calcul de Q_{max} On sait que la quantité d'électricité est $Q = n(e^-) \cdot F$, alors la capacité maximale est $Q_{max} = n_{max}(e^-) \cdot F$. D'après l'équation $3Zn^{2+} + 2Al \rightleftharpoons 2Al^{3+} + 3Zn$, on a $n(e^-) = 6x \implies n_{max}(e^-) = 6x_{max}$.

Déterminons le réactif limitant (x_{max}) :

- Hypothèse (1) : Zn^{2+} limitant $\implies n_i(Zn^{2+}) - 3x_{max} = 0 \implies x_{max} = \frac{10^{-2}}{3} \approx 3,33 \cdot 10^{-3}$ mol ($x_{max} = 10^{-2}$ mol avec une simplification).
- Hypothèse (2) : Al limitant $\implies n_i(Al) - 2x_{max} = 0 \implies x_{max} = \frac{1,11 \cdot 10^{-1}}{2} = 5,56 \cdot 10^{-2}$ mol.

On retient la plus petite valeur : $x_{max} = 10^{-2}$ mol. D'où : $Q_{max} = 6 \cdot x_{max} \cdot F = 6 \cdot 10^{-2} \times 9,65 \cdot 10^4 = 57,9 \cdot 10^2$ C.

$$Q_{max} = 5,79 \cdot 10^3\,\text{C}$$

2.3) Durée de fonctionnement Δt D'après le tableau d'avancement : $n_t(Zn^{2+}) = n_i(Zn^{2+}) - 3x \implies x = \frac{n_i(Zn^{2+}) - n_t(Zn^{2+})}{3}$. Or on sait que $n(e^-) \cdot F = I \cdot \Delta t \implies \Delta t = \frac{n(e^-) \cdot F}{I} = \frac{6x \cdot F}{I}$. En remplaçant x :

$$\Delta t = \frac{2\left(n_i(Zn^{2+}) - n_t(Zn^{2+})\right) \cdot F}{I}$$

$$\Delta t = \frac{2V([Zn^{2+}]_i - [Zn^{2+}]_t) \cdot F}{I}$$

Partie 2 : Dosage de l'ammoniac

1) Étude de la solution aqueuse 1.1) $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$. **1.2)** Constante d'équilibre :

$$K = \frac{[NH_4^+] \cdot [HO^-]}{[NH_3]} = \frac{K_e}{K_A} = \frac{10^{-14}}{6,3 \cdot 10^{-10}}$$

$$K = 1,58 \cdot 10^{-5}$$

1.3) Taux d'avancement τ

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[HO^-] \cdot V}{C \cdot V} = \frac{[HO^-]}{C} = \frac{K_e/[H_3O^+]}{C}$$

$$\tau = \frac{10^{-14}/10^{-10,6}}{2,5 \cdot 10^{-3}} \approx 0,0398 \implies \tau \approx 4\%$$

1.4) Puisque $\tau < 1$, alors la transformation chimique est **limitée**.

---

2) Dosage 2.1) Équation : $NH_3 + H_3O^+ \longrightarrow NH_4^+ + H_2O$. **2.2) Détermination de C_0** À l'équivalence, les deux réactifs sont limitants, le mélange est stchiométrique : $n(NH_3) = n(H_3O^+)$.

$$C_1 \cdot V_1 = C_A \cdot V_{AE} \implies C_1 = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} \times 14,3}{20} = 1,07 \cdot 10^{-2}\,\text{mol/L}$$

D'où $C_0 = 1000 \times C_1 = \mathbf{10,7}$ mol/L.
2.3) Indicateur coloré $pH_E \in [5,2; 6,8]$, le **Rouge de chlorophénol** est l'indicateur coloré approprié.

2.4) pH à $V_A = 7,15$ mL

$$[NH_3] = \frac{n_i - x}{V} \quad \text{et} \quad [NH_4^+] = \frac{x}{V}$$

$$pH = pK_A + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = pK_A + \log\frac{n_i - x}{x}$$

Avant l'équivalence, H_3O^+ est le réactif limitant, donc $x = n_i(H_3O^+) = C_A \cdot V_A = 1,0725 \cdot 10^{-4}$ mol.

$$pH = -\log(6,3 \cdot 10^{-10}) + \log\frac{1,07 \cdot 10^{-2} \times 20 \cdot 10^{-3} - 1,0725 \cdot 10^{-4}}{1,0725 \cdot 10^{-4}}$$

$$pH = 9,2$$

PHYSIQUE

Dispersion et Diffraction de la lumière

Partie 1 : Ondes Lumineuses

1. Dispersion de la lumière 1.1) Loi de Cauchy $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$. On pose le système à partir des données :

$$1,51 = A + \frac{B}{(0,768 \cdot 10^{-6})^2} \quad \text{et} \quad 1,52 = A + \frac{B}{(0,434 \cdot 10^{-6})^2}$$

Par soustraction : $B\left(\frac{1}{(0{,}434\cdot10^{-6})^2} - \frac{1}{(0{,}768\cdot10^{-6})^2}\right) = 0,01.$

$$B = 2,767 \cdot 10^{-15}\,\text{m}^2 \quad ; \quad A = 1,505$$

1.2) Longueur d'onde

$$n = \frac{c}{v} \implies \lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

1.3) Déviation des rayons D'après la loi de Descartes : $\sin i = n \cdot \sin r \implies \sin r = \frac{\sin i}{n}$. Puisque $n_v > n_R$, alors $\sin r_v < \sin r_R$, d'où $r_v < r_R$. C'est-à-dire que le violet est **plus dévié** que le rouge.

---

2. Diffraction de la lumière 2.1) Géométriquement, $\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$. Pour θ très petit, $\tan\theta \approx \theta$, donc $\theta = \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$. On en déduit la relation : $L = \frac{2D\lambda}{a}$.

2.2) Calcul de λ Pour $\frac{1}{a} = 1 \cdot 10^3\,\text{m}^{-1}$, on lit $L = 2 \cdot 10^{-3}\,\text{m}$.

$$\lambda = \frac{L}{2D \cdot \frac{1}{a}} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \times 1,5 \times 10^3} = 0,666 \cdot 10^{-6}\,\text{m}$$

$$\lambda = 666\,\text{nm}$$

PARTIE 2 : PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Datation et Fission Nucléaire

1] Datation

1-1 Équation de désintégration L'équation de désintégration s'écrit :

$$^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + x\,^{0}_{-1}\text{e} + y\,^{4}_{2}\text{He}$$

D'après les lois de conservation :

- Conservation du nombre de masse : $238 = 206 + 4y \implies 4y = 32 \implies y = 8$.
- Conservation du nombre de charge : $92 = 82 - x + 2y \implies x = 82 - 92 + 16 \implies x = 6$.

1-2 Étude temporelle 1-2-1 Au temps de demi-vie $t_{1/2}$, le nombre de noyaux restants est :

$$N_U(t_{1/2}) = \frac{N_U(0)}{2}$$

D'où $t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ ans.

1-2-2 Calcul de l'âge t_1 : On a $N_{Pb}(t_1) = 2,5 \cdot 10^{12}$. Le nombre de noyaux d'Uranium restants est :

$$N_U(t_1) = N_U(0) - N_{Pb}(t_1) = 5 \cdot 10^{12} - 2,5 \cdot 10^{12} = 2,5 \cdot 10^{12}$$

On sait que la loi de décroissance radioactive est $N_U(t_1) = N_U(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t_1}$.

$$\frac{N_U(t_1)}{N_U(0)} = e^{-\lambda \cdot t_1} \implies \ln\left(\frac{N_U(t_1)}{N_U(0)}\right) = -\lambda \cdot t_1$$

$$t_1 = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{N_U(t_1)}{N_U(0)}\right)$$

En remplaçant λ par $\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$:

$$t_1 = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$t_1 = t_{1/2}$$

2] La fission

2-1 Énergie libérée par la réaction L'équation de la réaction est :

$$^1_0\text{n} + ^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow ^{94}_{38}\text{Sr} + ^{140}_{54}\text{Xe} + 2\,^1_0\text{n}$$

La variation d'énergie s'écrit :

$$\Delta E = [m(\text{Sr}) + m(\text{Xe}) + 2m_n - m_n - m(\text{U})] \cdot c^2$$

$$\Delta E = [93,8945 + 139,892 + 1,0087 - 234,9935] \cdot 931,5\,\text{MeV}/c^2 \cdot c^2$$

$$\Delta E = -184,7164\,\text{MeV}$$

L'énergie libérée est la valeur absolue : $|\Delta E| = 184,7164\,\text{MeV}$

2-2 Énergie libérée par un échantillon L'énergie totale libérée E_{lib} pour un nombre de noyaux N est :

$$E_{\text{lib}} = N \cdot |\Delta E| = \frac{m_0}{m(U)} \cdot |\Delta E|$$

$$E_{\text{lib}} = \frac{1}{234,9935 \times 1,66 \cdot 10^{-27}} \times 184,716$$

$$E_{\text{lib}} = 4,735 \cdot 10^{23}\,\text{MeV}$$

En convertissant en Joules ($1\,\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\,\text{J}$) :

$$E_{\text{lib}} = 4,735 \cdot 10^{23} \times 1,6 \cdot 10^{-13}$$

$$E_{\text{lib}} = 7,576 \cdot 10^{10}\,\text{J}$$

EXERCICE PHYSIQUE 2

Dipôles RLC, Modulation et Filtrage

Partie 1 & 2

Partie 1

— **1.1 :** Puisque l'ampèremètre A_1 indique $I = 0$, alors D_1 est un condensateur totalement au régime permanent (devient comme un interrupteur ouvert).

— **1.2 :** La tension aux bornes de la bobine est $u_L = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$. Au régime permanent, $i = \text{cte}$, d'où $u_L = r \cdot I$. On en déduit $r = \frac{u_L}{I} = \frac{2{,}4}{0{,}16} \Longrightarrow$ $r = 15\,\Omega$.

— **1.3 :** La force électromotrice est $E = 2{,}4\,\text{V}$.

Partie 2

— **2.1 :** Représentation u_{PQ}.

— **2.2 :** Le temps de charge complet est $\Delta t = 5\tau = 5 \cdot R \cdot C$. On en déduit la capacité : $C = \frac{\Delta t}{5 \cdot R} = \frac{0{,}6 \cdot 10^{-3}}{5 \times 60} = 2 \cdot 10^{-6}\,\text{F}$. $C = 2\,\mu\text{F}$

Partie 3 : Circuit LC et Filtre

3.1 Équation différentielle L'équation du circuit s'écrit : $u_{PQ} + u_L = 0 \Longrightarrow u_{PQ} + L\frac{di}{dt} + r \cdot i = 0$. Sachant que $i = C\frac{du_{PQ}}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_{PQ}}{dt^2}$, on obtient :

$$u_{PQ} + L \cdot C\frac{d^2u_{PQ}}{dt^2} + r \cdot C\frac{du_{PQ}}{dt} = 0$$

3.2 Calcul de l'inductance L La période propre est $T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

$$\frac{T}{2\pi} = \sqrt{LC} \Longrightarrow L = \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot C}$$

$$L = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^2}{4\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} \Longrightarrow L = 0{,}316\,\text{H}$$

3.3 Bilan Énergétique

— **a)** L'énergie totale est $E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2}C \cdot u_{PQ}^2 + \frac{1}{2}L \cdot i^2$.

— **b)** Variation d'énergie $\Delta E_T = \frac{1}{2}C \cdot u_{PQ}^2(t_2) - \frac{1}{2}C \cdot u_{PQ}^2(t_1) = \frac{1}{2}C(2^2 - 12^2)$. $\Delta E_T = -140 \cdot 10^{-6}\,\text{J} = -1{,}4 \cdot 10^{-4}\,\text{J}$.

— **c)** Puisque $\Delta E_T < 0$ alors l'énergie totale diminue au cours du temps, elle se transforme sous forme d'énergie thermique sous l'effet Joule dans la résistance de la bobine.

Partie Modulation/Démodulation

— **1)** Le rôle de la partie 3 élimine la tension continue U_0 (filtre passe-haut).

— **2)** Fréquence propre $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C}}$.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{1,1 \cdot 10^{-3} \times 10^{-9}}} = 1,517 \cdot 10^5 \,\text{Hz} \implies \boxed{f_0 = 151,7\,\textbf{kHz}}$$

— **3)** Pour une bonne détection de crête, on doit avoir $T_0 \ll \tau < T_s$.

$$T_0 \ll R_2 \cdot C_2 < T_s \implies \frac{1}{f_0} \ll R_2 \cdot C_2 < \frac{1}{f_s} \implies \frac{1}{C_2 \cdot f_0} \ll R_2 < \frac{1}{C_2 \cdot f_s}$$

$$\frac{1}{4,7 \cdot 10^{-9} \times 151,7 \cdot 10^3} \ll R_2 < \frac{1}{4,7 \cdot 10^{-9} \times 10^3}$$

$$1402,5\,\Omega \ll R_2 < 2,127 \cdot 10^5\,\Omega \implies 1,4\,\text{k}\Omega \ll R_2 < 212,7\,\text{k}\Omega$$

D'où un choix valide est $\boxed{R_2 = 150\,\textbf{k}\Omega}$.

EXERCICE PHYSIQUE 3 : MÉCANIQUE

Chute verticale avec frottements fluides

1. Étude dynamique et méthode d'Euler

1.1 Équation différentielle de la vitesse

— Système : {la balle}

— Repère : $(O, \vec{k})$

— Bilan des forces : $\vec{P}$ (le poids), $\vec{f}$ (force de frottement), $\vec{F}_A$ (poussée d'Archimède).

L'application de la 2ème loi de Newton donne : $\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = m\vec{a}$. La projection sur l'axe $(O, \vec{k})$ orienté vers le bas donne : $m \cdot g - F_A - f = m \cdot a$.

$$m \cdot g - \rho_{\text{huile}} \cdot V \cdot g - K \cdot v_G = m \cdot \frac{dv_G}{dt}$$

En divisant par m :

$$\frac{dv_G}{dt} = g\left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{huile}}}{m}\right) - \frac{K}{m}v_G$$

Par identification avec $\frac{dv_G}{dt} = A - B \cdot v_G$, on obtient :

$$A = g\left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{huile}}}{m}\right) \quad \text{et} \quad B = \frac{K}{m}$$

1.2 Unité de A On a $a = A - B \cdot v_G$. L'analyse dimensionnelle donne $[a] = [A]$. Alors l'unité de A est m.s^{-2}.

1.3 Vitesse limite Graphiquement, la vitesse limite atteinte en régime permanent est $v_{\text{lim}} = 17\,\textbf{cm.s}^{-1}$.

1.4 Méthode d'Euler On utilise le pas de calcul $\Delta t = 0,24 - 0,16 = 0,08\,\text{s}$ et les relations : $a_i = A - B \cdot v_i$ et $v_{i+1} = v_i + a_i \Delta t$.

— Calcul de la vitesse :

$$v(t = 0,24\,\text{s}) = v(0,16) + a(0,16) \cdot \Delta t = 0,143 + 0,20 \times 0,08 \implies v(0,24\,\textbf{s}) = 0,15$$

— Calcul de l'accélération :

$$a(0,24\,\text{s}) = A - B \cdot v(0,24) = 1,27 - 7,5 \times 0,159 \implies a(0,24\,\textbf{s}) = 0,0775\,\textbf{m.s}^{-2}$$

1.5 Conclusion sur la modélisation Les résultats expérimentaux sont presque compatibles aux résultats théoriques alors la modélisation qu'on a fait est valide.

---

2. Détermination de la viscosité η On donne $K = 6\pi \cdot \eta \cdot R$. On sait que $B = \frac{K}{m} \implies K = B \cdot m$. On égalise les deux expressions :

$$B \cdot m = 6\pi \cdot \eta \cdot R \implies \eta = \frac{B \cdot m}{6\pi \cdot R}$$

Application numérique :

$$\eta = \frac{7,5 \times 35 \cdot 10^{-3}}{6\pi \times 2 \cdot 10^{-2}}$$

$$\eta = 0,696\,\text{Pa.s}$$

Examen SIMILI du baccalauréat

Année 2025-2026

Mai 2026

Matière	Niveau	Durée	Coefficient
Physique-chimie	2ème Bac SM	4 h	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Chimie (7 points) :

Partie 1 : Etude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque (4,5 points)

Partie2 : Electrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent (2,5 points)

Physique (13 points) :

- **Exercice 1 : Ondes et transformations nucléaires (2,5 points)**

Partie 1 : ondes sonores(1,25 point)

Partie 2 : désintegration du noyau de radium 226 (1,25 point)

- **Exercice 2 : Electricité (5,75 points)**

Partie1 :Etude d'un circuit RL (1,5pts)

Partie 2 : Etude énergétique d'un circuit LC (3pts)

Partie3 :Etude du dipôle RLC série en régime sinusoïdal forcé. (1,25pts)

- **Exercice 3 : Mécanique (4,75 points)**

Partie 1 : Mouvement d'un skieur (2,75 points)

Partie 2 : Projection d'un gravier (2 points)

CHIMIE (7 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie 1 : Etude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque (4,5 points)

L'acide méthanoïque HCOOH est une substance naturelle secrétée par les fourmis et les abeilles . On peut aussi le synthétiser dans les laboratoires pour être utilisé dans les industries de textile, cuir, teintures, insecticides…

L'acide méthanoïque est à l'état liquide dans les conditions ordinaires .

L'étiquette d'un flacon d'une solution commerciale (S_0) d'acide méthanoïque porte les informations suivantes :

- *Masse molaire : M(HCOOH)=46g.mol^{-1}*
- *Densité : d=1,15*
- *Pourcentage massique : p=80%*

Données :

- *p=80%* signifie que 100g de solution commerciale contient 80 g d'acide pur ;
- Masse volumique de l'eau : 1kg.L^{-1}.

1- Solution aqueuse d'acide méthanoïque

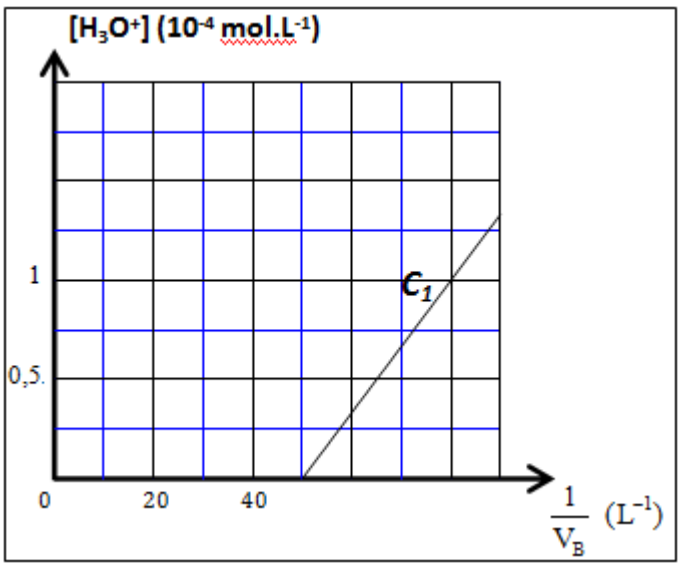
On prépare une solution aqueuse (S) d'acide méthanoïque de concentration molaire C et de volume V_S =1L en ajoutant le volume V_0=2mL de la solution commerciale (S_0) de concentration molaire C_0 à de l'eau distillée.

1.1- Ecrire l'équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau . **(0,25pt)**

1.2- Le taux d'avancement final étant très petit devant 1 , montrer que le pH de la solution (S) s'écrit : $pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log C)$. **(0,5pt)**

2- Dosage de l'acide méthanoïque

On dose le volume V_A= 50mL de la solution (S) par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{aq}+HO^-_{aq}$) de concentration molaire C_B=0,1 mol.L^{-1} , en suivant les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé de la solution (S_B) .



A partir des mesures obtenues , on a tracé la courbe (C_1) de la figure ci-contre .

2.1- Ecrire l'équation chimique modélisant la transformation de ce dosage . **(0,25pt)**

2.2--. Montrer qu'à l'ajout d'un volume $V_B < V_{BE}$, on a $[H_3O^+] = K_a(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1)$

avec V_{BE} le volume de la solution basique versé à l'équivalence . **(0,75pt)**

2.3- En exploitant la courbe (C_1) déterminer V_{BE} nécessaire pour atteindre l'équivalence et le pK_A(HCOOH/$HCOO^-$). **(0,5pt)**

2.4- Calculer la concentration C et le pH de la solution (S). **(1pt)**

2.5- Vérifier que la valeur de p est celle indiquée sur l'étiquette. **(0,5pt)**

2.6- On considère le mélange réactionnel à l'ajout du volume V_B= 12.5 mL .

Déterminer la valeur du rapport $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$. Que peut-on déduire? **(0,75pt)**

Partie2 : Electrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent (2,5 points)

On effectue l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent (Ag^+_{aq}+$NO_3^-{}_{aq}$) acidifiée par une solution aqueuse d'acide nitrique ($H_3O^+_{aq}$ + $NO_3^-{}_{aq}$) en utilisant deux électrodes en graphite . le volume du mélange dans l'électrolyseur est V= 400mL .

Données :

- Les deux couples **Oxydant/Réducteur** intervenant dans cette réaction sont : $O_{2\,(g)}$ /$H_2O_{\,(l)}$; Ag^+_{aq}/$Ag_{\,(S)}$.
- Le faraday : 1F = 9,65.10^4 C.mol^{-1}
- Masse molaire de l'argent : M(Ag) = 108 g/mol
- Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : V_m= 22.4 l/mol

On mesure le pH du mélange avant la fermeture du circuit et on trouve pH_0=3 , puis on ferme le circuit à un instant choisi comme origine des dates (t=0). Un courant électrique d'intensité constante I=250 mA circule dans le circuit. Un dépôt métallique brillant se dépose sur l'une des deux électrodes alors que du dioxygène gazeux se dégage au niveau de l'autre.

1. Ecrire la demi-équation de la réaction qui se produit à l'anode.**(0,5pt)**
2. A l'aide du tableau d'avancement de la réaction, montrer qu'a l'instant t on a ; $[H_3O^+] = 10^{-3} + 10\,.x$ avec x l'avancement de la réaction . **(0,5pt)**
3. Au bout d'une durée de fonctionnement Δt= 1h15min , calculer :
   a- La masse du métal déposée . **(0,5pt)**
   b- Le volume du gaz dégagé. **(0,5pt)**
   c- Le PH de la solution. **(0,5pt)**

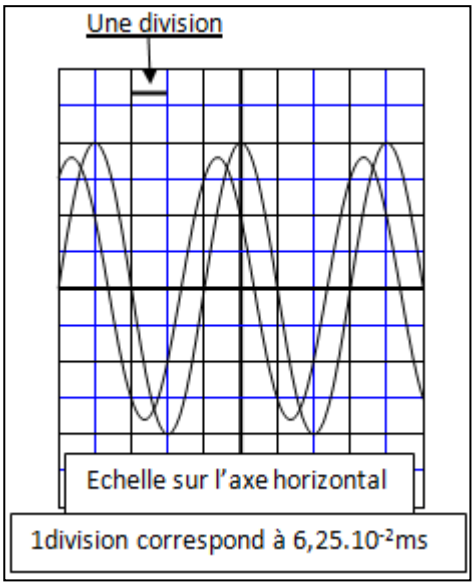
Physique (13 points)

Exercice 1 **Ondes et transformations nucléaires (2,5 point)**

Partie 1 : ondes sonores(1,25 point)

Une source S émet une onde sonore de fréquence N.

On place un microphone M à la distance d = SM de la source . On branche la source et le microphone aux deux entrées d'un oscilloscope , On obtient alors l'oscillogramme de la figure ci-contre .



1- Choisir la bonne réponse. **(0,25pt)**
Une onde sonore est une onde :
a) électromagnétique *b) lumineuse*
c) mécanique

2- Déterminer la fréquence N **(0,25pt)**

3- On approche le microphone M de la source S , selon un axe horizontal , jusqu'à ce que les deux courbes deviennent en opposition de phase pour la première fois , à ce moment la distance d prend la valeur d_1=70 cm.
On remet le microphone à sa position initiale puis on l'éloigne horizontalement, selon le même axe, de la source S jusqu'à ce que les deux courbes deviennent en phase pour la deuxième fois. On note la nouvelle distance entre la source et le microphone d_2=82,8 cm
3.1- exprimer λ en fonction de d_1 et d_2 .**(0,5pt)**
3.2- Déterminer la vitesse v de l'onde étudiée .**(0,25pt)**

Partie 2 : Désintégration du noyau de radium 226 (1,25 point)

Le radium $^{226}_{88}Ra$ se désintègre spontanément en émettant une particule d'hélium $^{4}_{2}He$ et un noyau de radon $^{222}_{86}Rn$.

Données :

- La demi-vie de $^{226}_{88}Ra$ est $t_{1/2}$=1600ans
- Masses des particules :
m($^{226}_{88}Ra$)=225,977u ; m($^{222}_{86}Rn$)=221,970 u ; m($^{4}_{2}He$)=4,00150 u
- 1u=1,6602.10^{-27} kg = 931,5 MeV.c^{-2}
- 1eV=1,602.10^{-19}J
- 1an = 8760 heures

On dispose d'un échantillon de noyaux de radium 226 de masse m_0=1g à l'instant initial t_0 =0 , contenant N_0 de noyaux $^{226}_{88}Ra$.

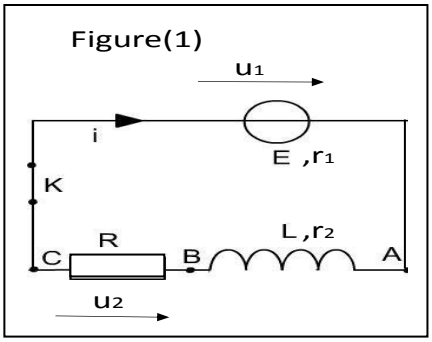
1- Déterminer l'activité a_0 de cet échantillon à l'instant t_0 =0. **(0,25pt)**

2- Déterminer en Joule , l'énergie E_1 libérée par la désintégration d'un noyau de $^{226}_{88}Ra$. **(0,5pt)**

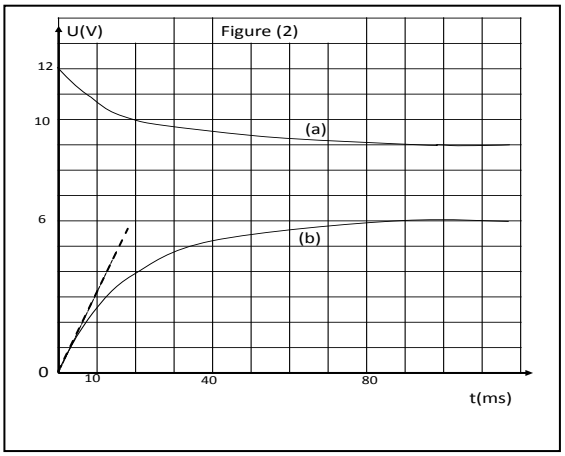
3- Exprimer en fonction de N_0, E_1, $t_{1/2}$ et t l'énergie E(t) libérée à l'instant t par l'échantillon .
Calculer cette énergie en Joule à l'instant $t = 2.t_{1/2}$.**(0,5pt)**

Exercice 2 Electricité (5,75 points)

Partie (1) : **Etude d'un circuit RL (1,5pts)**



On réalise un circuit constitué d'un générateur de force électromotrice E et de résistance interne r_1, d'une bobine d'inductance L et de résistance r_2 ,et d'un conducteur ohmique de résistance R =20Ω.
A l'instant t=0 on ferme le circuit ,un courant électrique passe dans le circuit ,On installe un carte d'acquisition de données pour suivre les variations des tensions électriques u_1 et u_2 en fonction du temps, on obtient les courbes (a) et (b) représentées sur la figure (2).



1) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_2 . **(0,5pt)**

2) On vous aidant de la figure (2), déterminer :

2.1-la valeur de E .**(0.25pt)**

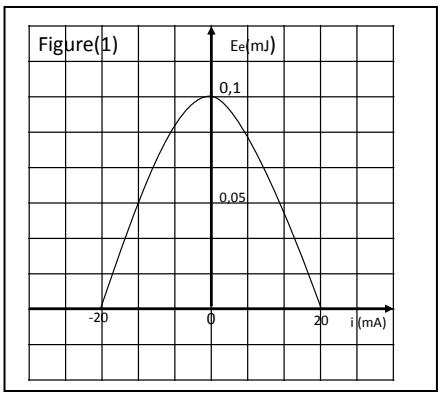
2.2-les valeurs de r_1 et de r_2 . **(0,5pt)**

2.3-la valeur de l'inductance L de la bobine . **(0,25pt)**

Partie 2 : Etude énergétique d'un circuit LC (3pts)

On réalise un circuit série à l'aide d'un condensateur de capacité C initialement chargé et d'une bobine d'inductance L et de résistance pratiquement nulle. A un instant de date t, la tension aux bornes du condensateur a pour expression : $\boldsymbol{u_c = U_{cm}\cos(\omega_0 t)}$

1) Montrer que l'intensité i du courant dans le circuit oscillant LC peut s'écrire sous la forme : $\boldsymbol{i = -\sqrt{\frac{C}{L}}\,U_{cm}\sin(\omega_0 t)}$. **(0,25pt)**



2) Sachant que l'énergie électrique totale emmagasinée dans le circuit se conserve, établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité instantanée i(t) . **(0,5pt)**

3) Montrer que l'énergie électrique E_e emmagasinée par le condensateur est : $\boldsymbol{E_e = \frac{1}{2}\,(C.U_{cm}^2 - L.i^2)}$ **(0,5pt)**

4) La figure 1 donne les variations de l'énergie électrique E_e

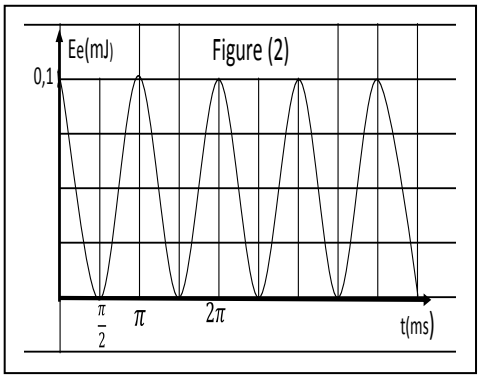
emmagasinée dans le condensateur en fonction de l'intensité i, et la figure 2 donne les variations de l'énergie électrique Ee emmagasinée dans le condensateur et en fonction du temps .

Déduire des deux graphes :

a) La valeur de la période propre T_0 de l'oscillateur. **(0,5pt)**

b) Déterminer la valeur de L puis celle de C et U_{Cm} . **(0,75pt)**

c) Déterminer les instants auxquelles le condensateur et la bobine emmagasinent des énergies égales . **(0,5pt)**

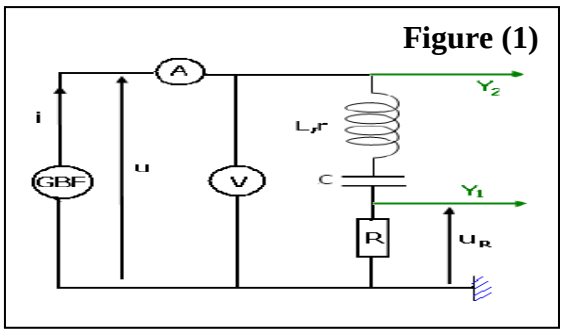


Partie 3 : **Etude du dipôle RLC série en régime sinusoïdal forcé. (1,25pts)**

On associe , en série, un générateur de basse fréquence (GBF),un conducteur ohmique de résistance R, une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, et un condensateur de capacité C réglable.

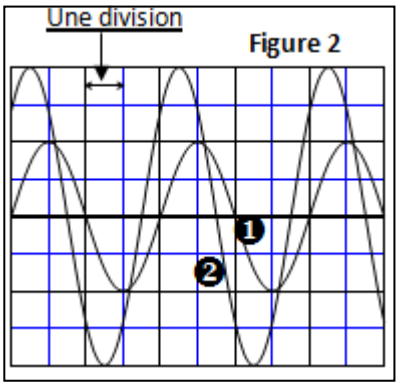
Le générateur maintient entre ses bornes une tension sinusoïdale de fréquence reglable :

$u(t)=U_m cos(2.\pi.N.t)$.



On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les tensions $u_R(t)$ aux bornes de la résistance R , et u(t) aux bornes du générateur, appliquées respectivement aux deux entrées de l'oscilloscope Y_1 et Y_2 . La sensibilité verticale étant la même pour les deux entrée Y_1 et Y_2 : 1V /div. La sensibilité horizontale est de 2ms/div .

On fixe la fréquence N à la valeur N_1 et la capacité C du condensateur à la valeur C_1 . La résistance du conducteur ohmique est R = 100Ω . On obtient alors l'oscillogramme de la figure 2



1- Attribuer chacune des courbes de la figure (2) à la tension correspondante . Justifier. **(0,25 pt).**

2- Déterminer, en utilisant l'oscillogramme, le déphasage φ de l'intensité i(t) par rapport la tension u(t) . Déterminer l'expression numérique de l'intensité i(t). **(0,5pt)**

3. Dans le circuit précédent on règle la fréquence N de façon à réaliser la résonance d'intensité.

Calculer la puissance électrique moyenne consommée par effet Joule dans le circuit lorsque la fréquence prend l'une des valeurs des deux fréquences qui délimitent la bande passante. **(0,5 pt)**

Exercice 3 Mécanique (4,75 points)

Partie 1 : Mouvement d'un skieur (2,75 points)

On se propose dans cet exercice d'étudier le mouvement du centre d'inertie d'un skieur ,sur une piste AB recouverte de neige .

Cette piste rectiligne est inclinée par rapport à l'horizontale d'un angle α.

La force dûe au contact avec la piste est représentée par deux composantes :

- Une composante tangentielle $\vec{T}$ modélisant les frottements solides ;
- Une composante $\vec{N}$ normale à la piste dont l'intensité est liée à l'intensité T par la relation $T=\mu.N$ où μ est le coefficient de frottement solide .

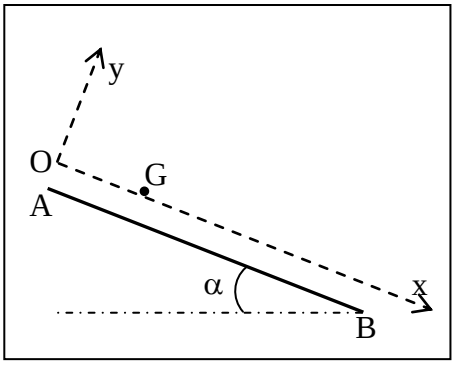
L'action de l'air est modélisée par une force $\vec{f} = -k.\vec{v}$, $\vec{v}$ étant la vitesse du centre d'inertie du skieur et k un coefficient constant positif .

On néglige la poussée d'Archimède .

Données :

- Masse du skieur et ses accessoires : m=75 kg ;
- Accélération de pesanteur : $g=9,8\ m.s^{-2}$;
- Valeurs des constantes dans les unités du système international : $\mu=0,7$ (SI) et k=5 (SI) ;
- Longueur de la piste inclinée : L=1400m
- Angle d'inclinaison : $\alpha=42°$.

La trajectoire du centre d'inertie G du skieur est confondue avec l'axe (Ox) du système d'axes (xOy) se trouvant dans le plan vertical .(Voir figure)



Le skieur aborde la piste sans vitesse initiale à l'instant t=0. A cet instant G coïncide avec l'origine O du repère.

1- Préciser l'unité de la constante k . **(0,25pt)**

2- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v s'écrit :
$\frac{dv}{dt}+\frac{1}{\tau}v=g(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)$ avec $\tau=\frac{m}{k}$. **(0,75 pt)**

3- Exprimer v_L vitesse limite du centre d'inertie du skieur en fonction de g, τ, μ et α. Calculer la valeur de v_L. **(0,5pt)**

4- La solution de l'équation différentielle précédente est : $v(t)=v_L(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$.

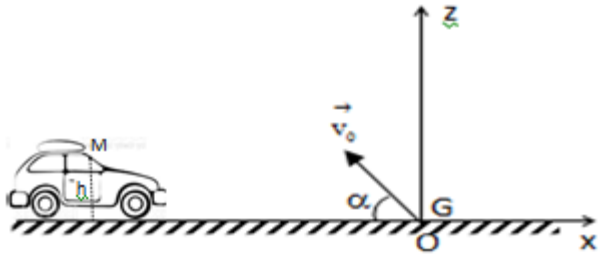
On considère que la durée du régime transitoire de ce mouvement est 5τ.

4.1- Déterminer l'équation horaire x(t) . **(0,5pt)**

4.2- Déterminer la distance d que parcourt le skieur pendant le régime transitoire . Atteint –il la vitesse limite sur la piste AB ? **(0,75pt)**

Partie 2 : Projection d'un gravier (2 points)

Un gravier de masse m , assimilé à un point matériel G est projeté par le pneu d'un camion , vers l'arrière dans le plan vertical repéré par (Ox,Oz).



Le gravier , en O à t=0 a une vitesse initiale $\vec{v}_0$ de valeur égale à 12m.s^{-1} et faisant un . angle α=37° par rapport à la direction horizontale confondue avec Ox . (voir figure)

- On néglige l'action de l'air
- L'accélération de pesanteur est constante g=9,8m.s^{-2} .

1- En appliquant la deuxième loi de Newton , établir les équations horaires $x_G(t)$ et $z_G(t)$ du mouvement du gravier . **(0,5 pt)**

2- Le gravier vient frapper une voiture en un point M de son pare-brise. A l'instant t=0 , le point M est à la distance d=44m derrière le camion . La voiture suit le camion à la vitesse constante V=90km.h^{-1} .
Ecrire l'équation horaire $x_M(t)$ du mouvement du point M dans le repère (Ox,Oz) . **(0,5 pt)**

3- Exprimer l'instant t_1 auquel se produit l'impact du gravier sur la pare-brise en fonction de V,v_0, α et d. Calculer la valeur de t_1. **(0,5 pt)**

4- Déterminer la hauteur h du point d'impact M par rapport à l'axe Ox. **(0,5 pt)**

CORRECTION CHIMIE

Partie 1 : Etude d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque

1.1. Équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau :

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

1.2. Expression du pH : L'expression de la constante d'acidité est :

$$K_A = \frac{[HCOO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[HCOOH]_{eq}}$$

D'après l'équation de la réaction, on a : $[HCOO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq}$. La conservation de la matière donne : $C = [HCOOH]_{eq} + [HCOO^-]_{eq}$. Puisque le taux d'avancement final est très petit devant 1 ($\tau \ll 1$), l'acide est très peu dissocié, donc $[HCOO^-]_{eq} \ll C$, ce qui permet d'écrire : $[HCOOH]_{eq} \approx C$. En remplaçant dans l'expression de K_A :

$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{C} \implies [H_3O^+]^2 = K_A \cdot C$$

En appliquant le log décimal :

$$-\log([H_3O^+]^2) = -\log(K_A \cdot C) \implies -2\log([H_3O^+]) = -\log(K_A) - \log(C)$$

$$2pH = pK_A - \log(C)$$

$$\boxed{pH = \tfrac{1}{2}(pK_A - \log C)}$$

2.1. Équation du dosage :

$$HCOOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow HCOO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2.2. Relation de $[H_3O^+]$ avant l'équivalence : Pour $V_B < V_{BE}$, le réactif limitant est HO^-. D'après le tableau d'avancement : Quantité d'acide restante : $n(HCOOH) = C \cdot V_A - C_B \cdot V_B$. À l'équivalence, on a $C \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$, donc : $n(HCOOH) = C_B \cdot V_{BE} - C_B \cdot V_B = C_B(V_{BE} - V_B)$. Quantité de

base conjuguée formée : $n(HCOO^-) = C_B \cdot V_B$. Les concentrations dans le mélange sont :

$$[HCOOH] = \frac{C_B(V_{BE} - V_B)}{V_A + V_B} \quad \text{et} \quad [HCOO^-] = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}$$

À partir de l'expression de K_A :

$$[H_3O^+] = K_A \frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = K_A \frac{C_B(V_{BE} - V_B)}{C_B \cdot V_B}$$

$$[H_3O^+] = K_A \frac{V_{BE} - V_B}{V_B} = K_A \left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$$

2.3. Détermination de V_{BE} et pK_A : La courbe (C_1) représente une fonction affine d'équation $[H_3O^+] = a \cdot \frac{1}{V_B} + b$. En développant l'expression de 2.2 : $[H_3O^+] = K_A \cdot V_{BE} \cdot \frac{1}{V_B} - K_A$. Par identification : La pente est $a = K_A \cdot V_{BE}$ et l'ordonnée à l'origine est $b = -K_A$. Pour $[H_3O^+] = 0$, la droite coupe l'axe des abscisses à $\frac{1}{V_B} = \frac{1}{V_{BE}}$. Graphiquement, l'intersection est à $50\ \text{L}^{-1}$:

$$\frac{1}{V_{BE}} = 50 \implies V_{BE} = 0.02\ \text{L} = 20\ \text{mL}$$

Calcul de la pente a à l'aide du point $C_1(80\ \text{L}^{-1}; 10^{-4}\ \text{mol.L}^{-1})$ et du point d'intersection avec l'axe des abscisses $(50\ \text{L}^{-1}; 0)$:

$$a = \frac{10^{-4} - 0}{80 - 50} = \frac{10^{-4}}{30}$$

Puisque $a = K_A \cdot V_{BE}$, on en déduit K_A :

$$K_A = \frac{a}{V_{BE}} = \frac{10^{-4}/30}{0.02} = \frac{10^{-4}}{0.6} \approx 1.67 \times 10^{-4}$$

$$pK_A = -\log(1.67 \times 10^{-4}) \implies pK_A \approx 3.78$$

2.4. Calcul de la concentration C et du pH : À l'équivalence : $C \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$.

$$C = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{0.1 \times 20}{50} \implies C = 0.04\ \text{mol.L}^{-1}$$

Calcul du pH en utilisant la relation établie en 1.2 :

$$pH = \frac{1}{2}(3.78 - \log(0.04)) = \frac{1}{2}(3.78 - (-1.40)) \implies pH = 2.59$$

2.5. Vérification du pourcentage massique p : La concentration de la solution mère (S_0) est C_0. Par la relation de dilution :

$$C_0 \cdot V_0 = C \cdot V_S \implies C_0 = \frac{0.04 \times 1}{2 \times 10^{-3}} = 20 \text{ mol.L}^{-1}$$

L'expression de la concentration en fonction de la densité et du pourcentage massique est $C_0 = \frac{p \cdot d \cdot \rho_{eau}}{M}$:

$$p = \frac{C_0 \cdot M}{d \cdot \rho_{eau}} = \frac{20 \times 46}{1.15 \times 1000} = \frac{920}{1150} = 0.8$$

$$p = 80\%$$

La valeur est bien vérifiée et correspond à l'étiquette.

2.6. Rapport des concentrations à $V_B = 12.5$ mL : D'après les relations trouvées en 2.2 :

$$\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = \frac{V_{BE} - V_B}{V_B} = \frac{20 - 12.5}{12.5} = \frac{7.5}{12.5}$$

$$\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = 0.6$$

Déduction : Comme le rapport est inférieur à 1, $[HCOOH] < [HCOO^-]$, la forme basique (l'ion méthanoate) prédomine dans la solution.

Partie 2 : Electrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent

1. Demi-équation à l'anode : À l'anode se produit l'oxydation. L'eau s'oxyde pour former du dioxygène O_2. En milieu acide :

$$6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4e^-$$

2. Expression de $[H_3O^+]$ à l'instant t : La quantité de matière initiale en ions oxonium est $n_0(H_3O^+) = 10^{-pH_0} \cdot V$. D'après la demi-équation anodique, la quantité de matière à l'instant t est :

$$n(H_3O^+) = n_0(H_3O^+) + 4x = 10^{-pH_0} \cdot V + 4x$$

La concentration est donc :

$$[H_3O^+] = \frac{n(H_3O^+)}{V} = 10^{-pH_0} + \frac{4x}{V}$$

Avec $pH_0 = 3$ et $V = 0.4$ L :

$$[H_3O^+] = 10^{-3} + \frac{4}{0.4}x \implies [H_3O^+] = 10^{-3} + 10x$$

3. a- Masse du métal déposée : La durée de fonctionnement est $\Delta t = 1\text{h}15\text{min} = 75 \times 60 = 4500$ s. La quantité d'électricité est : $Q = I \cdot \Delta t = 0.25 \times 4500 = 1125$ C. La quantité de matière d'électrons échangés est :

$$n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{1125}{96500} \approx 1.166 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

La demi-équation à la cathode (réduction) est $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$. Donc $n(Ag) = n(e^-)$. La masse d'argent déposée est :

$$m = n(Ag) \cdot M(Ag) = 1.166 \times 10^{-2} \times 108 \implies \boxed{m = 1.26 \text{ g}}$$

3. b- Volume du gaz dégagé : D'après la demi-équation à l'anode, la quantité de dioxygène est :

$$n(O_2) = \frac{n(e^-)}{4} = \frac{1.166 \times 10^{-2}}{4} \approx 2.915 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Le volume de dioxygène dégagé est :

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_m = 2.915 \times 10^{-3} \times 22.4 \implies \boxed{V(O_2) = 0.0653 \text{ L} = 65.3 \text{ mL}}$$

3. c- pH de la solution : L'avancement x correspond à la quantité de dioxygène formée : $x = n(O_2) = 2.915 \times 10^{-3}$ mol. En utilisant l'expression démontrée à la question 2 :

$$[H_3O^+] = 10^{-3} + 10 \times (2.915 \times 10^{-3}) = 10^{-3} + 29.15 \times 10^{-3} = 30.15 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Le pH de la solution est donc :

$$pH = -\log(30.15 \times 10^{-3}) \implies \boxed{pH = 1.52}$$

CORRECTION PHYSIQUE - EXERCICE 1

Partie 1 : Ondes sonores

1. Nature de l'onde sonore : Une onde sonore nécessite un milieu matériel pour se propager, ce n'est donc ni une onde électromagnétique ni lumineuse. La bonne réponse est : c) mécanique.

2. Détermination de la fréquence N : D'après l'oscillogramme, la période T (durée d'un cycle complet) correspond à 4 divisions horizontales. Sachant que l'échelle est de $S_h = 6,25 \times 10^{-2}$ ms/div :

$$T = 4 \times 6,25 \times 10^{-2} \text{ ms} = 25 \times 10^{-2} \text{ ms} = 0,25 \text{ ms}$$

On convertit en secondes : $T = 0,25 \times 10^{-3}$ s $= 2,5 \times 10^{-4}$ s. La fréquence N est l'inverse de la période :

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,5 \times 10^{-4}} \implies \boxed{N = 4000 \text{ Hz}}$$

3.1. Expression de λ en fonction de d_1 et d_2 : Soit d la position initiale du microphone. En approchant le microphone vers la source (vers la gauche), on rencontre la première position en opposition de phase à la distance d_1. En l'éloignant à partir de la position initiale d (vers la droite), on rencontre une première position en phase à une distance d_{phase1}, puis une deuxième position en phase à la distance d_2. La distance entre un point en opposition de phase et le point en phase consécutif le plus proche est toujours de $\frac{\lambda}{2}$. Ainsi, entre d_1 (opposition) et d_{phase1} (en phase), la distance est de $\frac{\lambda}{2}$. Entre deux points successifs en phase (d_{phase1} et d_2), la distance est de λ. La distance totale séparant d_1 et d_2 est donc :

$$d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2} + \lambda = 1,5\lambda$$

D'où l'expression de la longueur d'onde :

$$\boxed{\lambda = \frac{d_2 - d_1}{1,5}}$$

3.2. Vitesse v de l'onde étudiée : On calcule d'abord λ :

$$\lambda = \frac{82,8 - 70}{1,5} = \frac{12,8}{1,5} \approx 8,53 \text{ cm} = 0,0853 \text{ m}$$

La vitesse de propagation v est donnée par la relation $v = \lambda \cdot N$:

$$v = 0,0853 \times 4000 \implies \boxed{v = 341,2 \text{ m/s}}$$

Partie 2 : Désintégration du noyau de radium 226

1. Activité initiale a_0 : L'activité est donnée par $a_0 = \lambda \cdot N_0$. Déterminons le

nombre de noyaux initiaux N_0 :

$$N_0 = \frac{m_0}{m(^{226}_{88}\text{Ra})}$$

La masse d'un noyau est $m(Ra) = 225,977$ u. On convertit en kg avec $1\text{u} = 1,6602 \times 10^{-27}$ kg :

$$m(Ra) \approx 225,977 \times 1,6602 \times 10^{-27} \approx 3,75167 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

$$N_0 = \frac{1 \times 10^{-3}}{3,75167 \times 10^{-25}} \approx 2,665 \times 10^{21} \text{ noyaux}$$

Calculons la constante radioactive λ en s^{-1} :

$$1 \text{ an} = 8760 \times 3600 = 31\,536\,000 \text{ s}$$

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{1600 \times 31\,536\,000} \approx 1,373 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

L'activité à $t = 0$ est donc :

$$a_0 = 1,373 \times 10^{-11} \times 2,665 \times 10^{21} \implies \boxed{a_0 \approx 3,66 \times 10^{10} \text{ Bq}}$$

2. Énergie E_1 libérée par la désintégration d'un noyau : La variation de masse lors de la désintégration Ra $\rightarrow$ Rn + He est :

$$\Delta m = m(\text{Rn}) + m(\text{He}) - m(\text{Ra})$$

$$\Delta m = 221,970 + 4,00150 - 225,977 = -0,0055 \text{ u}$$

L'énergie libérée en MeV est :

$$E_{lib} = |\Delta m| \times 931,5 = 0,0055 \times 931,5 = 5,12325 \text{ MeV}$$

Conversion en Joules ($1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ J) :

$$E_1 = 5,12325 \times 10^6 \times 1,602 \times 10^{-19} \implies \boxed{E_1 \approx 8,21 \times 10^{-13} \text{ J}}$$

3. Expression et calcul de l'énergie $E(t)$: L'énergie totale libérée à l'instant t correspond au nombre de noyaux désintégrés $N_d(t)$ multiplié par l'énergie libérée par un noyau E_1.

$$N_d(t) = N_0 - N(t) = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 \left(1 - e^{-t\frac{\ln 2}{t_{1/2}}}\right) = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}\right)$$

D'où l'expression :

$$E(t) = N_0 \cdot E_1 \left(1 - 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}\right)$$

À l'instant $t = 2 \cdot t_{1/2}$:

$$E(2t_{1/2}) = N_0 \cdot E_1 \left(1 - 2^{-2}\right) = N_0 \cdot E_1 \left(1 - 0,25\right) = 0,75 \cdot N_0 \cdot E_1$$

Application numérique :

$$E(2t_{1/2}) = 0,75 \times 2,665 \times 10^{21} \times 8,21 \times 10^{-13}$$

$$E(2t_{1/2}) \approx 1,64 \times 10^{9} \text{ J}$$

CORRECTION PHYSIQUE - EXERCICE 2

Partie 1 : Etude d'un circuit RL

1. Équation différentielle vérifiée par u_2 : D'après la loi d'additivité des tensions, la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes des autres dipôles :

$$u_1 = u_L + u_2$$

Avec : $u_1 = E - r_1 \cdot i$ (tension aux bornes du générateur) $u_L = L\frac{di}{dt} + r_2 \cdot i$ (tension aux bornes de la bobine) $u_2 = R \cdot i \implies i = \frac{u_2}{R} \implies \frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_2}{dt}$
En remplaçant dans l'équation d'additivité :

$$E - r_1\frac{u_2}{R} = L\left(\frac{1}{R}\frac{du_2}{dt}\right) + r_2\frac{u_2}{R} + u_2$$

On multiplie par R :

$$R \cdot E - r_1 \cdot u_2 = L\frac{du_2}{dt} + r_2 \cdot u_2 + R \cdot u_2$$

$$L\frac{du_2}{dt} + (R + r_1 + r_2)u_2 = R \cdot E$$

En posant $R_T = R + r_1 + r_2$ et en divisant par R_T :

$$\frac{L}{R_T}\frac{du_2}{dt} + u_2 = \frac{R \cdot E}{R_T}$$

2.1. Valeur de E : À $t = 0$, l'intensité du courant est nulle ($i(0) = 0$) à cause de l'inductance de la bobine. Donc $u_1(0) = E - r_1(0) = E$. D'après la figure 2, la courbe (a) correspond à u_1 car elle commence à une valeur maximale, tandis que la courbe (b) correspond à u_2 car $u_2(0) = R \cdot i(0) = 0$. Graphiquement, à $t = 0$, $u_1(0) = 12$ V.

$$\boxed{E = 12 \text{ V}}$$

2.2. Valeurs de r_1 et r_2 : En régime permanent ($t \to \infty$), l'intensité devient constante $i = I_p$. Graphiquement (figure 2) : $u_2(\infty) = 6$ V $\implies R \cdot I_p = 6 \implies I_p = \frac{6}{20} = 0,3$ A. $u_1(\infty) = 9$ V $\implies E - r_1 \cdot I_p = 9 \implies 12 - 0,3r_1 = 9$.

$$0,3r_1 = 3 \implies \boxed{r_1 = 10\ \Omega}$$

De plus, en régime permanent, l'équation différentielle donne : $(R+r_1+r_2)I_p = E \implies (20 + 10 + r_2) \times 0,3 = 12$

$$30 + r_2 = \frac{12}{0,3} = 40 \implies \boxed{r_2 = 10\ \Omega}$$

2.3. Valeur de l'inductance L : La constante de temps τ est l'abscisse du point d'intersection entre la tangente à l'origine de la courbe (b) et son asymptote horizontale ($u_2 = 6$ V). Graphiquement, sur la figure 2 (où 4 divisions = 40 ms, donc 1 div = 10 ms), on lit $\tau = 10$ ms.

$$\tau = \frac{L}{R_T} \implies L = \tau \times (R + r_1 + r_2)$$

$$L = 10 \times 10^{-3} \times (20 + 10 + 10) = 10^{-2} \times 40$$

$$\boxed{L = 0,4 \text{ H}}$$

Partie 2 : Etude énergétique d'un circuit LC

1. Expression de l'intensité $i(t)$: On a $u_c(t) = U_{cm}\cos(\omega_0 t)$. L'intensité est $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_c}{dt}$.

$$i = C\frac{d}{dt}\left(U_{cm}\cos(\omega_0 t)\right) = -C \cdot U_{cm} \cdot \omega_0 \sin(\omega_0 t)$$

Sachant que $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$:

$$i = -C \cdot U_{cm} \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}}\sin(\omega_0 t) = \boxed{-\sqrt{\frac{C}{L}}U_{cm}\sin(\omega_0 t)}$$

2. Équation différentielle vérifiée par $i(t)$: L'énergie totale est conservée : $E_{tot} = \frac{1}{2}Cu_c^2 + \frac{1}{2}Li^2 = \text{cte}$. En dérivant par rapport au temps :

$$\frac{dE_{tot}}{dt} = Cu_c\frac{du_c}{dt} + Li\frac{di}{dt} = 0$$

Puisque $\frac{du_c}{dt} = \frac{i}{C}$, on remplace :

$$Cu_c\left(\frac{i}{C}\right) + Li\frac{di}{dt} = 0 \implies i\left(u_c + L\frac{di}{dt}\right) = 0$$

Comme i n'est pas toujours nul : $u_c + L\frac{di}{dt} = 0$. En dérivant cette relation par rapport au temps :

$$\frac{du_c}{dt} + L\frac{d^2i}{dt^2} = 0 \implies \frac{i}{C} + L\frac{d^2i}{dt^2} = 0$$

$$\boxed{\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{LC}i = 0}$$

3. Expression de l'énergie E_e : On sait que l'énergie électrique emmagasinée par le condensateur est $E_e = E_{tot} - E_m$. L'énergie totale est égale à l'énergie électrique maximale (quand $i = 0$) : $E_{tot} = E_{e,max} = \frac{1}{2}CU_{cm}^2$. L'énergie magnétique est $E_m = \frac{1}{2}Li^2$.

$$E_e = \frac{1}{2}CU_{cm}^2 - \frac{1}{2}Li^2 = \boxed{\frac{1}{2}(CU_{cm}^2 - Li^2)}$$

4. Exploitation des graphes : **a)** La figure 2 donne les variations de E_e au cours du temps. L'énergie oscille avec une période T_e qui est la moitié de la période propre : $T_e = \frac{T_0}{2}$. Graphiquement, un cycle complet d'énergie s'achève à $t = \pi$ ms.

$$T_e = \pi \text{ ms} \implies \boxed{T_0 = 2\pi \text{ ms}}$$

b) D'après la figure 1 : L'énergie maximale est $E_{max} = 0,1 \text{ mJ} = 10^{-4} \text{ J}$. L'intensité maximale est $I_m = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$ (lorsque $E_e = 0$). L'énergie totale est aussi $E_{max} = \frac{1}{2}LI_m^2$:

$$L = \frac{2E_{max}}{I_m^2} = \frac{2 \times 10^{-4}}{(0,02)^2} = \frac{2 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-4}} \implies \boxed{L = 0,5 \text{ H}}$$

À partir de la période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$:

$$C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 L} = \frac{(2\pi \times 10^{-3})^2}{4\pi^2 \times 0,5} = \frac{4\pi^2 \times 10^{-6}}{2\pi^2} \implies \boxed{C = 2 \times 10^{-6} \text{ F} = 2 \ \mu\text{F}}$$

On déduit U_{cm} depuis l'énergie maximale :

$$E_{max} = \frac{1}{2}CU_{cm}^2 \implies U_{cm} = \sqrt{\frac{2E_{max}}{C}} = \sqrt{\frac{2\times10^{-4}}{2\times10^{-6}}} = \sqrt{100} \implies U_{cm} = 10 \text{ V}$$

c) Instants où $E_e = E_m$: Cela implique $E_e = \frac{E_{tot}}{2} = 0,05$ mJ. L'énergie électrique s'écrit $E_e(t) = E_{max}\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$.

$$0,1\times\cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) = 0,05 \implies \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) = \frac{1}{2} \implies \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) = \pm\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{2\pi}{T_0}t = \frac{\pi}{4} + k\frac{\pi}{2} \implies t = \frac{T_0}{8} + k\frac{T_0}{4}$$

Avec $T_0 = 2\pi$ ms, on trouve :

$$t = \tfrac{\pi}{4} + k\tfrac{\pi}{2} \quad (\text{en ms}, k\in\mathbb{N})$$

Partie 3 : Etude du dipôle RLC série en régime sinusoïdal forcé

1. Attribution des courbes : L'impédance du circuit RLC est $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2} \geq R$. L'amplitude de la tension du générateur est $U_m = Z\cdot I_m$ et celle de la résistance est $U_{R,m} = R\cdot I_m$. Puisque $Z \geq R$, alors $U_m \geq U_{R,m}$. Sur la figure 2, la courbe (1) a une plus grande amplitude (3 div) que la courbe (2) (2 div). Donc la courbe (1) correspond à $u(t)$ et la courbe (2) à $u_R(t)$.

2. Déphasage φ et intensité $i(t)$: Graphiquement, la période T occupe 4 divisions horizontales : $T = 4\times 2$ ms $= 8$ ms. La fréquence est $N = \frac{1}{T} = 125$ Hz et $\omega = 250\pi$ rad/s. Le décalage temporel entre les sommets des courbes est $\Delta t = 0,5$ div $\times$ 2 ms/div $= 1$ ms. La courbe $u_R(t)$ (et donc $i(t)$) atteint son maximum avec un retard de Δt par rapport à $u(t)$. Le déphasage de i par rapport à u est donc :

$$\varphi_i - \varphi_u = -\frac{2\pi}{T}\Delta t = -\frac{2\pi}{8}\times 1 = -\tfrac{\pi}{4} \text{ rad}$$

L'amplitude de l'intensité est $I_m = \frac{U_{R,m}}{R}$. D'après l'oscillogramme (Sensibilité $S_v = 1$ V/div) : $U_{R,m} = 2$ div $\times\ 1 = 2$ V.

$$I_m = \frac{2}{100} = 0,02 \text{ A}$$

L'expression de l'intensité est :

$$i(t) = 0,02\cos\left(250\pi t - \tfrac{\pi}{4}\right) \quad \text{(en A)}$$

3. Puissance électrique moyenne consommée : À la résonance d'intensité, l'impédance est $Z = R$. L'intensité efficace est $I_{0,eff} = \frac{U_m}{R\sqrt{2}}$. D'après la courbe (1), $U_m = 3$ V. La puissance consommée à la résonance est $P_0 = RI_{0,eff}^2$:

$$P_0 = R\left(\frac{U_m}{R\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{U_m^2}{2R} = \frac{3^2}{2\times 100} = 0,045 \text{ W}$$

Aux fréquences délimitant la bande passante (fréquences de coupure à -3dB), la puissance moyenne est la moitié de la puissance à la résonance :

$$P = \frac{P_0}{2} = \frac{0,045}{2} = 0,0225 \text{ W} = 22,5 \text{ mW}$$

CORRECTION PHYSIQUE - EXERCICE 3 (Mécanique)

Partie 1 : Mouvement d'un skieur

1. Unité de la constante k : L'expression de la force due à l'action de l'air est $\vec{f} = -k\vec{v}$, donc sa norme est $f = k \cdot v$. On en déduit que $k = \frac{f}{v}$. L'unité de la force f est le Newton (N) qui équivaut à kg · m · s^{-2}, et l'unité de la vitesse v est le m · s^{-1}. L'unité de k est donc : $\frac{\text{kg·m·s}^{-2}}{\text{m·s}^{-1}} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$.

L'unité de la constante k est le kg · s^{-1}

2. Équation différentielle vérifiée par v : Système étudié : {le skieur et ses accessoires} de masse m. Bilan des forces extérieures :

- $\vec{P}$: force de la pesanteur (poids).
- $\vec{R}$: action de la piste, qui se décompose en une composante normale $\vec{N}$ et une composante tangentielle $\vec{T}$ modélisant les frottements solides.
- $\vec{f}$: action de l'air modélisée par $\vec{f} = -k\vec{v}$.

En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel terrestre supposé galiléen :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_G$$

On projette cette relation dans le repère (O, x, y) : Sur l'axe (Oy) perpendiculaire au mouvement : $-P\cos\alpha + N = 0 \implies N = mg\cos\alpha$. L'intensité de la composante tangentielle est $T = \mu \cdot N = \mu mg\cos\alpha$. Sur l'axe (Ox) du mouvement : $P\sin\alpha - T - f = m \cdot a_x$.

$$mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha - k \cdot v = m\frac{dv}{dt}$$

En factorisant par mg :

$$m\frac{dv}{dt} + k \cdot v = mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

En divisant toute l'équation par m :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

Avec la notation $\tau = \frac{m}{k}$:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau}v = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

3. Vitesse limite V_L : Lorsque la vitesse limite V_L est atteinte, la vitesse devient constante, ce qui implique que l'accélération s'annule : $\frac{dv}{dt} = 0$. L'équation différentielle s'écrit alors :

$$\frac{1}{\tau}V_L = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \implies V_L = \tau \cdot g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

Application numérique : $\tau = \frac{m}{k} = \frac{75}{5} = 15$ s.

$$V_L = 15 \times 9,8 \times (\sin(42°) - 0,7\cos(42°))$$

Sachant que $\sin(42°) \approx 0,669$ et $\cos(42°) \approx 0,743$:

$$V_L = 147 \times (0,669 - 0,7 \times 0,743) = 147 \times (0,669 - 0,520) = 147 \times 0,149$$

$$V_L \approx 21,9 \text{ m/s}$$

4.1. Équation horaire $x(t)$: La solution de l'équation différentielle est $v(t) = V_L(1 - e^{-t/\tau})$. Puisque $v(t) = \frac{dx}{dt}$, on intègre l'expression par rapport au temps :

$$x(t) = \int V_L(1 - e^{-t/\tau})dt = V_L\left(t + \tau e^{-t/\tau}\right) + C$$

À l'instant $t = 0$, le centre d'inertie G coïncide avec l'origine O, donc $x(0) = 0$.

$$V_L(0 + \tau \cdot e^0) + C = 0 \implies C = -V_L \cdot \tau$$

En remplaçant C dans l'équation :

$$x(t) = V_L t + V_L \tau e^{-t/\tau} - V_L \tau$$

$$\boxed{x(t) = V_L \left[t - \tau(1 - e^{-t/\tau})\right]}$$

4.2. Distance d et atteinte de la vitesse limite : Le régime transitoire dure $\Delta t = 5\tau$.

$$\Delta t = 5 \times 15 = 75 \text{ s}$$

La distance d parcourue durant ce régime est $d = x(5\tau)$:

$$d = 21,9 \times \left[75 - 15(1 - e^{-5})\right]$$

Comme $e^{-5} \approx 0,0067$ est négligeable devant 1 :

$$d \approx 21,9 \times (75 - 15) = 21,9 \times 60$$

$$\boxed{d \approx 1314 \text{ m}}$$

La longueur totale de la piste est $L = 1400$ m. Puisque la distance parcourue pendant le régime transitoire est $d = 1314$ m, et que $d < L$, le skieur achève son régime transitoire et atteint donc sa vitesse limite sur la piste AB.

Partie 2 : Projection d'un gravier

1. Équations horaires $x_G(t)$ et $z_G(t)$: Système étudié : {le gravier de masse m}. Bilan des forces extérieures : Le gravier n'est soumis qu'à son propre poids $\vec{P}$ (l'action de l'air étant négligée). D'après la deuxième loi de Newton : $m\vec{a}_G = \vec{P} \implies m\vec{a}_G = m\vec{g} \implies \vec{a}_G = \vec{g}$. En projetant sur les axes du repère (O, x, z) (où l'axe Ox est orienté vers l'arrière du camion et Oz vers le haut) :

$$\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$$

Par intégration, en tenant compte des conditions initiales : À $t = 0$, la vitesse $\vec{v}_0$ fait un angle α par rapport à l'horizontale. D'après la figure, $\vec{v}_0$ est projeté vers l'arrière du camion (vers les x négatifs) :

$$\vec{v}_G \begin{cases} v_x(t) = -v_0 \cos\alpha \\ v_z(t) = -g \cdot t + v_0 \sin\alpha \end{cases}$$

Par une deuxième intégration, avec les conditions initiales de position à $t = 0$,

$x(0) = 0$ et $z(0) = 0$:

$$\overrightarrow{OG} \begin{cases} x_G(t) = -v_0 \cos(\alpha) \cdot t \\ z_G(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin(\alpha) \cdot t \end{cases}$$

2. Équation horaire $x_M(t)$ du mouvement du point M : La voiture a un mouvement rectiligne et uniforme, sa vitesse est constante $V = 90$ km.h^{-1}. On la convertit en m.s^{-1} : $V = \frac{90}{3{,}6} = 25$ m.s^{-1}. La voiture roule dans la direction de l'axe x (vers l'avant, direction du camion). À $t = 0$, le point M est situé derrière le camion à une distance $d = 44$ m, donc son abscisse initiale est $x_{M0} = -d$. L'équation horaire du point M s'écrit donc :

$$x_M(t) = V \cdot t - d$$

3. L'instant t_1 de l'impact : L'impact se produit au moment où l'abscisse du gravier et l'abscisse du point M (le pare-brise) coïncident : $x_G(t_1) = x_M(t_1)$.

$$-v_0 \cos(\alpha) \cdot t_1 = V \cdot t_1 - d$$

En isolant t_1 :

$$V \cdot t_1 + v_0 \cos(\alpha) \cdot t_1 = d \implies t_1(V + v_0 \cos\alpha) = d$$

$$t_1 = \frac{d}{V + v_0 \cos\alpha}$$

Calcul de t_1 : On utilise $V = 25$ m.s^{-1}, $v_0 = 12$ m.s^{-1}, $\alpha = 37°$ et $d = 44$ m.

$$t_1 = \frac{44}{25 + 12\cos(37°)} = \frac{44}{25 + 12 \times 0,7986} = \frac{44}{25 + 9,58} = \frac{44}{34,58}$$

$$t_1 \approx 1,27 \text{ s}$$

4. Hauteur h du point d'impact M : La hauteur de l'impact correspond à la coordonnée z du gravier à l'instant t_1.

$$h = z_G(t_1) = -\frac{1}{2} g t_1^2 + v_0 \sin(\alpha) \cdot t_1$$

Application numérique avec $g = 9,8$ m.s^{-2} :

$$h = -0,5 \times 9,8 \times (1,27)^2 + 12 \sin(37°) \times 1,27$$

$$h = -4,9 \times 1,6129 + 12 \times 0,6018 \times 1,27$$

$$h = -7,90 + 9,17$$

$$h \approx 1,27 \text{ m}$$

Chimie :

Partie I :

L'hydrazine est un type chimique liquide de formule chimique N_2H_4 . Il est utilisé pour prévenir la corrosion dans les chauffe-eau (les chaudières) et les tuyaux de chauffage central en en ajoutant une quantité à l'eau à l'intérieur du chauffe-eau.

Données :

- Couple acidobasique : $N_2H_5^+/N_2H_4$
- Toutes les mesures sont effectuées à $25°C$
- Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$
- Les conductivités molaires ioniques en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$: $\lambda_{HO^-} = 19,9, \lambda_{N_2H_5^+} = 5,9$;
- Les zones de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur coloré	hélianthine	rouge de méthyle	phénolphtaléine
Zone de virage	$3,1 - 4,4$	$4,2 - 6,2$	$8,2 - 10$

(1) Réaction de l'hydrazine N_2H_4 avec l'eau :

On dissout une quantité d'hydrazine N_2H_4 dans de l'eau distillée pour obtenir une solution (S) de concentration $C = 2.10^{-3}$ $mol.L^{-1}$. La mesure du pH de cette solution donne à $25°C$, la valeur : $pH = 9,8$

0.5 **(1.1)** Écrire l'équation de l'hydrazine N_2H_4 avec l'eau.

0.5 **(1.2)** Construire le tableau d'avancement de cette réaction, puis Calculer le taux d'avancement final τ de cette transformation. Conclure.

0.5 **(1.3)** Montrer que le quotient de la réaction à l'équilibre $Q_{r,eq}$ s'écrit sous la forme : $Q_{r,eq} = \dfrac{C \cdot \tau^2}{1 - \tau}$

0.5 **(1.4)** Vérifier que la valeur de la constante pK_A du couple $N_2H_5^+/N_2H_4$ est :$pK_A = 8,1$

(1.5) Par dilution de la solution **(S)** 10 fois, on obtient une nouvelle solution (S'). La mesure de son conductivité donne $\sigma = 0.55$ $mS.m^{-1}$ 0.75

- Calculer la nouvelle valeur du taux d'avancement de la réaction.
- Déduire l'effet de la dilution sur la valeur du taux d'avancement final.

(2) Étude du dosage de L'hydrazine par l'acide chlorhydrique :

On prélève un échantillon d'eau du radiateur du chauffage central dont le volume est $V_B = 25ml$, puis on le titre avec une solution de l'acide chlorhydrique $\left(H_3O^+ + Cl^-\right)_{aq}$ dont la concentration molaire est $C_A = 5 \times 10^{-3}$ mol/l, les résultats expérimentaux obtenus ont permis de tracer la courbe $pH = f(V_A)$ de la figure ci-dessus.

Figure-1-

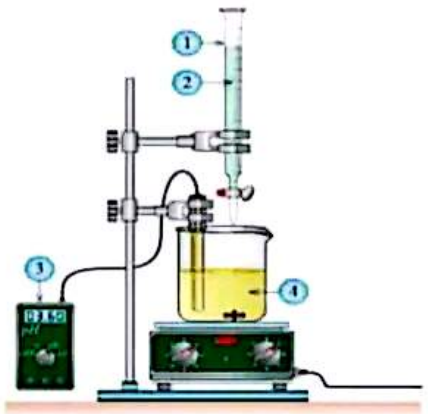
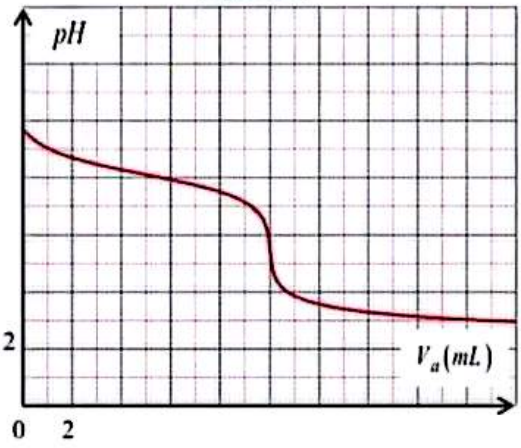


Figure-2-



0.25 **(2.1)** Légender le dispositif expérimental utilisé pour effectuer ce titrage figure 1.

0.5 **(2.2)** Écrire l'équation de la réaction du dosage.

0.5 **(2.3)** Déterminer les coordonnées du point d'équivalence $E(pH_E, V_{AE})$. Déduire la concentration C_B de la solution (S_B).

0.25 **(2.4)** Indiquer, en justifiant, l'indicateur coloré convenable à la réalisation de ce dosage en l'absence du pH mètre.

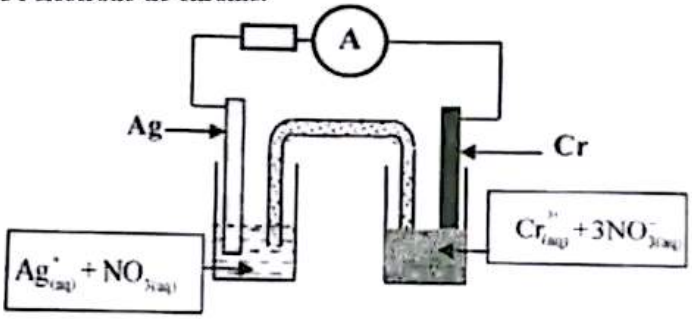
0.5 **(2.5)** Déterminer le volume V_{A1} d'acide chlorhydrique qu'il faut ajouter pour que : $\left[N_2H_5^+\right] = 10.\ [N_2H_4]$ se réalise dans le mélange réactionnel.

Partie II :Étude de la pile argent-chrome

On se propose d'étudier une pile électrochimique, cette pile est constituée :

- D'une électrode en chrome (Cr) plongée dans une solution aqueuse de nitrate de chrome (III) $Cr^{3+}_{(aq)} + 3NO^{-}_{3(aq)}$
- D'une électrode en argent (Ag) plongée dans une solution aqueuse de nitrate d'argent $Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)}$
- D'un pont salin qui relie les deux solutions. On branche un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre, et on place le dipôle, ainsi constitué, entre les pôles de la pile .

L'ampèremètre indique le passage d'un courant électrique, d'intensité constante $I = 1,6\ mA$, dans le circuit. Après une durée $\Delta t = 1h$ de fonctionnement de la pile, on observe un dépôt sur l'électrode d'argent et une diminution de la masse de l'électrode de chrome.



Données :
- Masse molaire du chrome : $M(Cr) = 52\ g \cdot mol^{-1}$;
- $1\mathcal{F} = 96500C \cdot mol^{-1}$.

0.5 (1) Préciser la polarité de la pile.

0.5 (2) Représenter le schéma conventionnel de la pile.

0.5 (3) Écrire les équations aux électrodes ainsi que l'équation bilan lors du fonctionnement de la pile.

0.75 (4) Déterminer la variation Δm de la masse de l'électrode de chrome.

Physique :1

I -Détermination expérimentale de la vitesse de propagation du son

Pour déterminer la vitesse de propagation d'une onde sonore dans la salle de TP, l'enseignant a préparé le montage expérimental de la figure (1) qui comporte :

- deux microphones M_1 et M_2 séparés par une distance d ;
- un oscilloscope
- un haut-parleur
- un GBF réglé à une fréquence N.

La figure (2) donne les oscillogrammes observés pour une distance $d_1 = 21\ cm$. La sensibilité horizontale est $S_h = 1,0 \cdot 10^{-4}\ s \cdot div^{-1}$.

Figure -1-

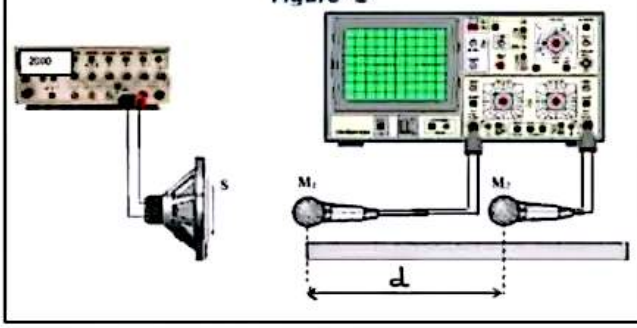
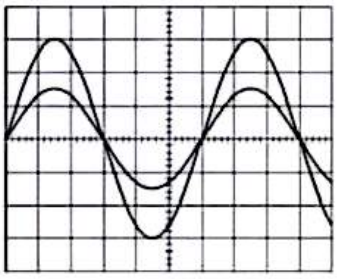


Figure -2-



0.5 (1) Calculer la fréquence N de l'onde émise.

(2) On déplace horizontalement le microphone M_2 progressivement par rapport à M_1 jusqu'à ce que les deux courbes soient en opposition de phase pour la première fois. La distance entre les deux microphones est alors $d_2 = 31,25\ cm$

0.5 (a) Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ de l'onde sonore.

0.75 (b) Calculer la valeur de la vitesse de propagation v du son dans l'air.

I - Application à l'échographie :

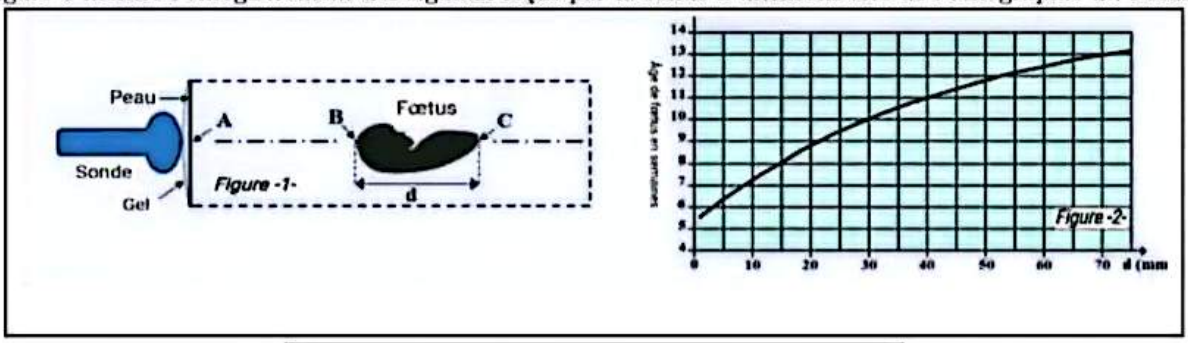
Avec l'échographie de datation il est désormais plus facile pour les équipes médicales de prévoir avec précision la date d'accouchement.

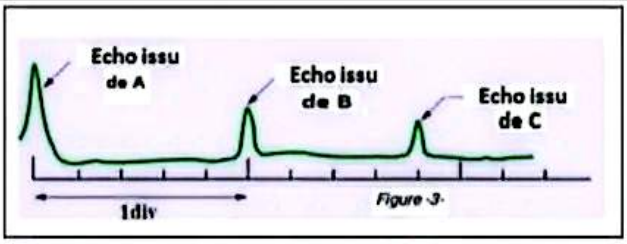
Cet exercice se propose de déterminer l'épaisseur du fœtus d'une femme enceinte grâce à l'échographie.

Une sonde d'un appareil d'échographie, posée sur le ventre d'une femme enceinte, envoie, à un instant de date $\mathbf{t = 0}$, des ondes ultrasonores vers le fœtus (figure 1). L'onde ultrasonore se propage dans le corps de la femme enceinte avec une célérité v, puis s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu de propagation. Les signaux réfléchis sont détectés par la sonde.

La figure 2 permet de connaître l' âge du fœtus par des semaines durant la première période de la grossesse.

la figure 3 montre l'enregistrement des signaux reçus par la sonde à ultrasons lors de l'échographie du fœtus.





0.5 (1) Déterminer la durée qui s'écoule entre la réception des échos issus de B et de C.Sachant que $1div$ correspond à une durée de $50\mu s$.

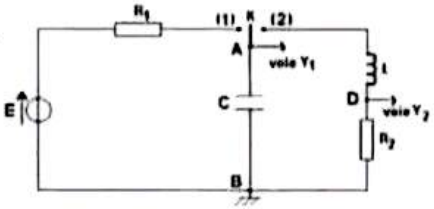
0.75 (2) Calculer l'épaisseur **d** du fœtus, et déduire son âge .

Donnée : On considère que la célérité des ondes ultrasonores dans le corps humain est : $\mathbf{v = 1500\ m \cdot s^{-1}}$

Physique :2

On réalise le montage schématisé sur la figure 1 et comportant :

- un générateur délivrant entre ses bornes une tension constante $\mathbf{E = 5V}$,
- un condensateur de capacité **C** ne portant aucune charge,
- une bobine d'inductance L et de résistance supposée nulle,
- un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R_1 = 50\ k\Omega}$,
- un conducteur ohmique de résistance $R_2 = \mathbf{100\Omega}$,
- un commutateur **K**.



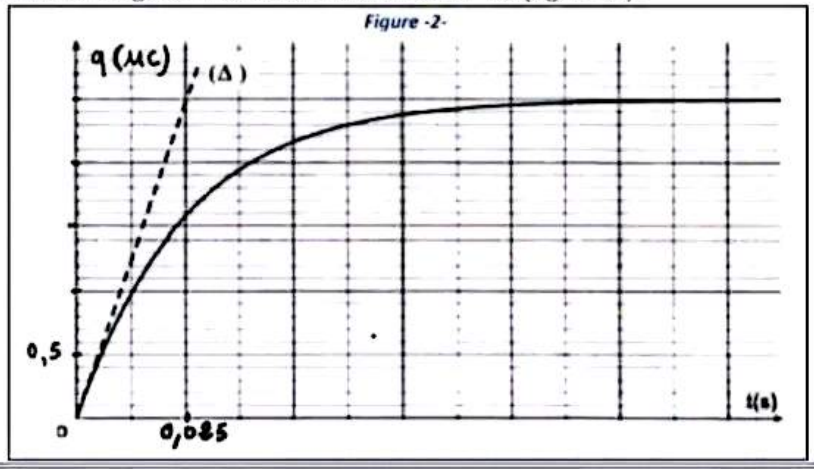
I -Étude de la charge du condensateur :

On met l'interrupteur **K** sur la position (1) à un instant choisi comme origine des dates $\mathbf{(t = 0)}$.

Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe d'évolution de la charge $\mathbf{q(t)}$du condensateur.

La droite **(T)** représente la tangente à la courbe à la date $\mathbf{t = 0}$ (figure 2).

Figure -2-



0.5 (1) Établir l'équation différentielle vérifiée par $q(t)$ au cours de la charge du condensateur.

0.5 (2) Trouver, en fonction des paramètres du circuit, les expressions des constantes **A** et α pour que la solution de cette équation différentielle s'écrive sous la forme : $\mathbf{q(t) = A\left(1 - e^{-\alpha t}\right)}$

0.5 (3) En exploitant la courbe , déterminer la valeur de la constante de temps τ et celle de la valeur de la charge $\mathbf{Q_m}$ du condensateur quand le régime permanent est établi.

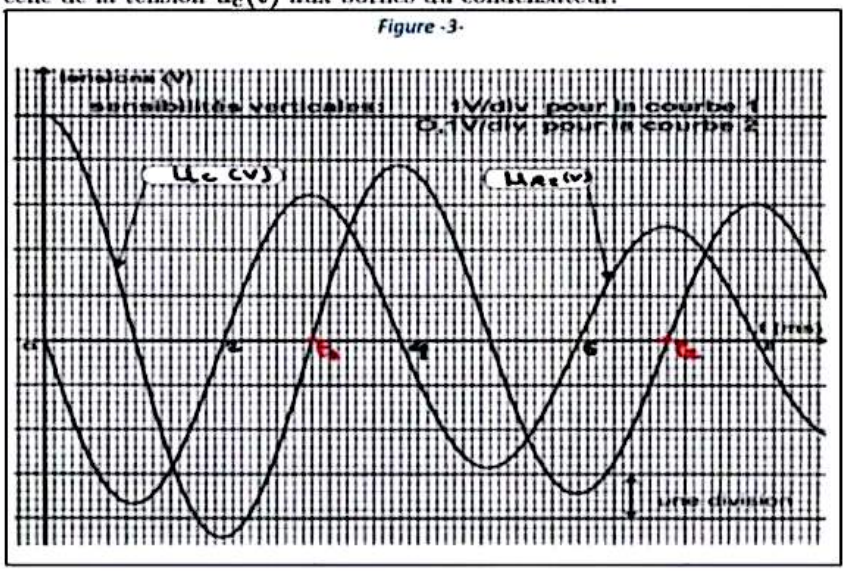
0.5 (4) Montrer que la capacité du condensateur est : $\mathbf{C = 0,5\mu F}$.

0.5 (5) Trouver la valeur de la résistance R.

II -Étude des oscillations électriques dans le circuit RLC :

Une fois que le régime permanent est établi, on bascule l'interrupteur **K** en position (2) à un instant choisi comme nouvelle origine des dates $\mathbf{(t = 0).(t = 0)}$. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé adéquat, on obtient les deux courbes de la figure 3 représentant l'évolution de la tension $u_{R_2}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique ainsi que celle de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.

Figure -3-



0.25 (1) Lequel des régimes d'oscillation représente la courbe de la figure 3 ?

0.5 (2) Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $\mathbf{u_C}$, entre les bornes du condensateur.

0.5 (3) Sachant que la pseudo-période est approximativement égale à la période propre $\mathbf{T_0}$ de l'oscillateur électrique, déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine . (On prend $\pi^2 = 10$).

0.75 (4) Calculer l'énergie dissipée par effet Joule dans le circuit R_2LC série entre les instants $t_1 = 3ms$ et $t_2 = 7ms$.

Physique :3

Partie I :

On néglige les actions de l'air et on prend $g = 10\ \mathbf{m.s^{-2}}$.

On considère le système suivant, comportant :

- Une poulie (P) de rayon $r = 10\ \mathbf{cm}$ susceptible de tourner autour de son axe de symétrie (Δ). Son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation (Δ) est $J_\Delta = 5 \cdot 10^{-3}\mathbf{Kg \cdot m^2}$.
- Un fil (f) de masse négligeable et inextensible.
- Un solide (S) de masse $m = 200g$ qui peut glisser sans frottement sur un rail constitué de trois parties :
  - Une partie **AB** rectiligne et inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale.
  - Une partie **AC** circulaire.
  - Une partie CO rectiligne et horizontale.
- Un lac de largeur $L = 7\ \mathbf{m}$ situé à un profondeur $h = 1\ \mathbf{m}$ de O.

Un moteur applique un couple de moment constant $\mathcal{M}$, sur la poulie. Le système part sans vitesse initiale à $t = 0$, de façon que le solide (S) part du point A pour remonter le plan incliné vers le point B. La figure (2) représente la courbe des variations de la vitesse du centre d'inertie de (S), lors de sa montée sur AB, en fonction du temps.

0.25 (1) Déterminer, graphiquement, la nature du mouvement du centre d'inertie de (S) sur AB et calculer son accélération.

0.75 (2) En appliquant la deuxième loi de Newton sur (S) et le R.F.D sur la poulie montrer que l'expression de l'accélération du centre d'inertie de (S) s'écrit sous la forme : $a_G = \dfrac{\mathcal{M} \cdot r - m \cdot g \cdot r^2 \cdot \sin\alpha}{m \cdot r^2 + J_\Delta}$

0.5 (3) Calculer le moment $\mathcal{M}$ du couple moteur.

(4) A une date donnée, le fil se coupe et le solide (S) poursuit son mouvement et revient pour repasser par le point O avec une vitesse $V_0 = 20\ \mathbf{m.s^{-1}}$. On choisit l'instant du passage de (S) par O comme origine des dates et à cet instant le solide (S) quitte la partie horizontale.

0.5 (a) Établir dans le repère $(0;\vec{\imath};\vec{\jmath})$, les équation horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du centre d'inertie de (S).

0.5 (b) En déduire l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de (S).

0.5 (c) Montrer que le corps (S) ne tombe pas dans le lac.

0.5 (d) Calculer la valeur de la vitesse du centre d'inertie de (S) au point de chut P.

Figure-1-

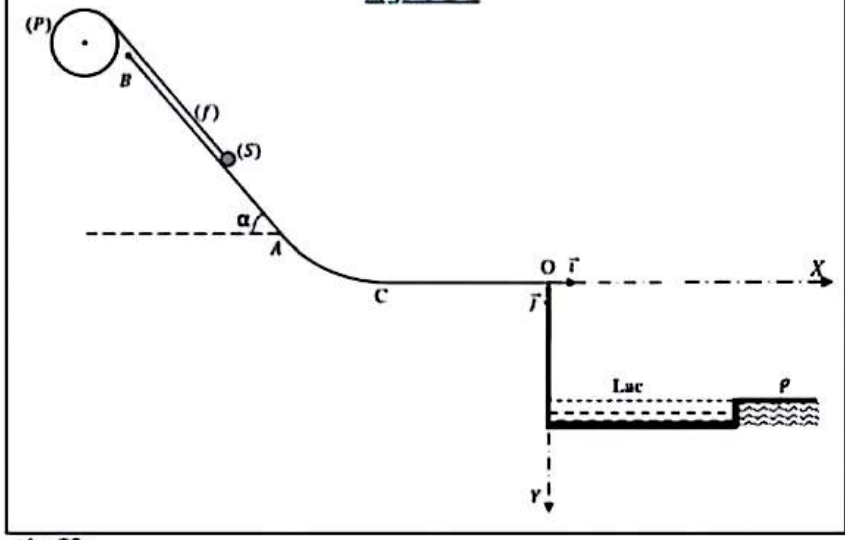
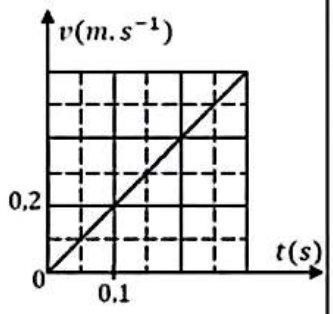


Figure-2-



Partie II :

On considère un pendule simple, constitué d'un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $L = 0,4m$ dont l'extrémité A est fixée à un support et l'autre attachée à un corps ponctuel S de masse m. La masse du fil est négligeable par rapport à la masse de l'objet.

On incline le fil de la verticale d'un angle petit et on abandonne le système(voir figure-3-). La position du système oscillant est repérée par l'angle θ que fait le fil avec la verticale.

Le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe (Δ) est $J_\Delta = m.L^2$.

On néglige les frottements et les actions de l'air et on prend $g = 10\ \mathbf{m.s^{-2}}$.

Pour un angle θ petit, on considère $\sin\theta \simeq \theta$ et $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$.

On choisit le plan horizontal passant par la position de S à l'état d'équilibre stable, comme état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

Figure-3-

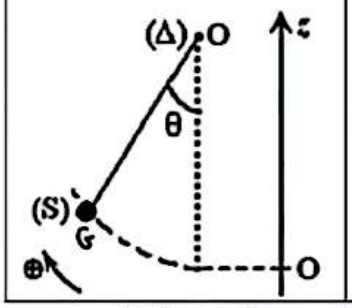
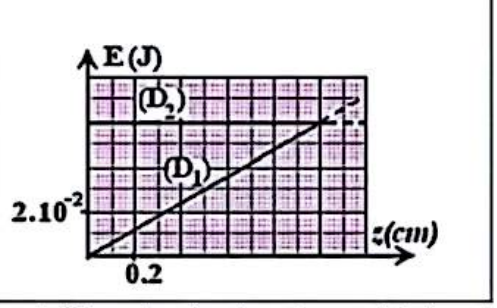


Figure-4-



0.5 (1) Déterminer, pour un angle θ petit, l'expression de l'énergie mécanique du pendule à un instant en fonction de $m; g; L; \theta$ et $\dot{\theta}$.

0.5 (2) Établir l'équation différentielle du mouvement du pendule.

(3) La figure 4 représente les variations de l'énergie potentielle de pesanteur $\mathbf{E_{Pp}}$ (droite D_1) et l'énergie mécanique $\mathbf{E_m}$ (droite D_2) en fonction de l'abscisse z.

0.5 (a) Montrer que $m = 0,6Kg$

0.5 (b) Trouver la valeur absolue de la vitesse angulaire pour $z = 0,5$ cm.

CHIMIE :

Partie I :

1]

1.1. $N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + HO^-$

1.2.

L'équation de la réaction		$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + HO^-$			
L'état du système	L'avancement de la réaction	La quantité de matière en (**mol**)			
Etat initial	0	CV	E	0	0
En cours	x	$CV - x$	x	x	x
Etat final	x_f	$CV - x_f$	c	x_f	x_f

è

s

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} \quad \text{avec} \quad x_{max} = CV$$

$$\text{et} \quad [HO^-] = \frac{x_f}{V} \Longrightarrow x_f = [HO^-] \times V$$

$$\text{donc} \quad \tau = \frac{[HO^-] \times \cancel{V}}{C \times \cancel{V}} \Longrightarrow \tau = \frac{[HO^-]}{C}$$

$$\text{d'où :} \quad \tau = \frac{K_e}{[H_3O^+] \times C}$$

$$\tau = \frac{10^{-14}}{10^{-pH} \times C} = \frac{10^{-14}}{10^{-9,8} \times 4 \times 10^{-3}}$$

$$\tau = 3,15 \times 10^{-2} < 1$$

donc la transformation est limitée.

1.3. $Q_{r,eq} = \frac{[N_2H_5^+]_{eq} \times [HO^-]_{eq}}{[N_2H_4]_{eq}}$

d'après le tableau d'avancement :

$$[N_2H_5^+]_{eq} = [HO^-]_{eq} = \frac{x_f}{V} = \tau \times C$$

$$[N_2H_4]_{eq} = \frac{CV - x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V} = C - \tau \times C$$

$$\text{Alors :} \quad Q_{r,eq} = \frac{(\tau \times C)^2}{C - \tau \times C} = \frac{\tau^2 C^2}{C(1-\tau)}$$

$$Q_{r,eq} = \frac{C \cdot \tau^2}{1-\tau}$$

1-4] $pK_A = -\log K_A$ avec $K_A = \frac{[N_2H_4] \times [H_3O^+]}{[N_2H_5^+]}$

$$K_A = \frac{[N_2H_4] \times [H_3O^+] \times [HO^-]}{[N_2H_5^+] \times [HO^-]}$$
$$K_A = \frac{[N_2H_4]}{[N_2H_5^+] \times [HO^-]} \times [H_3O^+] \times [HO^-]$$
$$= \frac{1}{Q_{r,eq}} \times K_e$$

$$pK_A = -\log\left(\frac{K_e}{Q_{r,eq}}\right)$$
$$= -\log\left(\frac{10^{-14}}{\frac{C\tau^2}{1-\tau}}\right)$$
$$pK_A = -\log\left(\frac{(1-\tau)10^{-14}}{C\tau^2}\right)$$

$$pK_A = 8,1$$

1-5] on a : $\tau = \frac{[HO^-]}{C}$
de même on trouve : $\tau' = \frac{[HO^-]'}{C'}$
avec $C' = \frac{C}{10}$ et $\sigma = \sum \lambda_i[X_i]$

$$\sigma = \lambda_{HO^-}[HO^-] + \lambda_{N_2H_5^+}[N_2H_5^+]$$
$$= \lambda_{HO^-}[HO^-] + \lambda_{N_2H_5^+}[HO^-]$$
$$= [HO^-](\lambda_{HO^-} + \lambda_{N_2H_5^+})$$
$$[HO^-] = \frac{\sigma}{\lambda_{HO^-} + \lambda_{N_2H_5^+}}$$

Alors : $\tau' = \frac{\sigma}{(\lambda_{HO^-} + \lambda_{N_2H_5^+})C'}$

$$\tau' = \frac{\sigma \times 10}{(\lambda_{HO^-} + \lambda_{N_2H_5^+})C}$$
$$\tau' = \frac{0,55 \times \cancel{10^{-2}} \times 10}{(19,9 + 5,9) \times \cancel{10^{-3}} \times 2 \times \cancel{10^{-3}} \times \cancel{10^{3}}}$$

$C = 2 \cdot 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2 \times 10^{-3} \times 10^{3}\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$

$$\tau' = 1,065 \times 10^{-1}$$

* le taux d'avancement augmente avec la dilution

2]

2-1]

① : burette graduée
② : Solution titrante ($H_3O^+ + Cl^-$)
③ : pH-mètre
④ : Solution titrée (N_2H_4)

2-2] $N_2H_4 + H_3O^+ \longrightarrow N_2H_5^+ + H_2O$

2-3] graphiquement $V_{AE} = 10$ mL

$$C_BV_B = C_AV_{AE} \implies C_B = \frac{C_AV_{AE}}{V_B}$$

$$C_B = \frac{5 \times 10^{-3} \times 10}{25} \implies C_B = 2 \cdot 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2-4] l'indicateur coloré convenable est rouge de méthyle car $4,2 < pH_E < 6,2$

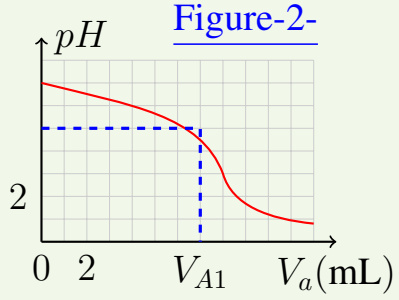
2-5] $pH = pK_A + \log\left(\frac{[N_2H_4]}{[N_2H_5^+]}\right)$

$$pH = 8,1 + \log\left(\frac{1}{10}\right)$$

$$pH = 7,1$$

graphiquement $V_{A1} = 9$ mL

Figure-2-



Partie II :

1-

∗ la cathode : l'électrode d'Argent car on a un dépôt d'argent (réduction)

∗ l'anode : l'électrode de Chrome car on a diminution de masse (oxydation)

2- $\ominus\ Cr/Cr^{3+} :: Ag^{+}/Ag\ \oplus$

3-
∗ Près de l'anode :
$Cr \rightleftharpoons Cr^{3+} + 3e^{-}$
∗ Près de la cathode :
$3 \times (Ag^{+} + e^{-} \rightleftharpoons Ag)$
∗ Eq Bilan :
$Cr + 3Ag^{+} \longrightarrow Cr^{3+} + 3Ag$

4]

$$\begin{aligned}\Delta m &= \Delta n(Cr) \times M(Cr)\\ &= -x \times M(Cr)\end{aligned}$$

on sait que $Q = I \times \Delta t = n(e^{-}) \times F$
donc $I \times \Delta t = 3xF$
$x = \frac{I \times \Delta t}{3F}$
d'où : $\Delta m = -\frac{I \times \Delta t}{3F} \times M(Cr)$

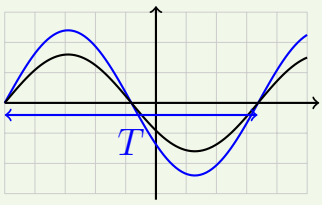
$$\Delta m = -\frac{1,6 \cdot 10^{-3} \times 3600}{3 \times 96500} \times 52$$
$$\Delta m = 1,034 \times 10^{-3}\ \text{g}$$

Physique 1

I]

1. $N = \frac{1}{T}$ avec $T = 6 \times S_h$

$$T = 6 \cdot 10^{-4}\ \text{s}$$
$$N = 1666,66\ \text{Hz}$$



2-a. $d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2} \Longrightarrow \lambda = 2(d_2 - d_1)$

$$\lambda = 2 \times (31,25 - 21)$$

$$\lambda = 20,5 \textbf{ cm}$$

b. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{20,5\times10^{-2}}{6\cdot10^{-4}}$

$$v = 341,67 \textbf{ m} \cdot \textbf{s}^{-1}$$

II.

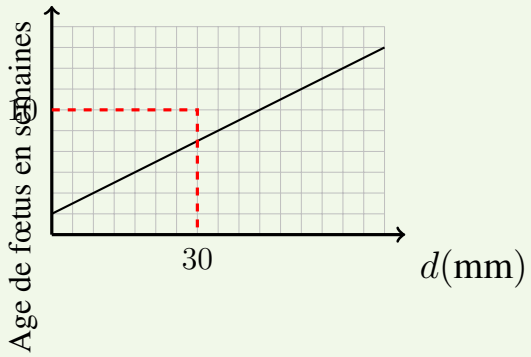
1. $\Delta t = \frac{4}{5} \times 50\ \mu s \quad \Longrightarrow \quad \Delta t = 40\ \mu s$

2- $v = \frac{2d}{\Delta t} \Longrightarrow d = \frac{v\times\Delta t}{2}$

$$d = \frac{1500 \times 40 \times 10^{-6}}{2}$$

$$d = 30 \textbf{ mm}$$

graphiquement
son age est 10 semaines



Physique 2

1] d'après la loi d'additivité des tensions : $u_C + u_{R_1} = E$

$$\frac{q}{C} + R_1 i = E$$

$$\frac{q}{C} + R_1 \frac{dq}{dt} = E \iff q + R_1 C \frac{dq}{dt} = EC$$

2] $q(t) = A - Ae^{-\alpha t}$

$$\frac{dq}{dt} = \alpha A e^{-\alpha t}$$

on remplace dans l'éq diff

$$A - Ae^{-\alpha t} + R_1 C\alpha A e^{-\alpha t} = EC$$
$$Ae^{-\alpha t}(R_1 C\alpha - 1) = EC - A$$

Pour que l'égalité soit vérifiée $\forall t$:

$$R_1 C\alpha - 1 = 0 \quad \text{et} \quad EC - A = 0$$
$$\alpha = \frac{1}{R_1 C} \quad \text{et} \quad A = EC$$

donc $q(t) = EC(1 - e^{-t/R_1 C})$

3] graphiquement $Q_m = 2,5\ \mu$C et $\tau = 0,025$ s

4] $Q_m = C \times E \implies C = \frac{Q_m}{E}$

$$C = \frac{2,5 \times 10^{-6}}{5}$$

$$C = 0,5\ \mu\mathbf{F}$$

5] $\tau = R \times C \implies R = \frac{\tau}{C}$

$$R = \frac{0,025}{0,5 \times 10^{-6}}$$

$$R = 5 \times 10^4\ \Omega$$

II.

1- régime pseudo-périodique

2- En appliquant la loi d'additivité des tensions

$$u_C + u_{R_2} + u_L = 0$$
$$u_C + R_2 i + L\frac{di}{dt} = 0 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} i = C\frac{du_C}{dt} \\ \frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2} \end{cases}$$

Alors : $u_C + R_2 C\frac{du_C}{dt} + LC\frac{d^2u_C}{dt^2} = 0$

donc : $\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R_2}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0$

3] $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \iff T^2 = 4\pi^2 LC$

$$\text{donc : } L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}$$

graphiquement : $T = 4$ ms

$$\text{Alors : } L = \frac{(4 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 0,5 \times 10^{-6}}$$

$$L = 0,8 \text{ H}$$

4] $E_J = |\Delta E_T|$ avec $\Delta E_T = E_T(t_2) - E_T(t_1)$

$$\begin{aligned} E_T &= E_e + E_m \\ &= \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2 \quad \text{avec} \quad i = \frac{u_{R_2}}{R_2} \\ \text{Alors : } E_T &= \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}\frac{L}{R_2^2}u_{R_2}^2 \end{aligned}$$

Pour $t = t_2$:

$$\begin{aligned} E_T(t_2) &= \frac{1}{2}C\cancelto{0}{u_C^2(t_2)} + \frac{1}{2}\frac{L}{R_2^2}u_{R_2}^2(t_2) \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{0,8}{100^2} \times (2,5 \times 0,1)^2 \end{aligned}$$

$$E_T(t_2) = 2,5 \times 10^{-6} \text{ J}$$

Pour $t = t_1$:

$$\begin{aligned} E_T(t_1) &= \frac{1}{2}C\cancelto{0}{u_C^2(t_1)} + \frac{1}{2}\frac{L}{R_2^2}u_{R_2}^2(t_1) \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{0,8}{100^2} \times (3,2 \times 0,1)^2 \end{aligned}$$

$$E_T(t_1) = 4,096 \times 10^{-6} \text{ J}$$

Calcul de l'énergie dissipée par effet Joule :

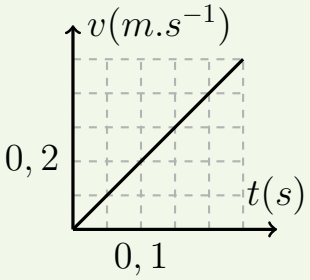
$$E_J = |2,5 \times 10^{-6} - 4,096 \times 10^{-6}|$$

$$E_J = 1,596 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

Physique 3

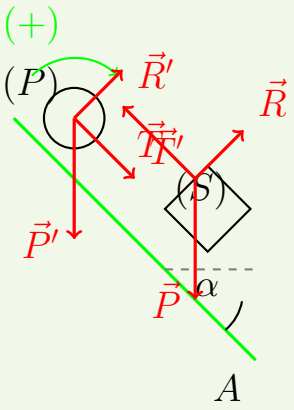
Partie I :

1- Mouvement rectiligne uniformément varié car la trajectoire de (S) est une droite et les variation de v en fonction du temps est une fonction linéaire
$\Rightarrow$ d'après la courbe $v = Kt$ avec $K = \frac{0,2-0}{0,1-0} = 2$
donc $v = 2t$ Alors $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(2t)$



d'où : $a = 2\ \mathbf{m \cdot s^{-2}}$

2- Système étudié $\{(S)\}$
Bilan des forces :
$\vec{P}$: le poids
$\vec{R}$: Réaction du plan
$\vec{T}$: Tension du fil



En appliquant la 2ème loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}_G$$

Projection sur (Ox) : $P_x + R_x + T_x = ma_x$
$-mg\sin\alpha + 0 + T = ma_G$

$$T = ma_G + mg\sin\alpha$$

Système étudié {la poulie}
Bilan des forces :
$*$ $\vec{P'}$: le poids
$*$ $\vec{R'}$: la réaction de l'axe (Δ)
$*$ $\vec{T'}$: Tension du fil
$*$ couple moteur de moment M
En appliquant la R.F.D : $\sum M_\Delta(\vec{F}) = J_\Delta\ddot{\theta}$

$$\cancel{M_\Delta(\vec{P'})}^{0} + \cancel{M_\Delta(\vec{R'})}^{0} + M_\Delta(\vec{T'}) + M = J_\Delta\ddot{\theta}$$

$$-T'r + M = J_\Delta\ddot{\theta} \Longrightarrow T' = \frac{M - J_\Delta\ddot{\theta}}{r}$$

Puisque le fil est inextensible et de masse négligeable
Alors : $T = T'$ et $a_G = r\ddot{\theta}$

$$ma_G + mg\sin\alpha = \frac{M - J_\Delta \ddot{\theta}}{r}$$
$$mra_G + mgr\sin\alpha = M - J_\Delta \frac{a_G}{r}$$
$$mr^2 a_G + mgr^2\sin\alpha = Mr - J_\Delta a_G$$
$$(mr^2 + J_\Delta)a_G = Mr - mgr^2\sin\alpha$$

$$a_G = \frac{Mr - mgr^2\sin\alpha}{mr^2 + J_\Delta}$$

3] on a : $(mr^2 + J_\Delta)a_G = Mr - mgr^2\sin\alpha$

$$M = \frac{(mr^2 + J_\Delta)a_G + mgr^2\sin\alpha}{r}$$

donc :

$$M = \frac{(0,2 \times (10 \times 10^{-2})^2 + 5 \cdot 10^{-3}) \times 2 - 0,2 \times 10 \times (10 \times 10^{-2})^2 \sin 30}{10 \times 10^{-2}}$$

$$M = 0,04 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4] a] $\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$ $\begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$

En appliquant la 2ème loi de Newton sur le corps (S), dans un référentiel supposé galiléen : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$

$$\vec{P} = m\vec{a}_G$$
$$\cancel{m}\vec{g} = \cancel{m}\vec{a}_G$$
$$\vec{a}_G = \vec{g}$$

Projection sur le repère (O, x, y)

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = g \end{cases} \iff \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = g \end{cases}$$

Par primitive : + C.I

$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = gt \end{cases}$$

donc $\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v_0 \\ \frac{dy}{dt} = gt \end{cases}$ par primitive + C.I $\begin{cases} x = v_0 t \quad ① \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \quad ② \end{cases}$

b] de ① $t = \frac{x}{v_0}$

on remplace dans ② : $y(x) = \frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0}\right)^2$

Alors $y(x) = \frac{g}{2v_0^2}x^2$

c] lorsque (S) arrive au niveau du lac $y_L = h$ donc on vérifie que $x_L > L$

Alors $h = \frac{g}{2v_0^2}x_L^2 \implies x_L = \sqrt{\frac{2v_0^2 h}{g}}$

$$x_L = \sqrt{\frac{2 \times 20^2 \times 1}{10}} \implies x_L = 8,94 \text{ m}$$

donc (S) ne tombe pas dans le lac

d] $v_P = \sqrt{v_{xP}^2 + v_{yP}^2}$ avec $\begin{cases} v_{xP} = v_0 \\ v_{yP} = gt_P \end{cases}$ $t_P = ?$

$h = y_P = \frac{1}{2}gt_P^2 \implies t_P = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

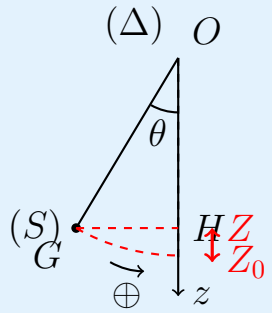
Alors $v_{yP} = g\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh}$

d'où $v_P = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ $v_P = 20,49 \ \mathbf{m \cdot s^{-1}}$

Partie II

1] $E_m = E_C + E_{pp} = \frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}^2 + mg(Z - Z_0)$

avec $Z - Z_0 = L - OH = L - L\cos\theta = L(1 - \cos\theta)$



$$E_m = \frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}^2 + mgL(1 - \cos\theta)$$

$$E_m = \frac{1}{2}mL^2\dot{\theta}^2 + mgL\frac{\theta^2}{2}$$

$$E_m = \frac{1}{2}mL\left(L\dot{\theta}^2 + g\theta^2\right)$$

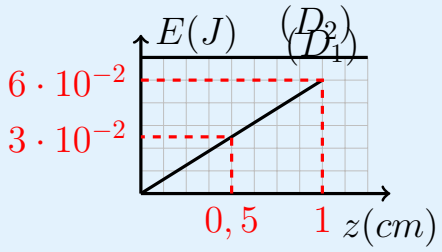
2]
Puisque l'énergie mécanique se conserve
Alors : $\frac{dE_m}{dt} = 0$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}mL(L\dot{\theta}^2 + g\theta^2)\right) = 0$$
$$\frac{1}{2}mL(L2\dot{\theta}\ddot{\theta} + g2\theta\dot{\theta}) = 0$$
$$mL\dot{\theta}(L\ddot{\theta} + g\theta) = 0$$

$\forall t : mL\dot{\theta} \neq 0$
Alors $L\ddot{\theta} + g\theta = 0$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L}\theta = 0$$

3-
a] on sait
$E_{pp} = mg(Z - Z_0)$



avec $Z_0 = 0$
donc $E_{pp} = mgZ$ ①
et d'après la courbe :
$E_{pp} = K \times Z$ avec $K = \frac{6\cdot10^{-2}-0}{1\times10^{-2}-0}$
$E_{pp} = 6 \times Z$ ②
de ① et ② : $mg = 6$

$$m = \frac{6}{10} \Longrightarrow m = 0,6 \text{ kg}$$

b] $E_C(z = 0,5) = E_m - E_{pp}(z = 0,5)$

$$\frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 = 6 \cdot 10^{-2} - 3 \times 10^{-2}$$
$$\frac{1}{2}mL^2\dot{\theta}^2 = 3 \cdot 10^{-2}$$
$$|\dot{\theta}| = \sqrt{\frac{2 \times 3 \cdot 10^{-2}}{mL^2}}$$

$$|\dot{\theta}| = 0,79 \ \mathbf{rad \cdot s^{-1}}$$

Chimie (7 points) :

Première partie : Dosage d'une solution aqueuse d'ammoniac :

On se propose d'étudier, dans cet exercice, le dosage d'ammoniac NH_3 contenu dans un détergent qu'on peut considérer comme une solution aqueuse S_0 d'ammoniac de densité d =0,85 et de pourcentage massique P en ammoniac. Pour cela, on prend un volume de ce détergent et on le dilue 100 fois, on obtient ainsi une solution notée (S_B) de concentration C_B.

Données : Toutes les mesures sont effectuées à 25°C ; masse volumique d'eau : $\rho_e = 1\ g.mL^{-1}$; masse molaire d'ammoniac $M(NH_3)= 17\ g.mol^{-1}$; pKe = 14.

On réalise le dosage pH-métrique de la solution (S_B) à l'aide d'une solution aqueuse (S_A) d'acide chlorhydrique $H_3O^+_{(aq)} + C\ell^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_A = 2{,}0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$. Pour cela on introduit, dans un bécher un volume V_B =20,0 mL de la solution (S_B), puis on verse progressivement un volume V_A de la solution (S_A) et on note pour chaque volume V_A versé la valeur du pH du mélange réactionnel. On note V_{AE} le volume de la solution (S_A) versé à l'équivalence et K_A la constante d'acidité du couple $NH_4^+{}_{(aq)}/NH_{3(aq)}$.

La courbe de la figure 1 représente les variations de $V_B.10^{-pH}$ en fonction de V_A : $V_B.10^{-pH} = f(V_B)$.

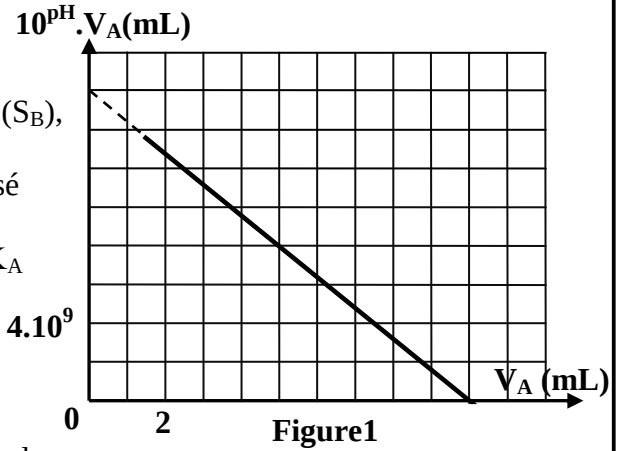


Figure1

En s'aidant de la courbe de la figure 1 :

0,25 1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.

0,5 2- Etablir, en s'aidant d'un tableau d'avancement, la relation : $V_A.10^{pH} = \dfrac{V_{AE} - V_A}{K_A}$

avec $0 < V_A < V_{AE}$.

0,5 3- Déterminer le volume V_{AE} et en déduire la concentration C_B de la solution S_B.

0,75 4- Déterminer la valeur de P.

0,5 5- Vérifier, en s'aidant de la courbe ci-dessus, que le pK_A du couple $NH_4^+{}_{(aq)}/NH_{3(aq)}$: $pK_A \approx 9{,}2$.

6- À l'équivalence on obtient une solution aqueuse d'un sel $A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$.

0,25 6-1- Identifier les ions A^+ et B^-.

0,75 6-2- Calculer la concentration C′ de ce sel et le pH de sa solution.

0,75 6-3-Calculer le taux d'avancement final τ de la réaction d'ammoniac avec l'eau dans la solution (S_B). On considère que $\tau \ll 1$.

Deuxième partie : Pile cadmium-fer :

On réalise une pile, cadmium-fer, en plongeant une plaque de cadmium dans un bécher contenant un volume V = 100 mL d'une solution aqueuse de sulfate de cadmium II: $(Cd^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)})$ de concentration molaire initiale : $C_1 = [Cd^{2+}]_i$, et une plaque de fer dans un bécher contenant un volume V = 100 mL d'une solution aqueuse de sulfate de fer II : $(Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)})$ de concentration molaire initiale: $C_2 = [Fe^{2+}]_i = 0{,}3\ mol.L^{-1}$.

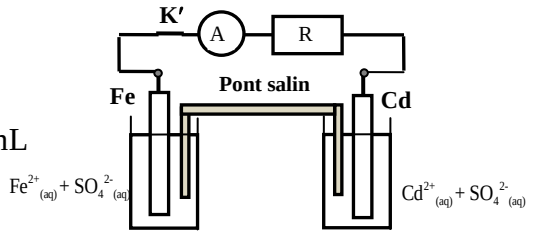


Figure2

Les deux solutions sont reliées par un pont salin. On monte en série avec cette pile un conducteur ohmique, un ampèremètre et un interrupteur K′ . On ferme l'interrupteur K′ à l'instant t=0.
Un courant électrique, d'intensité considérée constante I circule dans le circuit. La courbe de la figure 3 représente l'évolution temporelle de la concentration $[Cd^{2+}]$.

Données : - Les couples mis en jeu : $Cd^{2+}_{(aq)}/Cd_{(S)}$ et $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(S)}$;

- Les espèces métalliques sont en excès.
- La constante de faraday : $1F = 9{,}65.10^4$ C.mol^{-1} ;
- M(Fe) = 55,9 g.mol^{-1}

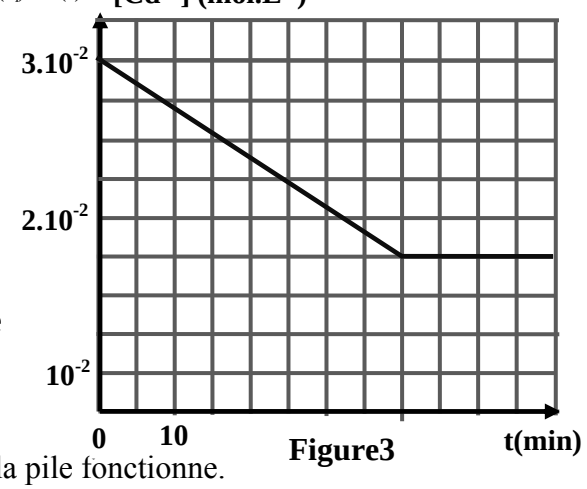


Figure3

0,5 1- Donner l'affirmation juste parmi les affirmations suivantes :

a- Le sens d'évolution spontané du système chimique constituant la pile est le sens de formation du métal Fe.
b- La plaque de fer est la cathode.
c- Les anions circulent dans le circuit extérieur de la pile de la plaque de Fe vers la plaque de Cd..
d- L'oxydation se produit à la plaque de fer.
e- La plaque de cadmium est le pôle négatif de la pile.

0,25 2-Ecrire l'équation de la réaction qui se produit lorsque la pile fonctionne.

0,5 3- Calculer le taux d'avancement τ_e de cette réaction lorsque le système chimique de la pile atteint l'état d'équilibre. Que peut-on conclure ?

0,5 4-Trouver l'expression de la constante d'équilibre K de cette réaction en fonction de C_1 , C_2 et $\left[Cd^{2+}\right]_{(éq)}$ la concentration des ions Cd^{2+} à l'équilibre. Calculer la valeur de K.

0,5 5- Déterminer la valeur de l'intensité I du courant électrique.

0,5 6- Calculer la variation Δm de la masse de l'électrode de fer entre les instants de dates t=0 et $t=t_{éq}$ avec $t_{éq}$ la date à laquelle le système chimique de la pile est atteint l'état d'équilibre.

Physique1 : (3 points)

Première partie : propagation d'une onde ultrasonore dans l'air

La célérité des ondes sonores dans un gaz s'écrit : $v = \sqrt{\frac{\gamma.P}{\rho}}$ où P et ρ sont respectivement la pression et la masse volumique du gaz et γ est un coefficient caractérisant le gaz.

Données : la constante des gaz parfaits : R = 8,314 J.mol^{-1}.K^{-1} ; la température de l'air T=288 K ; la célérité des ondes sonores dans l'air : v_a = 340 m.s^{-1} ; la masse molaire de l'air M = 29 g.mol^{-1} .

0,5 1- Déterminer, en utilisant l'équation aux dimensions, la dimension de γ. Quelle est son unité.

0,25 2- Calculer le coefficient γ pour l'air.

3- On place un émetteur d'ondes ultrasonores E à une distance D=1,53 m d'un obstacle O réfléchissant les ondes ultrasonores O, puis on place entre l'émetteur E et l'obstacle O un récepteur d'ondes ultrasonores R (figure1). L'émetteur E et le récepteur R sont reliés à un dispositif approprié qui a permis de tracer les enregistrements du signal émis par l'émetteur E (P_1) et les signaux reçus par le récepteur R (P_2 et P_3).(Figure 2).

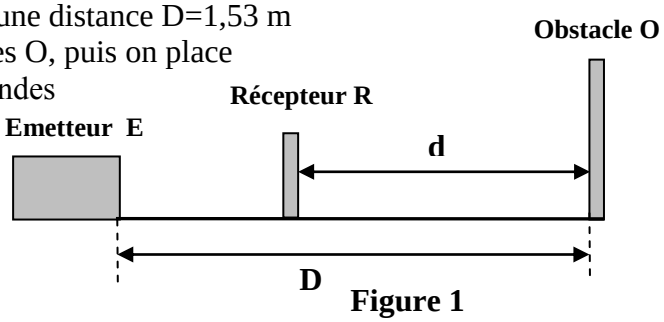


Figure 1

On travaille dans l'air et on considère que E , R et O sont alignés.
on donne la sensibilité horizontale 1 ms/div.

0, 5 3-1- Vérifier la valeur v_a de la célérité de l'onde ultrasonore dans l'air.

0,25 3-2-Calculer la distance d séparant le récepteur R et l'obstacle O.

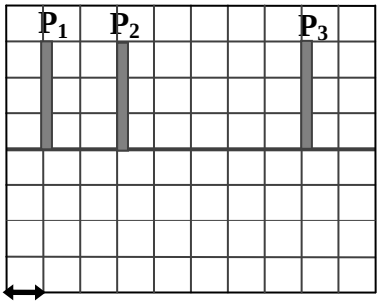


Figure2

Deuxième partie : La radioactivité du polonium

Le noyau de polonium $^{210}_{84}Po$ se désintègre spontanément pour se transformer en un noyau de plomb $^{206}_{82}Pb$ avec émission d'une particule α.

Sur le diagramme de la figure 3 sont placées les valeurs des masses des systèmes suivants :(le noyau de polonium 210) ; (les nucléons séparés) ; (le noyau du plomb 206 + la particule α).

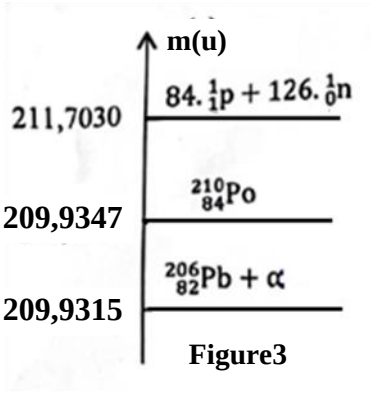


Figure3

Données : la masse molaire du polonium 210 : M=210 g.mol^{-1} ;
unité de masse atomique : 1 u = 931,5 MeV.c^{-2} = 1,6605.10^{-27} kg;
l'énergies de liaison de la particule α : $E_\ell(\alpha)$ = 28,2989 MeV ;

0,5 1- Comparer la stabilité des deux noyaux $^{210}_{84}Po$ et $^{206}_{82}Pb$.

0,5 2- Calculer, en MeV, l'énergie $|\Delta E_T|$ libérée par la désintégration d'une masse m=2 mg de polonium 210.

0,5 3- L'analyse d'un échantillon de polonium 210 montre qu'il contient à la date t_1=414 jours, 0,125 µmol de $^{210}_{84}Po$ et 0,875 µmol de $^{206}_{82}Pb$. Sachant que cet échantillon ne contenait pas du plomb 206 à l'instant t_0=0, déterminer en jours la demi-vie $t_{1/2}$ du polonium 210.

Physique 2 : (5 points)

Première partie : Etude d'un dipôle RC et d'un circuit LC

Le montage électrique schématisé sur la figure 1 comporte :
- un générateur de tension continue de f.e.m E et de résistance négligeable ;
- deux condensateurs non chargés de capacité C_1 et C_2 = 2 µF ;
- un conducteur ohmique de résistance R = 3 kΩ ;
- une bobine (b) d'inductance L et de résistance négligeable
- un interrupteur K à trois positions.

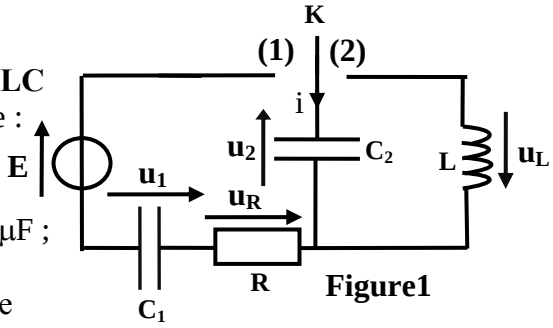


Figure1

1- Étude du dipôle RC :

On met l'interrupteur K en position (1) à un instant choisi comme origine des dates (t = 0).

0,75 1-1- A l'aide d'un système d'acquisition informatisé adéquat on trace la courbe de variation de l'intensité i du courant électrique passant dans le circuit en fonction de la tension $u_2(t)$ aux bornes du condensateur de capacité C_2 (figure2). Déterminer la valeur de E et montrer que C_1 = 4 µF.

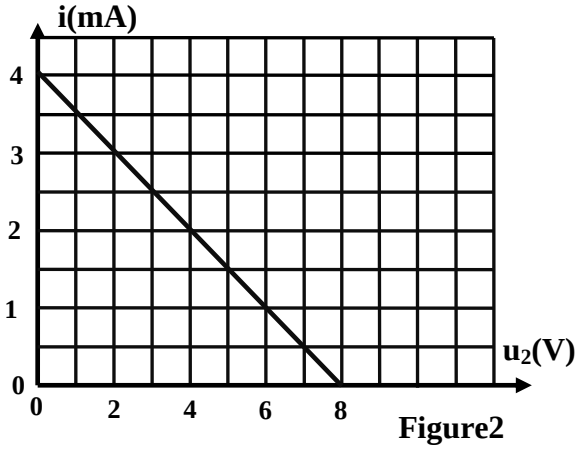


Figure2

0,25 1-2- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_2(t)$ aux bornes du condensateur de capacité C_2 s'écrit sous la forme : $\frac{du_2(t)}{dt} + \alpha.u_2(t) = \beta$ en donnant les paramètres α et β en fonction des paramètre du circuit.

0,5 1-3- Déterminer la valeur de l'énergie électrique E_{e1} emmagasinée, par le condensateur de capacité C_1, en régime permanent.

2- Étude des oscillations électriques libre dans le circuit LC

Lorsque le régime permanent est établi, on bascule l'interrupteur K en position (2) à un instant choisi comme nouvelle des dates (t = 0).

À l'aide d'un dispositif approprié, on trace la courbe représentant les variations de l'énergie électrique E_{e2} emmagasinée par le condensateur de capacité C_2 en fonction du temps (figure3) .

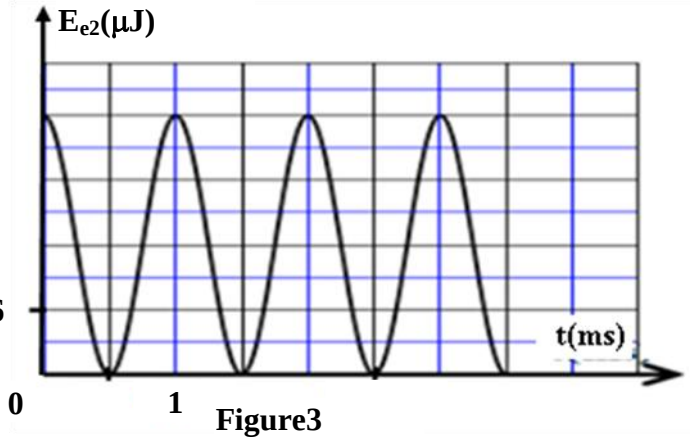


Figure3

0,25 2-1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i(t) du courant électrique passant dans le circuit.

2-2- La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $i(t) = I_m.\cos(2\pi N_0 t + \varphi)$ avec N_0 la fréquence propre du circuit LC.

0,5 2-2-1- Ecrire, sans justifier, l'expression de la fréquence propre N_0 du circuit en fonction de L et C_2. Vérifier la valeur de C_2 et en déduire la valeur de L

0, 5 2-2-2- Montrer, que l'énergie emmagasinée par le condensateur de capacité C_2 à un instant t s'écrit sous la forme : $E_{e2}(t) = \frac{1}{2} L I_m^2 \sin^2(2\pi N_0 t + \varphi)$.

0, 5 2-2-3-- Trouver l'expression numérique de i(t) en fonction du temps.

Deuxième partie : Étude des oscillations électriques forcées dans un circuit RLC série :

On réalise le circuit électrique de la figure 4 qui comporte : un générateur de basse fréquence (GBF) qui délivre une tension alternative sinusoïdale de fréquence N constante et de tension maximale U_m constante ; un condensateur de capacité $C_0 = 10\ \mu F$; une bobine (b) d'inductance L =0,1 H et de résistance r ; un conducteur ohmique de résistance R= 20 Ω.

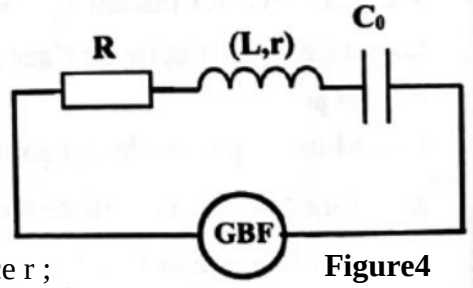


Figure4

Le générateur délivre une tension $u(t) = U_m.\cos(2\pi.N.t + \varphi)$; un courant électrique d'intensité $i(t) = I_m.\cos(2\pi.N.t)$ circule alors dans le circuit.

On visualise, à l'aide d'un système d'acquisition informatique adéquat, la tension u(t) aux bornes du générateur et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique On obtient l'oscillogramme représenté sur la figure 5.

0,25 1- Déterminer l'impédance Z du circuit.

0, 5 2- Ecrire l'expression numérique de la tension u(t) en fonction du temps.

0,5 3- Calculer la valeur de r .

0,5 4- Pour obtenir la résonance électrique, on monte un condensateur de capacité C avec le condensateur de capacité C_0. Déterminer la valeur de C. On prend $\pi^2=10$.

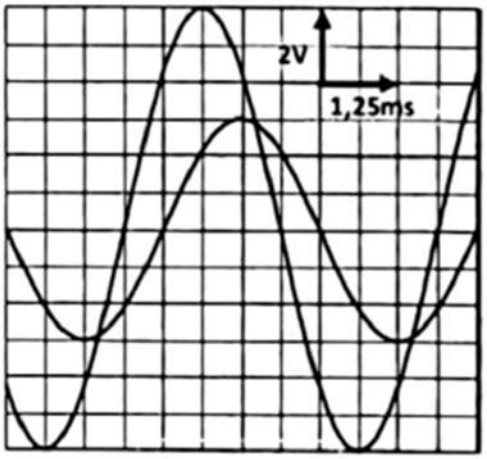


Figure5

Physique 3 : (5 points)

Première partie : Chute verticale d'une bille

L'objectif de cet exercice est d'étudier le mouvement de chute verticale d'une bille (b) dans l'air et dans un liquide visqueux.

À l'instant t = 0 on libère une bille (b) d'un point O confondu avec son centre d'inertie G. Le point O se trouve aune hauteur h de la surface libre du liquide visqueux qui se trouve dans un tube vertical transparent de hauteur H (figure1).

Données : la masse volumique de la bille (b): $\rho_1 = 2{,}5.10^3$ kg.m^{-3} ;
la masse volumique du liquide visqueux : $\rho_2 = 1{,}25.10^3$ kg.m^{-3} ;
le volume de la bille : $V = 4.10^{-6}$ m^3 ;
l'accélération de la pesanteur : g = 10 m.s^{-2} ; h=1 m ; H = 0,9 m ;
on néglige les dimensions de la bille devant les distances parcourues.

On étudie le mouvement du centre d'inertie de la bille dans le repère $(O\ ;\ \vec{i})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

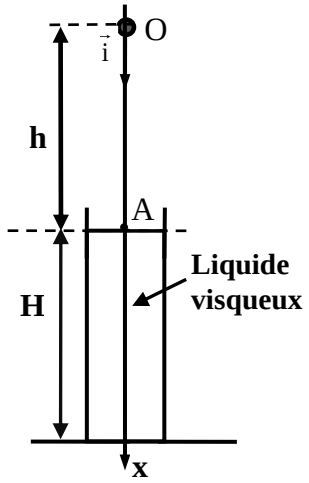


Figure 1

1- Etude du mouvement de la bille (b) dans l'air :

On modélise l'action de l'air sur la bille au cours de sa chute par une force $\vec{R} = -R.\vec{i}$ d'intensité R constante.

On néglige le rayon de la bille devant les distances parcourues. Le centre d'inertie G de la bille atteint la surface libre du liquide visqueux à un instant de date t_1 avec une vitesse v_1.

La courbe de la figure 2 représente l'évolution du carré v^2 de la vitesse du centre d'inertie G de la bille (b)en fonction de x.

0,25 1-1- Préciser, en justifiant, la nature du mouvement du centre d'inertie G de la bille.

0,25 1-2- Vérifier, en exploitant la courbe $v^2=f(x)$, que l'accélération de G est a = 8 m.s^{-2}.

0,5 1-3- Calculer l'intensité R de la force exercée par l'air .

0,25 1-4- Etablir l'équation horaire du mouvement de G.

0,5 1-5- Calculer la valeur de la date t_1.

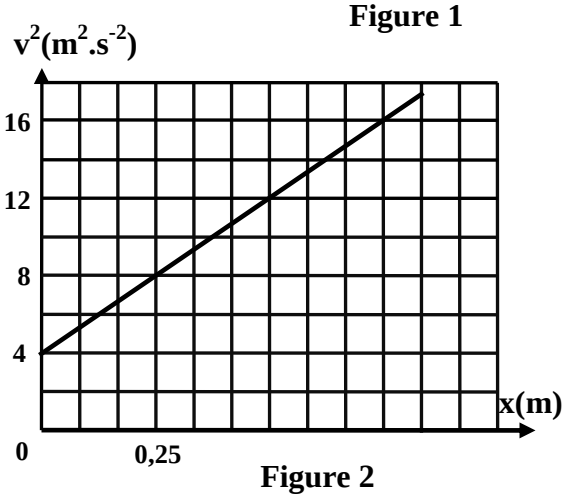


Figure 2

2- Etude du mouvement de la bille dans le liquide visqueux :

On considère que lorsque la bille pénètre dans le liquide visqueux à une date considérée comme une nouvelle origine des dates t=0, la vitesse de son centre d'inertie G est v_1 .

la bille (b) est soumise pendant sa chute dans le liquide visqueux, en plus de son poids aux forces : la poussée d'Archimède : $\vec{F_A} = -\rho_2.V.\vec{g}$; la force de frottement visqueux : $\vec{f} = -k.v.\vec{i}$ avec k une constante positive et v la vitesse du centre d'inertie G de la bille (b).

La courbe de la figure3 représente l'évolution temporelle de la vitesse v de G dans le liquide visqueux.

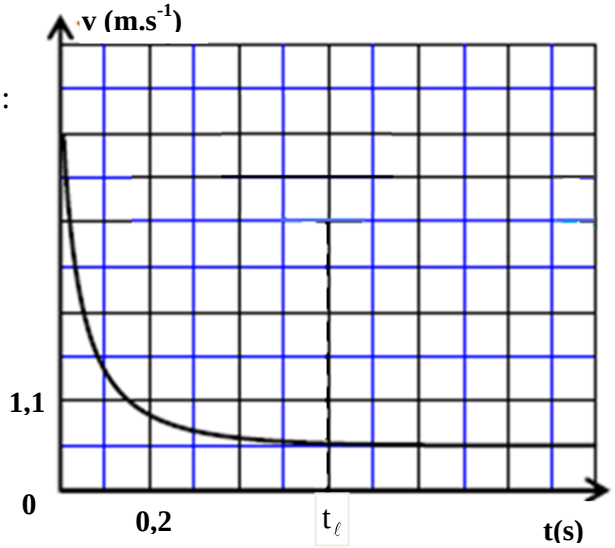


Figure 3

2-1- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v du centre d'inertie de G de la bille s'écrit sous la forme $\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = \alpha$ en donnant les expressions des constants τ et α en fonction des paramètres cités dans le texte.

0,25 2-2- Calculer la valeur de la constante k.

0,5 2-3- Sachant que la durée totale du mouvement de G depuis le début de la chute du point O jusqu'à l'arrivée au sol est Δt= 1,2 s et t_ℓ l'instant où le mouvement de la bille atteint le régime permanent (figure3), trouver la distance d parcourue par G durant le régime initial du mouvement de la bille dans le liquide visqueux.

0,5 2-4- D'après la méthode d'Euler la vitesse du centre d'inertie G de la bille, dans le liquide visqueux, à la date $t_{i+1} = t_i + \Delta t$, où Δt est le pas de calcul, s'écrit sous la forme : $v_{i+1} = 9{,}81\times10^{-1}.v_i + 10^{-2}$. Déterminer Δt.

Deuxième partie : **Etude du mouvement d'un objet dans le champ de pesanteur**

On libère une solide (S) ponctuel de masse m sans vitesse initiale d'un point A sur une piste ABO circulaire de rayon r .La solide (S) passe par le point B avec une vitesse v_B et quitte la piste ABO avec une vitesse v_0 pour tomber au point D sur une piste rectiligne CM inclinée du même angle α par rapport à l'horizontale (figure4). Les pistes ABO et OCM se trouvent dans le même plan $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

Le mouvement de (S) est étudié dans un référentiel terrestre considéré galiléen.

Données : r=4 m ; m=1 kg ; OC=d=2m ; g=10 m.s^{-2} ; α=30° ; les expressions des vitesses : $v_B = \sqrt{2.g.r}$ et $v_0 = \sqrt{2.g.r.\cos\alpha}$. On néglige tous les frottements.

0,25 1- Par application de la deuxième loi de Newton dans la base de Freinet exprimer l'intensité de la force $\vec{R}$ exercée par la piste ABO sur (S) au point B en fonction de m et g . Calculer sa valeur.

2- On choisit l'instant où (S) quitte la piste ABO en O comme origine des dates t=0 et on étudie son mouvement dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

0,5 2-1- Montrer que l'expression de l'équation de la trajectoire de (S) s'écrit : $y = -\frac{x^2}{4.r.\cos^3\alpha} + (\tan\alpha).x$.

0,5 2-2- Montrez que l'abscisse du point D s'écrit : $x_D = 2.\cos\alpha\sqrt{d.r.\sin\alpha}$ . .

0,5 2-3- En déduire la valeur de la distance CD.

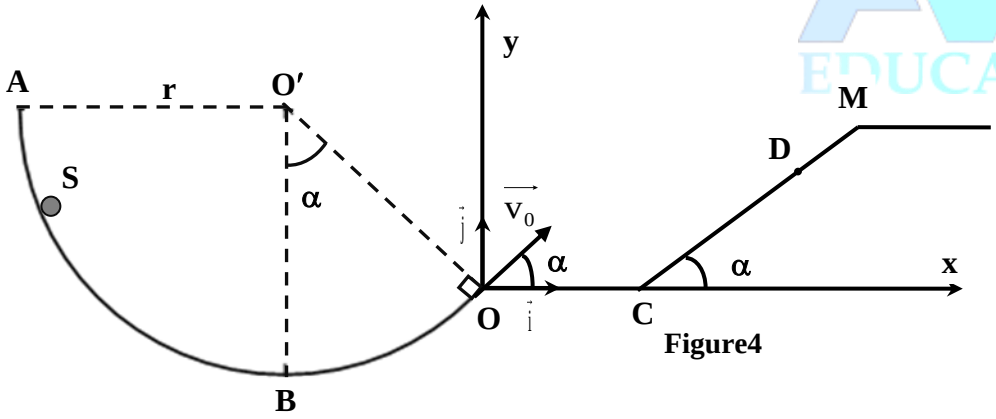


Figure4

CHIMIE (7 points)

Dosage d'une solution aqueuse d'ammoniac et Pile cadmium-fer

Première partie : Dosage d'une solution aqueuse d'ammoniac

1) Équation chimique modélisant la réaction du dosage

$$NH_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^{+} \longrightarrow NH_4^{+}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2) Établissement de la relation : $V_A \cdot 10^{pH} = \frac{V_{AE}-V_A}{K_A}$

À l'aide d'un tableau d'avancement, on a avant l'équivalence ($V_A < V_{AE}$) : La réaction de dosage étant quasi-totale, les quantités de matière sont : $n(NH_3) \approx C_BV_B - C_AV_A$ $n(NH_4^+) \approx C_AV_A$

Les concentrations effectives s'écrivent : $[NH_3] = \frac{C_BV_B-C_AV_A}{V_T}$ et $[NH_4^+] = \frac{C_AV_A}{V_T}$. La constante d'acidité du couple est : $K_A = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]} = \frac{C_BV_B-C_AV_A}{C_AV_A} \cdot 10^{-pH}$. Or, à l'équivalence, on a la relation : $C_BV_B = C_AV_{AE}$. En substituant C_BV_B par C_AV_{AE}, l'expression devient :

$$K_A = \frac{C_AV_{AE} - C_AV_A}{C_AV_A} \cdot 10^{-pH} = \frac{V_{AE} - V_A}{V_A} \cdot 10^{-pH}$$

D'où l'on tire directement : $\boxed{V_A \cdot 10^{pH} = \frac{V_{AE}-V_A}{K_A}}$

3) Détermination de V_{AE} et C_B

La relation précédente s'écrit $V_A \cdot 10^{pH} = -\frac{1}{K_A}V_A + \frac{V_{AE}}{K_A}$. C'est l'équation d'une fonction affine (droite sur la figure 1). La droite coupe l'axe des abscisses ($y = 0$) lorsque le volume versé correspond au volume d'équivalence $V_A = V_{AE}$. Par lecture graphique, l'intersection se situe à 15 mL. Donc $V_{AE} = 15,0\,\mathbf{mL}$.

On déduit C_B par la relation d'équivalence : $C_BV_B = C_AV_{AE} \implies C_B = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V_B}$

$$C_B = \frac{2,0 \cdot 10^{-2} \times 15,0}{20,0} \implies C_B = 1,5 \cdot 10^{-2}\,\mathbf{mol \cdot L^{-1}}$$

4) Détermination de la valeur de P

La concentration de la solution commerciale est $C_0 = 100 \cdot C_B = 1,5\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le pourcentage massique est $P = \frac{m(NH_3)}{m_{\text{solution}}}$. En utilisant la masse volumique et la densité : $P = \frac{C_0 \cdot M(NH_3)}{d \cdot \rho_{eau}}$.

$$P = \frac{1,5 \times 17}{0,85 \times 1000} = 0,03 \implies P = 3\%$$

5) Vérification du pK_A On utilise un point de la droite (figure 1). Par exemple, pour $V_A = 12,5\,\text{mL}$, on lit une ordonnée de $y = 4 \cdot 10^9$. On remplace dans la relation théorique : $4 \cdot 10^9 = \frac{15-12,5}{K_A} \implies K_A = \frac{2,5}{4 \cdot 10^9} = 6,25 \cdot 10^{-10}$.

$$pK_A = -\log(6,25 \cdot 10^{-10}) \simeq 9,204$$

$pK_A \approx 9,2$.

6) À l'équivalence 6-1 L'équation de dosage forme des ions ammonium. Le sel présent à l'équivalence est donc constitué des ions $\text{A}^+ = \text{NH}_4^+$ et des ions spectateurs $\text{B}^- = \text{Cl}^-$.

6-2 La concentration du sel C' correspond à la quantité d'ions NH_4^+ formés sur le volume total : $C' = \frac{C_A V_{AE}}{V_B + V_{AE}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-2} \times 15}{20+15} \implies C' \simeq 8,57 \cdot 10^{-3}\,\textbf{mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$
Le pH de la solution d'un acide faible (NH_4^+) est donné par la formule :

$$pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log C') = \frac{1}{2}(9,2 - \log(8,57 \cdot 10^{-3})) \implies pH \simeq 5,63$$

6-3 Réaction de l'ammoniac avec l'eau dans la solution initiale (S_B) : $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$. La constante de base est $K_b = \frac{K_e}{K_A} = \frac{10^{-14}}{10^{-9,2}} = 10^{-4,8}$.
Si $\tau \ll 1$, alors $K_b \approx C_B \cdot \tau^2 \implies \tau = \sqrt{\frac{K_b}{C_B}}$.

$$\tau = \sqrt{\frac{10^{-4,8}}{1,5 \cdot 10^{-2}}} \simeq 0,0324 \implies \tau \simeq 3,24\%$$

Puisque $3,24\% < 10\%$, l'approximation $\tau \ll 1$ est bien justifiée.

Deuxième partie : Pile cadmium-fer

1) Affirmation juste Le graphe montre que $[\text{Cd}^{2+}]$ diminue au cours du temps, l'ion Cd^{2+} est donc un réactif qui se réduit. La plaque de Cadmium est la cathode. Par conséquent, la plaque de Fer est le siège d'une oxydation (Anode). L'affirmation correcte est la **d- L'oxydation se produit à la plaque de fer.**

2) Équation de la réaction La réaction spontanée de fonctionnement de la pile est :

$$\text{Cd}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Fe}_{(\text{s})} \rightleftharpoons \text{Cd}_{(\text{s})} + \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$$

3) Taux d'avancement τ_e D'après la figure 3, à l'équilibre (palier de la courbe), on lit $[\text{Cd}^{2+}]_{\text{éq}} = 1,0 \cdot 10^{-2}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ tandis qu'à l'instant initial $C_1 = 3,0 \cdot 10^{-2}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. $x_{eq} = (C_1 - [\text{Cd}^{2+}]_{\text{éq}}) \cdot V = (3,0 \cdot 10^{-2} - 1,0 \cdot 10^{-2}) \times 0,100 = 2,0 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}$. L'avancement maximal est déterminé par le réactif

limitant (Cd^{2+}) : $x_{\max} = C_1 \cdot V = 3,0 \cdot 10^{-3}$ mol.

$$\tau_e = \frac{x_{eq}}{x_{\max}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^{-3}} = \frac{2}{3} \implies \tau_e \simeq 66,7\%$$

Conclusion : Comme $\tau_e < 1$, on en conclut que la réaction génératrice de la pile est **limitée**.

4) Constante d'équilibre K

$$K = \frac{[Fe^{2+}]_{éq}}{[Cd^{2+}]_{éq}}$$

Avec $[Fe^{2+}]_{éq} = C_2 + \frac{x_{eq}}{V} = C_2 + (C_1 - [Cd^{2+}]_{éq}) = 0,3 + (0,03 - 0,01) = 0,32\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$K = \frac{0,32}{1,0 \cdot 10^{-2}} \implies K = 32$$

5) Valeur de l'intensité I Le coefficient directeur de la droite (avant équilibre) est $\frac{\Delta[Cd^{2+}]}{\Delta t} = \frac{2,0 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-2}}{10 - 0} = -10^{-3}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = -\frac{10^{-3}}{60}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. La loi de Faraday lie la quantité de matière au courant : $n(Cd^{2+}) = n_i - \frac{I \cdot t}{2F} \implies [Cd^{2+}](t) = C_1 - \frac{I \cdot t}{2FV}$. Le coefficient directeur vaut donc $-\frac{I}{2FV}$.

$$I = 2FV \left| \frac{\Delta[Cd^{2+}]}{\Delta t} \right| = 2 \times 96500 \times 0,1 \times \frac{10^{-3}}{60}$$

I	$\simeq$
$0,322\,\text{A}$	$(322\,\text{mA})$

6) Variation de la masse Δm de l'électrode de fer L'électrode de fer est consommée au cours du processus d'oxydation : $\Delta n(\text{Fe}) = -x_{eq} = -2,0 \cdot 10^{-3}$ mol.

$$\Delta m = \Delta n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = -2,0 \cdot 10^{-3} \times 55,9$$

Δm	$\simeq$
$-0,1118\,\text{g}$	$(-111,8\,\text{mg})$

PHYSIQUE 1 : (3 points)

Ondes ultrasonores et Radioactivité du polonium

Première partie : Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air

1) Dimension de γ et son unité D'après l'expression de la célérité $v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot P}{\rho}}$, on tire : $\gamma = \frac{v^2 \cdot \rho}{P}$. Passons aux équations aux dimensions :

- Vitesse : $[v] = L \cdot T^{-1} \implies [v^2] = L^2 \cdot T^{-2}$
- Masse volumique : $[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = M \cdot L^{-3}$
- Pression : $[P] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{M \cdot a}{S} \implies [P] = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L^2} = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$

En remplaçant dans l'expression de γ :

$$[\gamma] = \frac{(L^2 \cdot T^{-2}) \cdot (M \cdot L^{-3})}{M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}} = \frac{M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}}{M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}} = 1$$

γ est une grandeur de dimension 1. **Elle est sans unité.**

2) Calcul du coefficient γ pour l'air En considérant l'air comme un gaz parfait : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T \implies P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$. En divisant par le volume V, on obtient la pression en fonction de la masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$:

$$P = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{M} \implies \frac{P}{\rho} = \frac{R \cdot T}{M}$$

L'expression de la célérité devient : $v_a = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}} \implies v_a^2 = \frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}$.

$$\gamma = \frac{v_a^2 \cdot M}{R \cdot T}$$

A.N : $M = 29\,\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 29 \cdot 10^{-3}\,\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$\gamma = \frac{(340)^2 \times 29 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times 288} = \frac{3352,4}{2394,432} \implies \gamma \simeq 1,40$$

3-1) Vérification de la valeur v_a Par lecture sur l'oscillogramme (Figure 2), en prenant l'impulsion émise P_1 comme origine des temps ($t_1 = 0$) :

- P_2 est reçu à t_2. L'écart $\Delta t_1 = t_2 - t_1$ correspond à 1 div, soit 1 ms. Le trajet est direct de E à R, d'où la distance : $D_1 = D - d$. On a donc : $\frac{D-d}{v_a} = 1\,\text{ms} \quad (1)$.
- P_3 est reçu à t_3. L'écart $\Delta t_2 = t_3 - t_1$ correspond à 9 div, soit 9 ms. L'onde parcourt de E à O puis de O à R, d'où la distance : $D_2 = D + d$. On a donc : $\frac{D+d}{v_a} = 9\,\text{ms} \quad (2)$.

En additionnant les équations (1) et (2) :

$$\frac{D-d}{v_a}+\frac{D+d}{v_a}=1\cdot10^{-3}+8\cdot10^{-3}$$

$$\frac{2D}{v_a}=1{\cdot}10^{-3}+8{\cdot}10^{-3}=9{\cdot}10^{-3}\,\text{s}\implies v_a=\frac{2\times1,53}{9\cdot10^{-3}}=\frac{3,06}{0,009}\implies \boxed{v_a=340\,\mathbf{m\cdot s^{-1}}}$$

La valeur théorique est bien vérifiée.

3-2) Calcul de la distance d En soustrayant l'équation (1) de (2) :

$$\frac{D+d}{v_a}-\frac{D-d}{v_a}=8\cdot10^{-3}-1\cdot10^{-3}\implies\frac{2d}{v_a}=7\cdot10^{-3}\,\text{s}$$

$$d=\frac{v_a\times7\cdot10^{-3}}{2}=\frac{340\times0,007}{2}\implies\boxed{d=1,19\,\mathbf{m}}$$

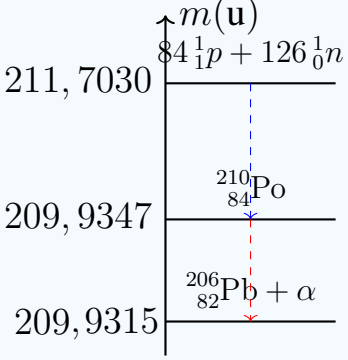
Deuxième partie : La radioactivité du polonium

1) Comparaison de la stabilité des noyaux Pour comparer la stabilité, il faut calculer l'énergie de liaison par nucléon $\xi = \frac{E_l}{A}$ pour chaque noyau.
Pour le Polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ *:* D'après le diagramme d'énergie (masses) :

$$\Delta m = m(\text{nucléons}) - m(\text{Po}) = 211,7030 - 209,9347 = 1,7683\,\text{u}$$

$$E_l(\text{Po}) = \Delta m \cdot c^2 = 1,7683 \times 931,5 \simeq 1647,17\,\text{MeV}$$

$$\xi(\text{Po}) = \frac{1647,17}{210} \implies \xi(\text{Po}) \simeq 7,844\,\text{MeV/nucléon}$$



Pour le Plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$ *:* L'énergie libérée lors de la désintégration est donnée par la différence de masse entre l'état initial et final :

$$E_{\text{lib}} = (m(\text{Po}) - m(\text{Pb}+\alpha)) \cdot c^2 = (209,9347 - 209,9315) \times 931,5$$
$$E_{\text{lib}} = 0,0032 \times 931,5 \simeq 2,9808\,\text{MeV}$$

Or, on sait que $E_{\text{lib}} = E_l(\text{Pb}) + E_l(\alpha) - E_l(\text{Po})$.
On en déduit $E_l(\text{Pb})$:

$$E_l(\text{Pb}) = E_{\text{lib}} + E_l(\text{Po}) - E_l(\alpha) = 2,9808 + 1647,17 - 28,2989 \simeq 1621,85\,\text{MeV}$$

$$\xi(\text{Pb}) = \frac{1621,85}{206} \implies \xi(\text{Pb}) \simeq 7,873\,\text{MeV/nucléon}$$

Puisque $\xi(\text{Pb}) > \xi(\text{Po})$, on conclut que **le noyau de plomb ^{206}Pb est plus stable.**

2) Calcul de l'énergie $|\Delta E_T|$ libérée Déterminons d'abord le nombre N de noyaux présents dans la masse $m = 2\,\text{mg}$:

$$m_{\text{noyau}} = 209,9347\,\text{u} \times (1,6605 \cdot 10^{-27}\,\text{kg/u}) \simeq 3,486 \cdot 10^{-25}\,\text{kg}$$

$$N = \frac{m}{m_{\text{noyau}}} = \frac{2 \cdot 10^{-6}\,\text{kg}}{3,486 \cdot 10^{-25}\,\text{kg}} \simeq 5,737 \cdot 10^{18}\ \text{noyaux}$$

L'énergie totale libérée est : $|\Delta E_T| = N \times E_{\text{lib}}$

$$|\Delta E_T| = 5,737 \cdot 10^{18} \times 2,9808 \implies |\Delta E_T| \simeq 1,71 \cdot 10^{19}\,\textbf{MeV}$$

3) Détermination de la demi-vie $t_{1/2}$ Soit n_0 la quantité de matière initiale de Polonium. D'après la conservation de la matière :

$$n_0(\text{Po}) = n(\text{Po}) + n(\text{Pb}) = 0,125\,\mu\text{mol} + 0,875\,\mu\text{mol} = 1,000\,\mu\text{mol}$$

La loi de décroissance radioactive s'écrit : $n(\text{Po}) = n_0(\text{Po}) \cdot e^{-\lambda t_1}$.

$$\frac{n(\text{Po})}{n_0(\text{Po})} = e^{-\lambda t_1} \implies \frac{0,125}{1,000} = e^{-\lambda t_1}$$

On remarque que $0,125 = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3} = 2^{-3}$. Or, $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$, donc $e^{-\lambda t_1} = 2^{-\frac{t_1}{t_{1/2}}}$. Par identification :

$$2^{-\frac{t_1}{t_{1/2}}} = 2^{-3} \implies \frac{t_1}{t_{1/2}} = 3 \implies t_{1/2} = \frac{t_1}{3}$$

$$t_{1/2} = \frac{414}{3} \implies t_{1/2} = 138 \textbf{ jours}$$

PHYSIQUE 2 : (5 points)

Étude d'un dipôle RC et d'un circuit LC

1- Étude du dipôle RC :

1-1 Détermination de E et vérification de la capacité C_1 Lorsque l'interrupteur est en position (1), les condensateurs C_1, C_2 et le conducteur ohmique R sont en série. D'après la loi des mailles : $E = u_1 + u_R + u_2$. Les condensateurs étant initialement déchargés et en série, ils portent la même charge à tout instant t : $q_1 = q_2 = q$. On a $u_1 = \frac{q}{C_1}$ et $u_2 = \frac{q}{C_2}$. On peut donc exprimer u_1 en fonction de u_2 : $u_1 = \frac{C_2}{C_1}u_2$. De plus, $u_R = R \cdot i$. L'équation des mailles devient :

$$E = \frac{C_2}{C_1}u_2 + R \cdot i + u_2 \implies R \cdot i = E - u_2\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)$$

$$i = -\frac{1}{R}\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)u_2 + \frac{E}{R}$$

Cette équation théorique est celle d'une fonction affine $i = f(u_2)$, ce qui est en parfait accord avec la courbe de la figure 2. Par lecture graphique :

— L'ordonnée à l'origine (pour $u_2 = 0$) est $i_0 = 4\,\text{mA}$.

$$\frac{E}{R} = 4 \cdot 10^{-3} \implies E = R \cdot i_0 = 3 \cdot 10^3 \times 4 \cdot 10^{-3} \implies E = 12\,\textbf{V}$$

— L'abscisse à l'origine (pour $i = 0$) est $u_{2,\max} = 8\,\text{V}$.

$$0 = -\frac{1}{R}\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)u_{2,\max} + \frac{E}{R} \implies 1 + \frac{C_2}{C_1} = \frac{E}{u_{2,\max}} = \frac{12}{8} = 1,5$$

$$\frac{C_2}{C_1} = 0,5 \implies C_1 = \frac{C_2}{0,5} = 2 \cdot C_2 = 2 \times 2\,\mu\text{F} \implies \boxed{C_1 = 4\,\mu\textbf{F}}$$

1-2 Équation différentielle vérifiée par $\mathbf{u_2(t)}$ On a établi que $E = u_2\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right) + R \cdot i$. Sachant que $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C_2 u_2)}{dt} = C_2\frac{du_2}{dt}$, on remplace :

$$E = u_2\left(\frac{C_1 + C_2}{C_1}\right) + R \cdot C_2\frac{du_2}{dt}$$

On divise le tout par $R \cdot C_2$:

$$\frac{du_2}{dt} + \frac{C_1 + C_2}{R \cdot C_1 \cdot C_2}u_2 = \frac{E}{R \cdot C_2}$$

Par identification avec la forme demandée $\frac{du_2}{dt} + \alpha u_2 = \beta$, on obtient :

$$\alpha = \frac{C_1+C_2}{R\cdot C_1\cdot C_2} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{E}{R\cdot C_2}$$

Remarque : on peut aussi écrire $\alpha = \frac{1}{R\cdot C_{eq}}$ *avec* $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1+C_2}$.

1-3 Énergie électrique $\mathbf{E_{e1}}$ en régime permanent En régime permanent, le condensateur est totalement chargé, le courant s'annule ($i = 0$) et $u_R = 0$. La tension u_2 atteint sa valeur maximale lue sur le graphe : $u_2 = 8\,\text{V}$. D'après la loi des mailles : $E = u_1 + u_2 \implies u_1 = E - u_2 = 12 - 8 = 4\,\text{V}$. L'énergie emmagasinée par C_1 est :

$$E_{e1} = \frac{1}{2}C_1 u_1^2 = \frac{1}{2} \times 4 \cdot 10^{-6} \times (4)^2 = 2 \cdot 10^{-6} \times 16$$

$$E_{e1} = 32\,\mu\text{J}$$

2- Étude des oscillations électriques libres dans le circuit LC :

2-1 Équation différentielle vérifiée par $\mathbf{i(t)}$ En position (2), le circuit est constitué du condensateur C_2 et de la bobine L. D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L + u_2 = 0$. On sait que $u_L = L\frac{di}{dt}$ et $i = \frac{dq_2}{dt} = C_2\frac{du_2}{dt}$. En dérivant la loi des mailles par rapport au temps :

$$\frac{du_L}{dt} + \frac{du_2}{dt} = 0 \implies L\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{i}{C_2} = 0$$

En divisant par L : $\boxed{\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{L\cdot C_2} i = 0}$

2-2-1 Fréquence propre N_0, vérification de C_2 et déduction de L L'expression de la fréquence propre est : $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot C_2}}$

Vérification de C_2 : À $t = 0$, l'énergie électrique est maximale : $E_{e2,\max} = 64\,\mu$J (lecture sur la figure 3). Or, $E_{e2,\max} = \frac{1}{2}C_2U_{2,\max}^2$. Le condensateur C_2 commence sa décharge avec la tension initiale de la fin de la partie 1, soit $U_{2,\max} = 8\,$V.

$$C_2 = \frac{2\cdot E_{e2,\max}}{U_{2,\max}^2} = \frac{2\times 64\cdot 10^{-6}}{8^2} = \frac{128\cdot 10^{-6}}{64} = 2\cdot 10^{-6}\,\text{F} \implies \boxed{C_2 = 2\,\mu\text{F}}$$

La valeur de C_2 est bien vérifiée.
Déduction de L : Sur la figure 3, la période de l'énergie est $T_e = 0,4\,$ms (puisque 5 divisions représentent 1 ms, 2 divisions font $0,4\,$ms). La période propre T_0 de l'oscillateur est liée à T_e par $T_0 = 2\cdot T_e = 0,8\,\text{ms} = 8\cdot 10^{-4}\,$s.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L\cdot C_2} \implies T_0^2 = 4\pi^2 L\cdot C_2 \implies L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C_2}$$

En prenant $\pi^2 \approx 10$:

$$L = \frac{(8\cdot 10^{-4})^2}{40\times 2\cdot 10^{-6}} = \frac{64\cdot 10^{-8}}{80\cdot 10^{-6}} = 0,8\cdot 10^{-2}\,\text{H} \implies \boxed{L = 8\,\text{mH}}$$

2-2-2 Démonstration de l'expression de $E_{e2}(t)$ On a $i(t) = I_m\cos(2\pi N_0 t + \varphi)$. En posant $\omega_0 = 2\pi N_0$. Sachant que $i(t) = C_2\frac{du_2}{dt}$, on en déduit $u_2(t)$ par intégration :

$$u_2(t) = \frac{I_m}{C_2\cdot\omega_0}\sin(\omega_0 t + \varphi)$$

Or, $\omega_0^2 = \frac{1}{L\cdot C_2} \implies C_2\cdot\omega_0 = \frac{1}{L\cdot\omega_0}$. En remplaçant, on obtient $u_2(t) = L\cdot\omega_0\cdot I_m\sin(\omega_0 t + \varphi)$. L'énergie emmagasinée est :

$$E_{e2}(t) = \frac{1}{2}C_2u_2^2(t) = \frac{1}{2}C_2\left(L\cdot\omega_0\cdot I_m\right)^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi) = \frac{1}{2}\left(C_2\cdot L\cdot\omega_0^2\right)L\cdot I_m^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi)$$

Comme $C_2\cdot L\cdot\omega_0^2 = 1$, on retrouve bien l'expression demandée : $\boxed{E_{e2}(t) = \frac{1}{2}L\cdot I_m^2\sin^2(2\pi N_0 t + \varphi)}$

2-2-3 Expression numérique de $i(t)$ L'expression générale est $i(t) = I_m\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$.

— **Pulsation propre :** $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{0{,}8\cdot10^{-3}} = 2500\pi$ rad $\cdot$ s^{-1}.

— **Amplitude I_m :** L'énergie totale du circuit se conserve : $E_T = E_{e2,\max} = E_{L,\max} = 64\,\mu$J.

$$E_{L,\max} = \frac{1}{2}L\cdot I_m^2 \implies I_m = \sqrt{\frac{2\cdot E_T}{L}} = \sqrt{\frac{2\times 64\cdot10^{-6}}{8\cdot10^{-3}}} = \sqrt{16\cdot10^{-3}} \approx 0,126\text{ A}$$

(On trouve aussi de manière exacte $I_m = C_2U_{2,\max}\omega_0 = 2\cdot10^{-6}\times 8\times 2500\pi = 0,04\pi$ A).

— **Phase à l'origine φ :** À $t=0$, l'énergie électrique est maximale, donc le courant est nul : $i(0)=0$.

$$I_m\cos(\varphi) = 0 \implies \varphi = \frac{\pi}{2} \quad \text{ou} \quad \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

De plus, d'après la démonstration précédente $u_2(t) \propto \sin(\omega_0 t + \varphi)$. À $t=0$, $u_2(0) = 8\text{ V} > 0 \implies \sin(\varphi) > 0$. On conclut donc que $\varphi = +\frac{\pi}{2}$.

L'expression numérique finale est :

$$i(t) = 0,126\cos\left(2500\pi\cdot t + \tfrac{\pi}{2}\right) \quad \text{(en A)}$$

PHYSIQUE 2 (Suite) : Oscillations Forcées

Deuxième partie : Étude des oscillations électriques forcées dans un circuit RLC série

Exploitation de l'oscillogramme et Étude de la résonance

1- Détermination de l'impédance Z du circuit L'impédance du circuit est définie par la relation : $Z = \frac{U_m}{I_m}$. D'après l'oscillogramme (Figure 5) :

— La courbe de plus grande amplitude représente la tension totale $u(t)$ aux bornes du circuit (car $Z \geq R$). L'amplitude maximale est de 3 divisions verticales.

$$U_m = 3\text{ div}\times 2\text{ V/div} = 6\text{ V}$$

— La courbe de plus petite amplitude représente la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique. L'amplitude maximale est de $1,5$ divisions verticales.

$$U_{R,m} = 1,5\text{ div}\times 2\text{ V/div} = 3\text{ V}$$

On déduit l'intensité maximale du courant :

$$I_m = \frac{U_{R,m}}{R} = \frac{3}{20} = 0,15\text{ A}$$

On calcule ensuite l'impédance Z :

$$Z = \frac{6}{0,15} \implies Z = 40\,\Omega$$

2- Expression numérique de la tension $\mathrm{u(t)}$ en fonction du temps L'expression générale est $u(t) = U_m \cos(2\pi N t + \varphi)$.

— **Fréquence N :** Sur l'oscillogramme, une période T correspond à 4 divisions horizontales.

$$T = 4\,\text{div} \times 1,25\,\text{ms/div} = 5\,\text{ms} = 5 \cdot 10^{-3}\,\text{s}$$

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = 200\,\text{Hz} \implies 2\pi N = 400\pi\,\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

— **Déphasage φ :** Le décalage temporel τ entre les deux courbes est de $0,5$ division.

$$\tau = 0,5\,\text{div} \times 1,25\,\text{ms/div} = 0,625\,\text{ms}$$

La valeur absolue du déphasage est $|\varphi| = 2\pi\frac{\tau}{T} = 2\pi\frac{0,625}{5} = \frac{\pi}{4}$ rad. Puisque la courbe $u(t)$ atteint son maximum avant la courbe $u_R(t)$ (qui est en phase avec $i(t)$), la tension $u(t)$ est en avance sur $i(t)$. Donc $\varphi > 0$.

$$\varphi = +\frac{\pi}{4}\,\text{rad}$$

L'expression numérique finale est :

$$u(t) = 6\cos\left(400\pi \cdot t + \tfrac{\pi}{4}\right) \quad (\text{avec } u \text{ en V et } t \text{ en s})$$

3- Calcul de la valeur de la résistance interne r Le facteur de puissance du circuit s'écrit $\cos\varphi = \frac{R_{eq}}{Z} = \frac{R+r}{Z}$. On isole la résistance interne r de la bobine :

$$R + r = Z\cos\varphi \implies r = Z\cos\varphi - R$$

Application numérique :

$$r = 40 \times \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - 20 = 40 \times \frac{\sqrt{2}}{2} - 20 = 20\sqrt{2} - 20$$

$$r \approx 28,28 - 20 \implies r \approx 8,28\,\Omega$$

4- Détermination de la capacité C pour obtenir la résonance Pour obtenir la résonance d'intensité, la fréquence propre du circuit doit être égale à la fréquence imposée par le GBF : $N_0 = N = 200\,\text{Hz}$. La condition de résonance impose :

$$L \cdot C_{eq} \cdot \omega^2 = 1 \implies C_{eq} = \frac{1}{L(2\pi N)^2} = \frac{1}{4\pi^2 N^2 L}$$

Avec $\pi^2 = 10$, on a :

$$C_{eq} = \frac{1}{4 \times 10 \times (200)^2 \times 0,1} = \frac{1}{4 \times 10 \times 40000 \times 0,1} = \frac{1}{160000}$$

$$C_{eq} = 6,25 \cdot 10^{-6}\,\text{F} = 6,25\,\mu\text{F}$$

Puisque $C_{eq} < C_0$ ($6,25\,\mu\text{F} < 10\,\mu\text{F}$), le nouveau condensateur de capacité C doit être monté **en série** avec C_0 pour que la capacité équivalente diminue. La loi d'association en série des condensateurs donne :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C} \implies \frac{1}{C} = \frac{1}{C_{eq}} - \frac{1}{C_0}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{6,25 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{10 \cdot 10^{-6}} = 160000 - 100000 = 60000\,\text{F}^{-1}$$

$$C = \frac{1}{60000} \simeq 1,667 \cdot 10^{-5}\,\text{F}$$

$$C = \tfrac{50}{3}\,\mu\text{F} \approx 16,67\,\mu\text{F}$$

Le condensateur ajouté doit avoir une capacité de $16,67\,\mu\text{F}$ et doit être monté en série avec C_0.

PHYSIQUE 3 : (5 points)

Chute verticale d'une bille dans l'air et dans un liquide visqueux

1- Étude du mouvement de la bille (b) dans l'air :

1-1 Nature du mouvement du centre d'inertie G D'après la figure 2, la courbe $v^2 = f(x)$ est une droite qui passe par l'origine. Son équation s'écrit sous la forme $v^2 = A \cdot x$, où A est une constante. En dérivant cette expression par rapport au temps t :

$$\frac{d(v^2)}{dt} = A \cdot \frac{dx}{dt} \implies 2v\frac{dv}{dt} = A \cdot v \implies 2a = A \implies a = \frac{A}{2} = \text{constante}$$

Puisque l'accélération a est constante et la trajectoire est rectiligne, **le mouvement est rectiligne uniformément accéléré.**

1-2 Vérification de l'accélération a Le coefficient directeur de la droite A est calculable à partir de la figure 2. En choisissant deux points : l'origine $(0, 0)$ et

un point clair comme $(x = 0,25\,\text{m}; v^2 = 4\,\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$:

$$A = \frac{\Delta(v^2)}{\Delta x} = \frac{4-0}{0,25-0} = 16\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

On a vu que $a = \frac{A}{2}$, donc :

$$a = \frac{16}{2} \implies a = 8\,\mathbf{m} \cdot \mathbf{s}^{-2}$$

1-3 Intensité R de la force exercée par l'air Appliquons la deuxième loi de Newton sur la bille : $\sum \vec{F} = m\vec{a} \implies \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$. Par projection sur l'axe $(O, \vec{i})$ orienté vers le bas :

$$mg - R = m \cdot a \implies R = m(g-a)$$

La masse de la bille est $m = \rho_1 \cdot V = 2,5 \cdot 10^3 \times 4 \cdot 10^{-6} = 0,01\,\text{kg}$.

$$R = 0,01 \times (10-8) = 0,01 \times 2 \implies R = 0,02\,\mathbf{N}$$

1-4 Équation horaire du mouvement de G Le mouvement est rectiligne uniformément accéléré : $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$. À $t = 0$, la bille est libérée sans vitesse initiale au point O, donc $v_0 = 0$ et $x_0 = 0$.

$$x(t) = \frac{1}{2}(8)t^2 + 0 + 0 \implies x(t) = 4t^2 \quad (x \text{ en m}, t \text{ en s})$$

1-5 Valeur de la date t_1 La bille atteint la surface du liquide (point A) à la date t_1. La distance parcourue est $x(t_1) = h = 1\,\text{m}$.

$$4t_1^2 = 1 \implies t_1^2 = 0,25 \implies t_1 = \sqrt{0,25} \implies t_1 = 0,5\,\mathbf{s}$$

La vitesse v_1 à cet instant est $v_1 = a \cdot t_1 = 8 \times 0,5 = 4\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2- Étude du mouvement de la bille dans le liquide visqueux :

2-1 Équation différentielle vérifiée par v Bilan des forces : Poids $\vec{P}$, Poussée d'Archimède $\vec{F_A}$, Frottement visqueux $\vec{f}$. Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F_A} + \vec{f} = m\vec{a}$. Projection sur $(O, \vec{i})$ (vers le bas) : $mg - \rho_2 V g - kv = m\frac{dv}{dt}$. En

divisant par m :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_2 V}{m}\right)$$

Sachant que $m = \rho_1 V$, on remplace : $\frac{\rho_2 V}{\rho_1 V} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$. L'équation s'écrit $\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = \alpha$ avec :

$$\tau = \frac{m}{k} = \frac{\rho_1 V}{k} \quad \text{et} \quad \alpha = g\left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$$

2-2 Valeur de la constante k En régime permanent, la vitesse est constante $v = v_\ell$, donc $\frac{dv}{dt} = 0$. L'équation différentielle donne : $\frac{v_\ell}{\tau} = \alpha \implies \tau = \frac{v_\ell}{\alpha}$. Calcul de α : $\alpha = 10 \cdot \left(1 - \frac{1{,}25 \cdot 10^3}{2{,}5 \cdot 10^3}\right) = 10(1 - 0{,}5) = 5\,\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. D'après la figure 3, la vitesse limite lue sur l'asymptote est $v_\ell = 1{,}1\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$\tau = \frac{1{,}1}{5} = 0{,}22\,\text{s}$$

On sait que $\tau = \frac{m}{k}$, donc $k = \frac{m}{\tau}$:

$$k = \frac{0{,}01}{0{,}22} \simeq 0{,}0454 \implies k \simeq 4{,}54 \cdot 10^{-2}\,\textbf{kg} \cdot \textbf{s}^{-1}$$

2-3 Distance d parcourue durant le régime initial La durée totale du mouvement est $\Delta t_{tot} = 1{,}2\,\text{s}$. La durée du mouvement dans le liquide est : $\Delta t_{liq} = \Delta t_{tot} - t_1 = 1{,}2 - 0{,}5 = 0{,}7\,\text{s}$. D'après la figure 3, le régime permanent est atteint à la date $t_\ell = 0{,}5\,\text{s}$ (lecture sur l'axe : 5 divisions avec $1\,\text{div} = 0{,}1\,\text{s}$). La durée du régime permanent est donc : $t_{perm} = \Delta t_{liq} - t_\ell = 0{,}7 - 0{,}5 = 0{,}2\,\text{s}$. La distance parcourue durant le régime permanent (vitesse constante v_ℓ) est :

$$d_{perm} = v_\ell \cdot t_{perm} = 1{,}1 \times 0{,}2 = 0{,}22\,\text{m}$$

La distance totale parcourue dans le liquide est $H = 0{,}9\,\text{m}$. La distance d du régime initial est donc :

$$d = H - d_{perm} = 0{,}9 - 0{,}22 \implies d = 0{,}68\,\textbf{m}$$

2-4 Détermination du pas de calcul Δt L'équation de la méthode d'Euler est : $v_{i+1} = v_i + a_i \Delta t$. Or $a_i = \left(\frac{dv}{dt}\right)_i = \alpha - \frac{v_i}{\tau}$, donc :

$$v_{i+1} = v_i + \Delta t\left(\alpha - \frac{v_i}{\tau}\right) = v_i\left(1 - \frac{\Delta t}{\tau}\right) + \alpha \Delta t$$

Par identification avec l'équation donnée : $v_{i+1} = 9{,}81 \cdot 10^{-1} v_i + 10^{-2}$, on obtient :

$$\alpha \Delta t = 10^{-2} \implies \Delta t = \frac{10^{-2}}{\alpha}$$

Sachant que $\alpha = 5\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$:

$$\Delta t = \frac{0,01}{5} = 0,002 \implies \Delta t = 2\cdot 10^{-3}\,\textbf{s} \quad (2\,\textbf{ms})$$

PHYSIQUE 3 (Suite)

Deuxième partie : Etude du mouvement d'un objet dans le champ de pesanteur

1- Intensité de la force $\vec{R}$ au point B

Le système étudié est le solide (S). Il est soumis à deux forces :

- Son poids $\vec{P}$.
- La réaction de la piste $\vec{R}$ (normale à la trajectoire car les frottements sont négligés).

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, appliquons la deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}_G$$

Utilisons la base de Frenet $(\vec{u}, \vec{n})$ au point B. Le vecteur normal $\vec{n}$ est dirigé vers le centre de courbure de la trajectoire (le point O'). Au point B (point le plus bas), $\vec{P}$ est dirigé vers le bas (sens opposé à $\vec{n}$) et $\vec{R}$ est dirigé vers le haut (même sens que $\vec{n}$). La projection sur l'axe normal $\vec{n}$ donne :

$$-P + R = m\cdot a_n \implies -mg + R = m\frac{v_B^2}{r}$$

On isole l'intensité R :

$$R = mg + m\frac{v_B^2}{r} = m\left(g + \frac{v_B^2}{r}\right)$$

Or, d'après les données, $v_B = \sqrt{2\cdot g\cdot r} \implies v_B^2 = 2\cdot g\cdot r$. En remplaçant v_B^2 dans l'expression :

$$R = m\left(g + \frac{2\cdot g\cdot r}{r}\right) = m(g+2g) \implies R = 3mg$$

Calcul de sa valeur : $R = 3\times 1\times 10 = 30\,\text{N}$.

$$R = 30\,\text{N}$$

2- Étude du mouvement de projectile (de O vers D)

2-1 Équation de la trajectoire de (S) Le solide quitte la piste en O $(0,0)$ avec une vitesse $\vec{v}_0$ faisant un angle α avec l'horizontale. Pendant sa chute libre, le solide n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$$

En projetant sur le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$:

- **Accélération :** $a_x = 0$ et $a_y = -g$
- **Vitesse :** $v_x(t) = v_0 \cos\alpha$ et $v_y(t) = -gt + v_0 \sin\alpha$
- **Équations horaires :** $x(t) = (v_0 \cos\alpha)t$ et $y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin\alpha)t$

De l'équation de $x(t)$, on tire le temps $t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$. On remplace t dans l'équation de $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2 + v_0\sin\alpha\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)$$

$$y(x) = -\frac{g\cdot x^2}{2\cdot v_0^2\cdot\cos^2\alpha} + x\tan\alpha$$

D'après les données, $v_0 = \sqrt{2\cdot g\cdot r\cdot\cos\alpha} \implies v_0^2 = 2\cdot g\cdot r\cdot\cos\alpha$. En remplaçant v_0^2 :

$$y(x) = -\frac{g\cdot x^2}{2(2\cdot g\cdot r\cdot\cos\alpha)\cos^2\alpha} + x\tan\alpha = -\frac{g\cdot x^2}{4\cdot g\cdot r\cdot\cos^3\alpha} + x\tan\alpha$$

En simplifiant par g, on retrouve bien l'expression demandée :

$$y(x) = -\frac{x^2}{4\cdot r\cdot\cos^3\alpha} + x\tan\alpha$$

2-2 Abscisse du point D (x_D) Le point D appartient à la trajectoire du projectile ET à la piste inclinée CM. La droite passant par C $(d,0)$ et faisant un angle α avec l'axe (Ox) a pour équation :

$$y = \tan\alpha\cdot(x - x_C) \implies y_D = \tan\alpha\cdot(x_D - d)$$

Le point D vérifie également l'équation de la trajectoire :

$$y_D = -\frac{x_D^2}{4\cdot r\cdot\cos^3\alpha} + x_D\tan\alpha$$

On égalise les deux expressions de y_D :

$$\tan\alpha\cdot(x_D - d) = -\frac{x_D^2}{4\cdot r\cdot\cos^3\alpha} + x_D\tan\alpha$$

$$x_D \tan\alpha - d\tan\alpha = -\frac{x_D^2}{4\cdot r\cdot \cos^3\alpha} + x_D\tan\alpha$$

En simplifiant par $x_D\tan\alpha$ de chaque côté :

$$-d\tan\alpha = -\frac{x_D^2}{4\cdot r\cdot\cos^3\alpha} \implies x_D^2 = 4\cdot r\cdot d\cdot\cos^3\alpha\cdot\tan\alpha$$

Comme $\tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$, on obtient :

$$x_D^2 = 4\cdot r\cdot d\cdot\cos^3\alpha\cdot\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = 4\cdot r\cdot d\cdot\cos^2\alpha\cdot\sin\alpha$$

En prenant la racine carrée ($x_D > 0$) :

$$x_D = \sqrt{4\cdot\cos^2\alpha\cdot r\cdot d\cdot\sin\alpha} \implies x_D = 2\cos\alpha\sqrt{d\cdot r\cdot\sin\alpha}$$

2-3 Valeur de la distance CD Calculons d'abord la valeur numérique de x_D avec $d = 2\,\text{m}$, $r = 4\,\text{m}$ et $\alpha = 30°$:

$$x_D = 2\cos(30°)\sqrt{2\times 4\times\sin(30°)} = 2\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\sqrt{8\times 0,5} = \sqrt{3}\sqrt{4} = 2\sqrt{3}\,\text{m} \approx 3,46\,\text{m}$$

Dans le triangle rectangle formé par les points C, D et le projeté orthogonal de D sur l'axe (Ox), on a la relation trigonométrique :

$$\cos\alpha = \frac{\text{Côté adjacent}}{\text{Hypoténuse}} = \frac{x_D - x_C}{CD} = \frac{x_D - d}{CD}$$

On en déduit l'expression de CD :

$$CD = \frac{x_D - d}{\cos\alpha}$$

Application numérique :

$$CD = \frac{2\sqrt{3}-2}{\cos(30°)} = \frac{2(\sqrt{3}-1)}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{4(\sqrt{3}-1)}{\sqrt{3}} = 4 - \frac{4}{\sqrt{3}} \approx 4 - 2,31$$

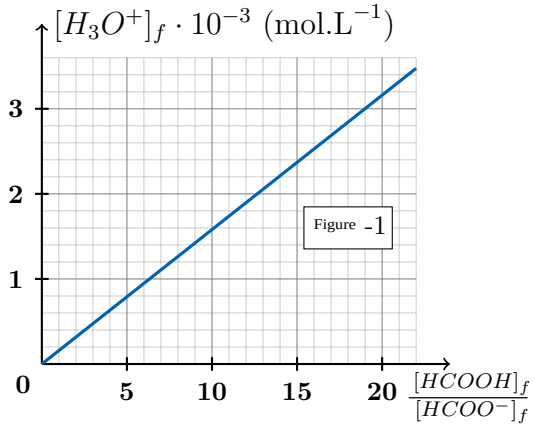
$$CD \approx 1,69\,\text{m}$$

Chimie

I. Étude de l'acide méthanoïque

L'acide méthanoïque $HCOOH$ est un liquide de masse molaire $M = 46$ g.mol^{-1} et de masse volumique $\rho = 1,22$ g.ml^{-1}.
On prépare un volume $V = 100$ ml d'une solution (S_1) d'acide méthanoïque de concentration molaire : $C = 5 \cdot 10^{-2}$ mol.L^{-1} en dissolvant une masse m dans l'eau.

1. Calculer la masse m.
2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide $HCOOH$ avec l'eau.
3. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.
4. Exprimer K la constante d'équilibre de la réaction en fonction de : C et τ avec τ le taux d'avancement final de la réaction.
5. La courbe ci-contre représente les variations de $[H_3O^+]$ en fonction du rapport : $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$ pour des solutions différentes d'acide méthanoïque.



   5-1. Déterminer graphiquement la valeur de la constante d'équilibre et vérifier que la valeur de pK_A du couple $HCOOH/HCOO^-$ est $pK_A \simeq 3,8$.

   5-2. Calculer la valeur de τ.

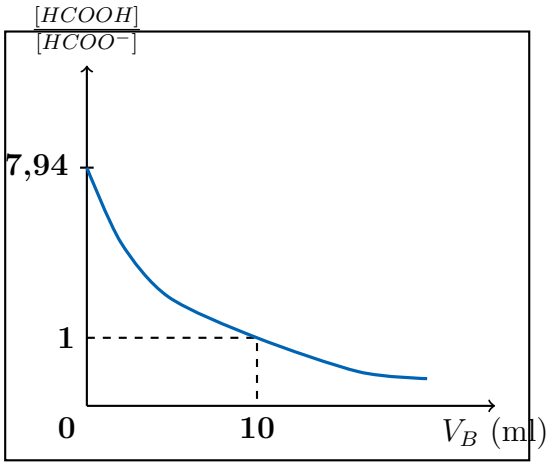
6. On ajoute au volume V de la solution (S_1) un volume $v = 0,1$ ml d'acide méthanoïque pur. On obtient une solution (S').

   6-1. Déterminer la concentration molaire C' de la solution (S') en fonction de : C, V, v, ρ, M et τ. Puis calculer C'. (On néglige v devant V)

6-2. Sachant que la valeur de pH de la solution (S') est $pH' = 2,46$. Déterminer la valeur de τ', le taux d'avancement final de l'acide $HCOOH$ dans la solution (S').

II. Dosage de l'acide méthanoïque

On dose un volume $V_A = 20$ ml de la solution (S_A) d'acide méthanoïque de concentration C_A par une solution (S_B) d'hydroxyde de sodium $(Na^+ + HO^-)$ de concentration C_B. La courbe ci-dessous représente l'évolution du rapport : $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$ en fonction de volume V_B versé pour $V_B < V_{BE}$ avec V_{BE} le volume versé à l'équivalence.



7. Déterminer la valeur du pH de la solution (S_A).
8. Vérifier que la valeur C_A de la concentration de solution (S_A) est $C_A = 10^{-2}$ mol/l.
9. Calculer le rapport : $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$ lorsqu'on verse le volume $V_B = \frac{V_{BE}}{2}$. Puis en déduire la valeur de : V_{BE} et C_B.
10. Montrer que l'expression de pH du mélange lorsque le volume d'hydroxyde de sodium de volume versé est $V_B = 2V_{BE}$ s'écrit :

$$PH = pK_e + \log\left(\frac{C_B}{3}\right)$$

Étude de la pile Daniell

On réalise la pile Daniell en utilisant le matériel et les produits suivants :

* Un bécher contenant une solution aqueuse de sulfate de zinc $(\boldsymbol{Zn^{2+} + SO_4^{2-}})$ de concentration molaire $\boldsymbol{C_1 = 0,1}$ mol $\cdot$ L$^{\mathbf{-1}}$
* Un bécher contenant une solution aqueuse de sulfate de cuivre $(\boldsymbol{Cu^{2+} + SO_4^{2-}})$ de concentration molaire $\boldsymbol{C_2 = 0,1}$ mol $\cdot$ L$^{\mathbf{-1}}$
* Une lame de zinc
* Une lame de cuivre
* Un pont salin
* Le volume de chaque solution est $\boldsymbol{V = 200}$ mL.

Données :

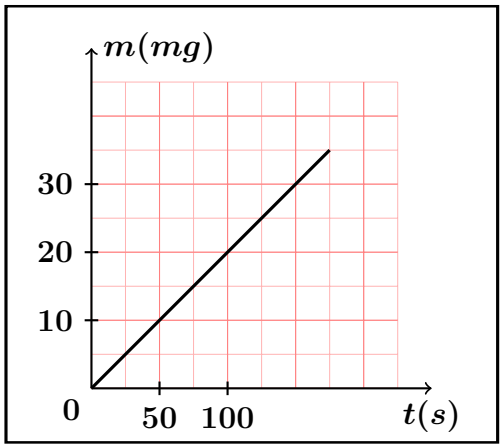
- $\boldsymbol{1F = 96500}$ C $\cdot$ mol^{-1} ; masse molaire de Cu : $\boldsymbol{M(Cu) = 63,5}$ g $\cdot$ mol^{-1}
- $\boldsymbol{M(Zn) = 65,4}$ g $\cdot$ mol^{-1}
- La constante d'équilibre associée à l'équation :

$$\boldsymbol{Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}} \quad \text{et} \quad \boldsymbol{K = 1,9 \cdot 10^{37}}$$

On relie les électrodes de la pile à un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre qui indique le passage d'un courant électrique d'intensité constante $\boldsymbol{I}$ dans le circuit.

1. Calculer la valeur du quotient de réaction $\boldsymbol{Q_{r,i}}$ à l'état initial du système.
2. En déduire le sens d'évolution spontanée du système chimique.
3. Écrire l'équation de la réaction à chaque électrode.
4. La pile fonctionne pendant une durée $\boldsymbol{\Delta t = t - t_0}$ ($\boldsymbol{t_0 = 0}$). La courbe ci-dessous représente la variation de la masse $\boldsymbol{m}$ du cuivre déposé en fonction du temps.

   En exploitant la courbe, déterminer la valeur de l'intensité du courant électrique qui passe dans le circuit.



5. Soit $\boldsymbol{t_1}$ l'instant où la concentration molaire effective des ions $\boldsymbol{Cu^{2+}}$ devienne : $\boldsymbol{[Cu^{2+}] = 9,76 \cdot 10^{-2}}$ mol/L.

   5-1. Calculer à l'instant $\boldsymbol{t_1}$ la variation de la masse du métal formée.

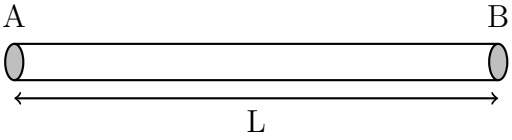
   5-2. Déduire la valeur de $\boldsymbol{t_1}$.

Physique 1

Ondes mécaniques

Un tube cylindrique en acier est situé au fond de la mer, il est fermé et rempli d'air. Un plongeur sous marin crée à l'extrémité A du tube, à l'aide d'un marteau, une onde sonore à un instant considéré comme origine des temps ($t = 0$). A l'autre extrémité B du tube, un deuxième plongeur entend, à l'aide d'un microphone très sensible, l'onde sonore provenant de l'extrémité A.

Données : célérité du son dans l'air : $\boldsymbol{v_a = 340}$ m.s^{-1} ; dans l'eau $\boldsymbol{v_{eau} = 1500}$ m.s^{-1} et dans l'acier $\boldsymbol{v_{acier} = 5000}$ m.s^{-1} .



Q1. Le deuxième plongeur entend à l'extrémité B :

A	un seul son B deux sons	C	trois sons D rien

Q2. La longueur du tube est $L = 90$ m, la durée séparant le premier son entendu à l'extrémité B et le deuxième est :

A	$\Delta t \approx 30$ ms B $\Delta t \approx 42$ ms	C	$\Delta t \approx 205$ ms D $\Delta t \approx 247$ ms

Q3. On crée une onde sonore sinusoïdale à l'extrémité A, à l'aide d'un vibreur de fréquence 680 Hz, la distance entre deux couches d'air successives vibrant en phase est :

A	$d = 2$ m B $d = 1$ m	C	$d = 50$ cm D $d = 40$ cm

Une explosion s'est produite à une hauteur $\boldsymbol{h_a = 1020}$ m de la surface de la mer, Un bateau sous-marin se trouve en dessous du point d'explosion à une profondeur $\boldsymbol{h_e}$ de la surface de la mer. Le bateau sous-marin reçoit le signal sonore dû à cette explosion après une durée $\boldsymbol{\Delta t = 3,25}$ s (on néglige le phénomène d'atténuation) :
Données : la célérité du son dans l'air est $\boldsymbol{v_a = 340}$ m.s^{-1} et sa célérité dans l'eau est $\boldsymbol{v_e = 1500}$ m.s^{-1} ; $\boldsymbol{1020 = 3 \times 340}$.

Q4. L'intervalle des longueurs d'onde des ondes sonores audibles par l'homme dans l'air est :

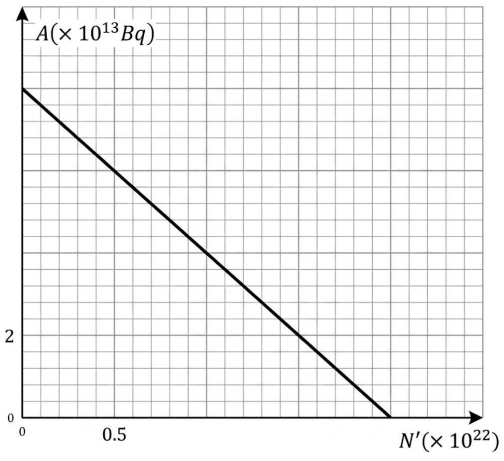
A	$\lambda < 17$m B $1,7\text{cm} \leq \lambda \leq 17\text{m}$	C	$7,5$ cm $\leq \lambda \leq 75$ m D $\lambda > 75$ m

Q5: La valeur de la profondeur h_e où se trouve le bateau sou-marin vaut :

A	$h_e = 750$ m B $h_e = 375$ m	C	$h_e = 300$ m D $h_e = 100$ m

Physique nucléaire

La médecine nucléaire est devenue l'une des spécialités les plus importantes de notre époque. Elle est utilisée dans le diagnostic et le traitement des maladies. Parmi les techniques adoptées, on trouve la radiothérapie où le rayonnement nucléaire est utilisé pour détruire les tumeurs cancéreuses : la tumeur ou le tissu affecté est bombardé par le rayonnement émis par le Cobalt $\boldsymbol{^{60}_{27}Co}$. L'activité radioactive du $\boldsymbol{^{60}_{27}Co}$ s'explique par la transformation d'un neutron $\boldsymbol{^{1}_{0}n}$ en un proton $\boldsymbol{^{1}_{1}p}$.
La courbe de la figure 1 représente les variations de l'activité $\boldsymbol{A}$ d'un échantillon de Cobalt en fonction de $\boldsymbol{N'}$, le nombre de noyaux désintégrés au cours du temps.



Masse molaire atomique du Cobalt $M = 60$ g/mol et Constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}
Donnée : $\ln(4) = 1,4$

Question 1 : La nature de la réaction se produisant dans cette transformation nucléaire est :

A	chimique	**B**	spontanée	**C**	provoquée	**D**	autre réponse

Question 2 : Le noyau fils issu de cette transformation nucléaire est :

A	$_{28}Ni$	**B**	$_{26}Fe$	**C**	$_{30}Zn$	**D**	$_{31}Ga$

Question 3 : La relation théorique entre le nombre de noyaux désintégrés N' et l'activité radioactive A s'écrit sous la forme $A = k - \lambda N'$.

A	$k = \lambda N_0$	**B**	$k = N_0$	**C**	$k = \dfrac{\lambda}{N_0}$	**D**	$k = \dfrac{\lambda}{2N_0}$

Question 4 : La constante radioactive λ de l'échantillon de Cobalt est :

A	$\lambda = 8 \cdot 10^{-9}$ s^{-1}	**B**	$\lambda = 4 \cdot 10^{-9}$ s^{-1}	**C**	$\lambda = 2 \cdot 10^{-9}$ s^{-1}	**D**	$\lambda = 10^{-9}$ s^{-1}

Question 5 : Le nombre de noyaux initiaux N_0 dans l'échantillon de Cobalt et sa masse initiale m_0 sont :

A	$N_0 = 2 \cdot 10^{22} m_0 \simeq 2$ g	**B**	$N_0 = \frac{1}{2} \cdot 10^{22}$ $m_0 = 3$ g	**C**	$N_0 = \frac{1}{4} \cdot 10^{22} m_0 = 4$ g	**D**	$N_0 = \frac{1}{8} \cdot 10^{22}$ $m_0 = 5$ g

On considère que l'échantillon de Cobalt est inutilisable si le rapport atteint $\frac{N'}{N} = 3$, où N' est le nombre de noyaux désintégrés et N est le nombre de noyaux restants.

Question 6 : On peut exprimer le rapport $\frac{N'}{N}$ par la relation :

A	$\dfrac{N'}{N} = e^{-\lambda t}$	**B**	$\dfrac{N'}{N} = 1 - e^{-\lambda t}$	**C**	$\dfrac{N'}{N} = 1 - e^{\lambda t}$	**D**	$\dfrac{N'}{N} = e^{\lambda t} - 1$

Question 7 : La durée au bout de laquelle l'échantillon est considéré comme inutilisable est :

A	$t = 1,5 \cdot 10^8$ s	**B**	$t = 2,5 \cdot 10^8$ s	**C**	$t = 3,5 \cdot 10^8$ s	**D**	$t = 4,5 \cdot 10^8$ s

Électricité

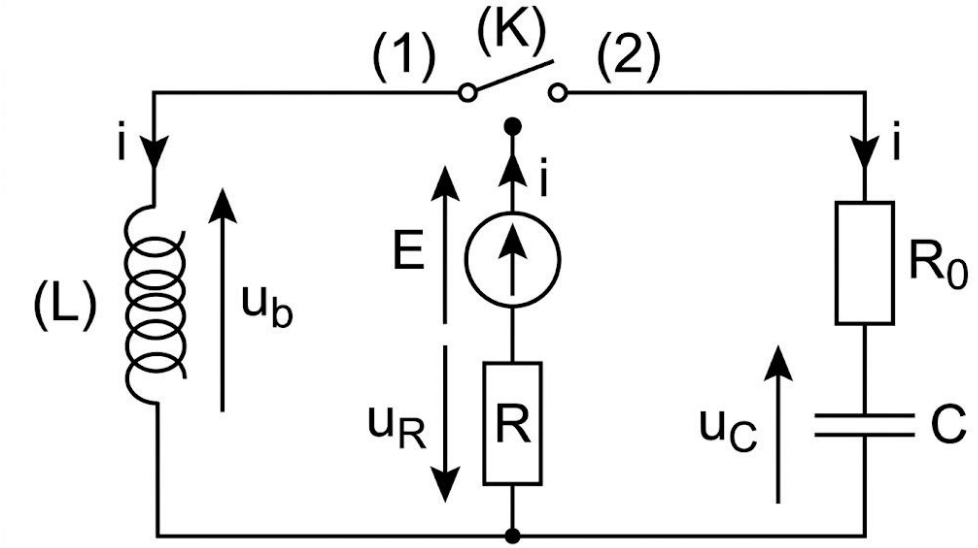
On réalise le montage expérimental représenté sur la figure – 1 – comprenant :

- Une bobine (b) d'inductance L et de résistance r négligeable.
- Deux conducteurs ohmiques de résistance $R = 100\,\Omega$ et R_0.
- Un condensateur de capacité C.
- Un générateur de tension (G) de force électromotrice E.
- Un interrupteur (K).

I Étude de Dipôle RL

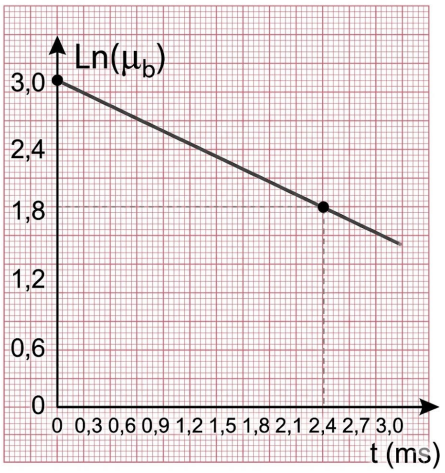
à $(t = 0)$ on bascule l'interrupteur K à la position (1)

1/ Établir l'équation Diff vérifiée par u_b la tension aux bornes de la bobine.



2/ La solution de l'équation Diff s'écrit sous la forme : $u_b(t) = Ke^{-t/\tau}$.
Déterminer l'expression des constantes K et τ.

3/ La figure ci-dessous représente les variations de $\ln(u_b)$ en fonction du temps.



Déterminer graphiquement la valeur de E et τ et en déduire la valeur de L.

4/ Déterminer la valeur d'énergie emmagasinée dans la bobine à l'instant $t_1 = 3ms$.

II Étude de Dipôle RC

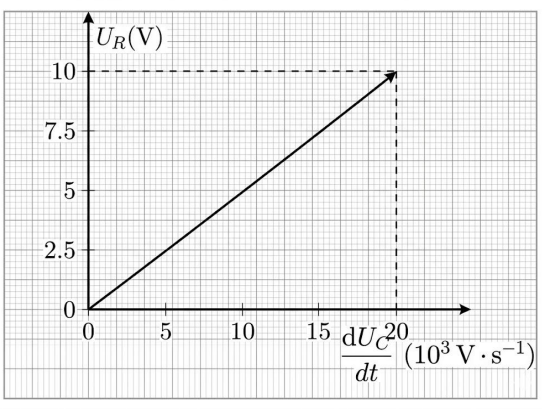
à un instant considéré comme nouvelle origine des dates ($t = 0$) on bascule le commutateur en position (2).

5/ Établir l'équation Diff vérifiée par u_R la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance R_0.

6/ La solution de l'équation Diff s'écrit sous la forme : $u_R(t) = U_{Rmax} \cdot e^{-t/\tau_0}$.
Établir l'expression des constantes : U_{Rmax} et τ_0.

7/ La courbe ci-dessous représente les variations de u_R en fonction de $\frac{du_C}{dt}$.

Déterminer la valeur de R_0 et C.

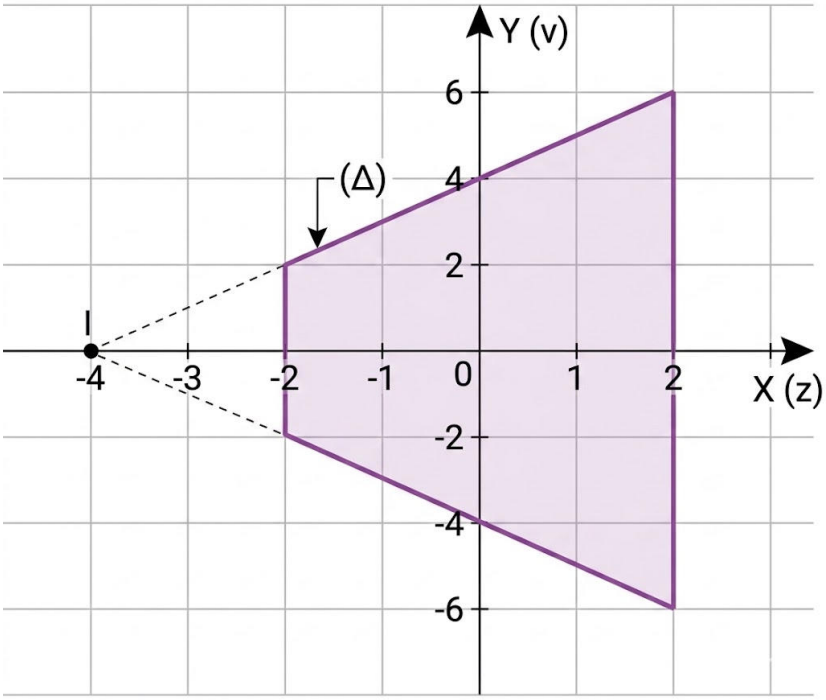


Partie III Modulation d'amplitude

On réalise la modulation d'amplitude en appliquant aux entrées E_1 et E_2 d'un multiplieur les tensions $u(t)$ et $p(t)$ telles que :

- $u(t) = U_0 + s(t) = U_0 + S_m \cos(2\pi f_S t)$
- $p(t) = P_m \cos(2\pi f_P t)$

À la sortie du multiplieur, on obtient la tension $u_S(t) = k \cdot u(t) \cdot p(t)$ où k est une constante caractéristique du circuit multiplieur.
$\boldsymbol{k = 0,1\, V^{-1}}$.
À l'aide d'un oscilloscope, on visualise la tension $u_S(t)$ sur la voie Y et la tension $s(t)$ sur la voie X. On obtient la courbe suivante :



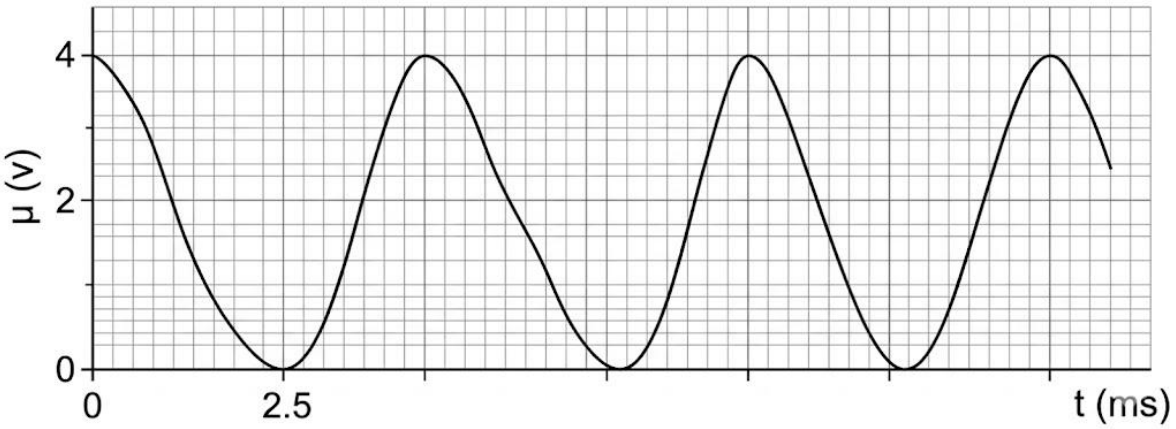
1/ Que représente la droite (Δ) ?

2/ Déterminer la valeur de S_m et U_0.

3/ En déduire m le taux de modulation.

4/ Déterminer la valeur de P_m l'amplitude de l'onde porteuse.

5/ On fait varier la valeur de U_0. La figure ci-dessous donne les variations de u en fonction du temps.



5-1/ Déterminer à nouveau la valeur de S_m et en déduire m le taux de modulation.

5-2/ Montrer que u_S s'écrit sous la forme :

$$u_S(t) = a\Big(1 + \cos(bt)\Big) \cdot \cos(ct)$$

En déterminant l'expression des constantes a, b et c.

5-3/ Sachant que $\boldsymbol{f_P = 20 f_S}$. Déterminer la valeur de : a, b et c.

5-4/ Si on visualise la tension $u_S(t)$ sur la voie Y et la tension $u(t)$ sur la voie X. Tracer l'allure de la courbe visualisée sur l'oscilloscope si en utilisant le mode (XY).

Mécanique

PartieI:Étude Projectile

On étudie un service au tennis, on considère la balle comme un point matériel ponctuel, on néglige la résistance de l'air et on prendra comme valeur de l'accélération de la pesanteur $g = 10\ \text{m.s}^{-2}$.

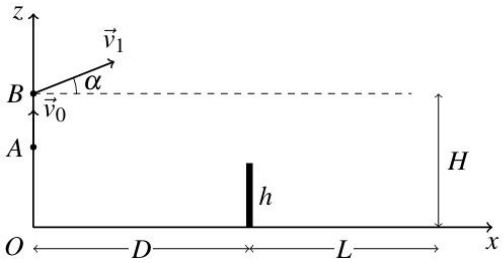


Figure 1

1) *Pour effectuer un service au tennis, le joueur commence par lancer la balle verticalement vers le haut à partir du point A situé à 1,6 m au-dessus du sol. La balle s'élève et atteint son altitude maximale B à 0,4 m au-dessus du point de lancement (Figure 1).*

Q1 : *Quelle est la vitesse initiale v_0 avec laquelle le joueur a lancé la balle à partir du point A ?*
La vitesse initiale v_0 avec laquelle le joueur a lancé la balle vaut :
Cocher la bonne réponse.

A) $4\sqrt{2}\ \text{m.s}^{-1}$	**B)** $2\sqrt{2}\ \text{m.s}^{-1}$	**C)** $5\sqrt{2}\ \text{m.s}^{-1}$	**D)** $3\sqrt{2}\ \text{m.s}^{-1}$

2) *Le joueur placé à une distance $D = 12$ m du filet frappe la balle avec sa raquette quand elle atteint son sommet maximal ; celle-ci part avec une vitesse $\vec{v}_1$.*
• *$\vec{v}_1$ est d'abord horizontale (l'angle $\alpha = 0$)*
Le joueur souhaite que la balle passe juste au-dessus du filet de hauteur $h = 1$ m.

Q2 : *Quelle est la valeur de la vitesse initiale v_1 pour que le service soit réussi comme le souhaite le joueur ?*
La valeur de la vitesse initiale v_1 pour que le service soit réussi comme le souhaite le joueur vaut :
Cocher la bonne réponse

A) $4\sqrt{5}\ \text{m.s}^{-1}$	**B)** $6\sqrt{5}\ \text{m.s}^{-1}$	**C)** $8\sqrt{5}\ \text{m.s}^{-1}$	**D)** $12\sqrt{5}\ \text{m.s}^{-1}$

• *$\vec{v}_1$ fait un angle α avec l'horizontale*
On suppose dans cette question que la valeur de la vitesse $v_1 = 20\ m.s^{-1}$.

Q3 : *Quelle est la plus grande valeur de l'angle α pour que l'adversaire placé à une distance $L = 8\ m$ derrière le filet reçoit la balle à la hauteur $H = 2,6\ m$?*
La plus grande valeur de l'angle α pour que l'adversaire placé à une distance $L = 8$ m derrière le filet reçoit la balle à la hauteur de $2,6$ m est plus proche de :
Cocher la bonne réponse

A) $\tan(\alpha) = 0,5$	**B)** $\tan(\alpha) = 1,5$	**C)** $\tan(\alpha) = 2,5$	**D)** $\tan(\alpha) = 3,5$

Supposons dans la question suivante que la valeur de $\alpha = 45°$ et celle de la vitesse $v_1 = 15\ m.s^{-1}$

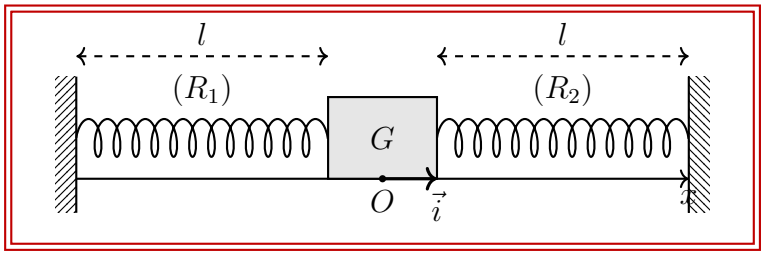
Q4 : *Si l'adversaire placé à $3\ m$ derrière le filet n'intervient pas pour intercepter la balle de tennis, à quelle distance du point O cette dernière touchera le sol ?*
La balle touchera le sol à la distance d du point O est plus proche de :
Cocher la bonne réponse :

A) $d = 22,50$ m	**B)** $d = 23,00$ m	**C)** $d = 23,50$ m	**D)** $d = 24,00$ m

PartieII:Étude d'un oscillateur mécanique

On pose un corps (C) de masse m sur un banc à coussin d'air horizontale et on fixe de part et d'autre deux ressorts identiques (R_1) et (R_2) de raideur K. On choisit un repère $(O, \vec{i})$ de façon que son origine O coïncide avec le centre d'inertie G du corps (C) à l'équilibre. Les deux ressorts ayant même longueur l_0 et même longueur l à l'équilibre de (C). on note $\Delta l_0 = \Delta l_0 = l - l_0$.

Barème

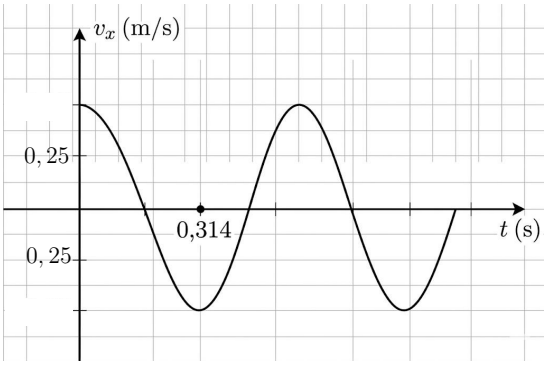


on écarte le corps (C) de sa position d'équilibre d'une distance x_m dans le sens positive et on l'abandonne sans vitesse initiale.

1/ En appliquant la $2^{\text{ème}}$ loi de N.W. Etablir l'équation Diff vérifiée par x l'abscisse de G centre d'inertie de (C).

2/ la solution de l'équation Diff s'écrit sous la forme $x(t) = x_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$.
Déterminer l'expression de T_0 en fonction de K et m.

3/ la courbe ci-dessous représente les variations de V_x la vitesse de (C) en fonction du temps.



Déterminer graphiquement la valeur de T_0 et φ puis vérifier que $\underline{\underline{x_m = 5cm}}$.

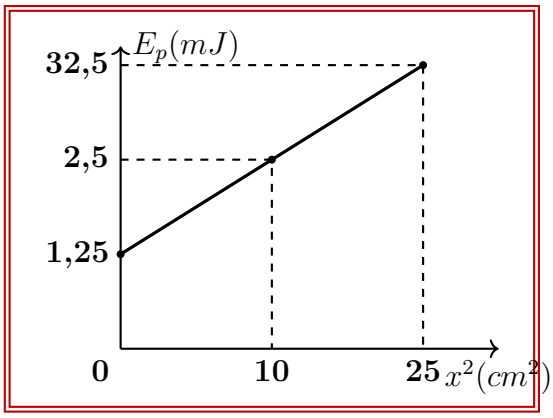
4/ Déterminer la norme de la vitesse de G pendant le passage de G par : $\underline{\underline{x_0 = 3cm}}$.

5/ on choisit comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur ($E_{pp} = 0$) le plan horizontale au quel appartient à G et comme référence de l'énergie potentielle élastique ($E_{pe} = 0$) l'état où le ressort est non déformé.
montrer que l'expression de l'énergie potentielle totale de l'oscillateur à un instant t s'écrit sous la forme :

$$\underline{\underline{E_p = E_{pp} + E_{pe} = Ax^2 + B}}$$

en précisant les expressions de A et B en fonctions des données de l'exercice.

6/ la courbe ci-dessous donne les variations de E_p en fonction du carré du x l'abscisse de G centre d'inertie du corps (C).



6-1/ Déterminer graphiquement la valeur de la raideur K et Δl_0 l'allongement de chaque ressort à l'équilibre. en déduire la masse m du corps (C).

6-2/ En se basant sur la courbe ci-dessous. Déterminer la vitesse du corps (C) pendant le passage de G par la position d'équilibre.

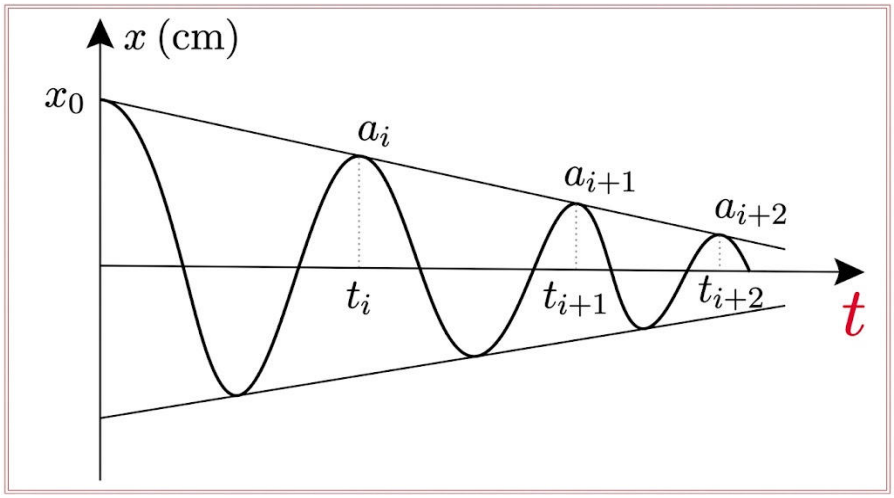
7/ soit $\vec{F}$ le vecteur résultant des forces appliquées au corps (C).

7-1/ Etablir l'expression de l'intensité de la force $\vec{F}$ en fonction du temps.

7-2/ montrer que $\boxed{\boldsymbol{t_k = \frac{(k+1)T_0}{2}}}$ $(k \in \mathbb{N})$ représente les instants t_k où l'intensité de la force $\vec{F}$ est nulle. Déterminer les abscisses de G dans ce cas.

7-3/ montrer que l'énergie cinétique de (C) est maximale à les instants t_k.

8/ à un instant t_1 considéré comme nouvelle origine des dates ($t_0 = 0$) on crée des frottement solide entre le corps (C) et le banc à coussin. on remarque que l'amplitude des oscillations diminue au cours du temps comme l'indique la figure.

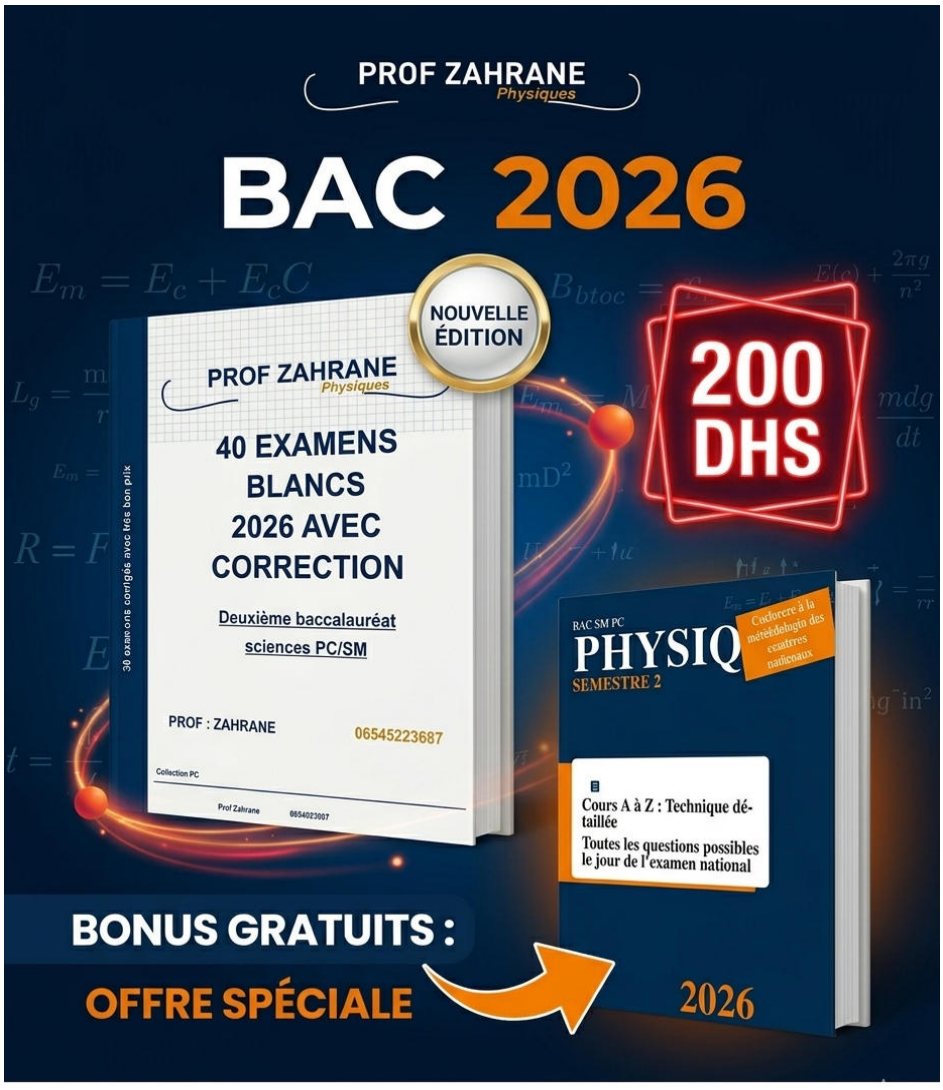


a_i représente l'amplitude correspond à x_i à l'instant t_i

8-1/ Exprimer la variation de l'énergie mécanique ΔE_m de l'oscillateur pendant la durée $\underline{\underline{\Delta t = t_{i+1} - t_i}}$ en fonction de $\underline{\underline{K}}$, $\underline{\underline{a_i}}$ et $\underline{\underline{a_{i+1}}}$

8-2/ on suppose que l'intensité f du frott est constante pendant la durée $\underline{\underline{\Delta t = t_{i+1} - t_i}}$ et que le corps (C) parcoure une distance $\underline{\underline{d = 2(a_i + a_{i+1})}}$.
exprimer l'intensité de la force f en fonction de K, a_i et a_{i+1}.

8-3/ Déterminer la valeur de l'intensité f sachant que l'amplitude des oscillations diminue par $\underline{\underline{0,5cm}}$ pendant chaque oscillation.



I. Étude de l'acide méthanoïque

1. Calcul de la masse m

La masse m à dissoudre pour obtenir une solution de volume $V = 100$ ml et de concentration $C = 5 \cdot 10^{-2}$ mol.L^{-1} se calcule via la formule :

$$m = C \cdot V \cdot M$$

Sachant que la masse molaire de l'acide méthanoïque est $M = 46$ g.mol^{-1} :

$$m = (5 \cdot 10^{-2}) \cdot (0,100) \cdot 46$$

$$\boxed{m = 0,23 \text{ g}}$$

2. Équation de la réaction

L'équation de la réaction de l'acide HCOOH avec l'eau s'écrit :

$$\mathbf{HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}}$$

3. Tableau d'avancement

Équation	$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$				
État	**Avanc.**	**Quantités de matière (mol)**			
Initial	0	$C \cdot V$	En excès	0	0
En cours	x	$C \cdot V - x$	En excès	x	x
Final	x_f	$C \cdot V - x_f$	En excès	x_f	x_f

4. Expression de la constante d'équilibre K

Par définition, $K = \frac{[HCOO^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[HCOOH]_f}$.

D'après le tableau d'avancement, on a : $[H_3O^+]_f = [HCOO^-]_f = \frac{x_f}{V} = C \cdot \tau$

Et $[HCOOH]_f = \frac{C \cdot V - x_f}{V} = C - C \cdot \tau = C(1 - \tau)$.

En remplaçant :

$$K = \frac{(C \cdot \tau) \cdot (C \cdot \tau)}{C(1 - \tau)}$$

$$\boxed{K = \frac{C \cdot \tau^2}{1 - \tau}}$$

5-1. Détermination graphique de K et vérification du pK_A

L'expression de la constante d'acidité est $K_A = \frac{[HCOO^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[HCOOH]_f}$, ce qui donne $[H_3O^+]_f = K_A \cdot \frac{[HCOOH]_f}{[HCOO^-]_f}$.

La courbe de la Figure -1 donne les variations de $[H_3O^+]_f \cdot 10^{-3}$ en fonction du rapport $\frac{[HCOOH]_f}{[HCOO^-]_f}$. C'est une droite linéaire dont le coefficient directeur correspond à K_A (et donc à K).

En choisissant le point $(20; 3,16 \cdot 10^{-3})$ sur le graphique :

$$K = K_A = \frac{3,16 \cdot 10^{-3}}{20} = 1,58 \cdot 10^{-4}$$

Vérification de la valeur du pK_A du couple HCOOH/HCOO- :

$$pK_A = -\log(K_A) = -\log(1,58 \cdot 10^{-4}) \simeq 3,8$$

$$K = 1,58 \cdot 10^{-4} \quad \textbf{et} \quad pK_A \simeq 3,8$$

5-2. Calcul de la valeur de τ pour la solution (S_1)

À partir de l'expression $K = \frac{C \cdot \tau^2}{1-\tau}$, on obtient l'équation du second degré :

$$C \cdot \tau^2 + K \cdot \tau - K = 0$$

Avec $C = 5 \cdot 10^{-2}$ mol.L^{-1} et $K = 1,58 \cdot 10^{-4}$:

$$5 \cdot 10^{-2} \cdot \tau^2 + 1,58 \cdot 10^{-4} \cdot \tau - 1,58 \cdot 10^{-4} = 0$$

La résolution (seule la solution positive est retenue) donne :

$$\tau \approx 0,0546 \textbf{ soit } 5,46\%$$

6-1. Concentration C' de la solution (S')

On ajoute un volume $v = 0,1$ ml d'acide méthanoïque pur. La quantité de matière ajoutée est $n_{ajout} = \frac{\rho \cdot v}{M}$. La quantité de matière totale est $n_{tot} = C \cdot V + \frac{\rho \cdot v}{M}$. Puisqu'on néglige v devant V, le volume total reste V. La nouvelle concentration C' est :

$$C' = C + \frac{\rho \cdot v}{M \cdot V}$$

Application numérique (avec $\rho = 1,22$ g.ml^{-1} $= 1220$ g.L^{-1} et $v = 10^{-4}$ L) :

$$C' = 5 \cdot 10^{-2} + \frac{1220 \cdot 10^{-4}}{46 \cdot 0,100} = 0,05 + 0,0265$$

$$C' = 7,65 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

6-2. Taux d'avancement final τ' de la solution (S')

Sachant que le pH' de la solution est $2,46$, la concentration finale en ions oxonium est :

$$[H_3O^+]'_f = 10^{-pH'} = 10^{-2,46} \approx 3,47 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Le taux d'avancement final s'exprime par :

$$\tau' = \frac{[H_3O^+]'_f}{C'} = \frac{3,47 \cdot 10^{-3}}{7,65 \cdot 10^{-2}} \approx 0,0453$$

$$\tau' \approx 4,53\%$$

II. Dosage de l'acide méthanoïque

7. Détermination du pH de la solution (S_A)

D'après l'expression du pK_A : $pH = pK_A + \log\left(\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\right) = pK_A - \log\left(\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}\right)$.

Graphiquement, pour le volume versé $V_B = 0$ mL (solution S_A seule), on lit le rapport $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = 7,94$.

On sait que $pK_A = 3,8$. Donc :

$$pH = 3,8 - \log(7,94) \approx 3,8 - 0,9$$

$$pH = 2,9$$

8. Vérification de la concentration C_A

Dans l'état initial, la conservation de la matière donne $C_A = [HCOOH] + [HCOO^-]$.

Or, l'équation de dissolution avec l'eau implique que $[HCOO^-] \approx [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,9}$ mol/L.

Puisque le rapport $\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = 7,94$, on en déduit : $[HCOOH] = 7,94 \cdot [HCOO^-]$.

$$C_A = 7,94 \cdot 10^{-2,9} + 10^{-2,9} = 8,94 \cdot 10^{-2,9} \approx 8,94 \cdot 1,26 \cdot 10^{-3}$$

$$C_A \approx 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} \simeq 10^{-2} \text{ mol/L}$$

9. Volume à la demi-équivalence et calcul de V_{BE}

Lorsqu'on verse un volume $V_B = \frac{V_{BE}}{2}$ (à la demi-équivalence), le pH du mé-

lange est égal au pK_A.
Par conséquent, $[\text{HCOOH}] = [\text{HCOO}^-]$, ce qui signifie que :

$$\frac{[\text{HCOOH}]}{[\text{HCOO}^-]} = 1$$

D'après la courbe, le rapport est égal à 1 pour un volume versé de 10 mL.
On en déduit donc $\frac{V_{BE}}{2} = 10$ mL, soit :

$$V_{BE} = 20 \textbf{ mL}$$

(Remarque : Puisque $V_A = 20$ mL et $V_{BE} = 20$ mL, la relation d'équivalence $C_A V_A = C_B V_{BE}$ confirme que $C_B = C_A = 10^{-2}$ mol/L).

10. Expression du pH pour $V_B = 2V_{BE}$
Pour $V_B = 2V_{BE}$, on a dépassé l'équivalence. Les ions hydroxyde HO^- sont en excès.
Quantité de matière d'ions HO^- ajoutée : $n_{\text{ajouté}} = C_B \cdot V_B = C_B(2V_{BE})$.
Quantité de matière d'ions HO^- réagie : $n_{\text{réagie}} = C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$.
Quantité d'ions HO^- restante : $n_{\text{restante}} = 2C_B V_{BE} - C_B V_{BE} = C_B \cdot V_{BE}$.
Le volume total du mélange est $V_{\text{tot}} = V_A + V_B$. Sachant que $V_A = V_{BE}$, on a $V_{\text{tot}} = V_{BE} + 2V_{BE} = 3V_{BE}$.
La concentration en ions hydroxyde est alors :

$$[\text{HO}^-] = \frac{n_{\text{restante}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{3V_{BE}} = \frac{C_B}{3}$$

En utilisant le produit ionique de l'eau $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HO}^-]$, on obtient :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_e}{[\text{HO}^-]} = \frac{3 \cdot K_e}{C_B}$$

$$pH = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) = -\log\left(\frac{3 \cdot K_e}{C_B}\right) = -\log(K_e) - \log\left(\frac{3}{C_B}\right)$$

$$pH = pK_e + \log\left(\frac{C_B}{3}\right)$$

Étude de la pile Daniell

1. Calcul du quotient de réaction $Q_{r,i}$

L'équation de la réaction est : $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$.

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{0,1}{0,1}$$

$$Q_{r,i} = 1$$

2. Sens d'évolution spontanée

On compare $Q_{r,i}$ à la constante d'équilibre $K = 1,9 \cdot 10^{37}$. Puisque $Q_{r,i} < K$, le système évolue spontanément dans le **sens direct (1)**, c'est-à-dire le sens de la formation des ions Zn^{2+} et du métal cuivre Cu.

3. Équations aux électrodes

- À l'anode (oxydation du zinc) : $\mathbf{Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-}$
- À la cathode (réduction du cuivre) : $\mathbf{Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}}$

4. Valeur de l'intensité du courant électrique I

D'après la courbe, la masse $m(t)$ est une droite linéaire passant par l'origine.
On relève un point : $m = 20$ mg $= 20 \cdot 10^{-3}$ g à $t = 100$ s.
La quantité d'électrons échangés est $n(e^-) = 2 \cdot n(\text{Cu}) = 2 \cdot \frac{m}{M(\text{Cu})}$.
La quantité d'électricité est $Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$, d'où :

$$I = \frac{n(e^-) \cdot F}{\Delta t} = \frac{2 \cdot m \cdot F}{M(\text{Cu}) \cdot \Delta t}$$

$$I = \frac{2 \cdot (20 \cdot 10^{-3}) \cdot 96500}{63,5 \cdot 100} = \frac{3860}{6350}$$

$$I \approx 0,608 \text{ A} \quad (\textbf{soit } 608 \textbf{ mA})$$

5-1. Variation de la masse du métal formée à t_1

La concentration en ions Cu^{2+} passe de $0,1$ mol/L à $0,0976$ mol/L. La variation de quantité de matière des ions Cu^{2+} ayant réagi est :

$$n_r(Cu^{2+}) = \Delta[Cu^{2+}] \cdot V = (0,1 - 0,0976) \cdot 0,2 = 0,0024 \cdot 0,2 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

D'après l'équation, la quantité de cuivre formée est égale à celle des ions réagis : $n(\text{Cu})_{\text{formé}} = n_r(Cu^{2+})$. La masse formée est :

$$\Delta m = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot 63,5 = 0,03048 \text{ g}$$

$$\Delta m = 30,48 \text{ mg}$$

5-2. Valeur de t_1

On utilise l'expression de proportionnalité tirée de la courbe : $m = a \cdot t$ avec $a = \frac{20}{100} = 0,2$ mg/s.

$$t_1 = \frac{\Delta m}{0,2} = \frac{30,48}{0,2}$$

$$t_1 = 152,4 \text{ s}$$

Ondes mécaniques

Q1. Nombre de sons entendus

L'onde sonore créée à l'extrémité A se propage dans les trois milieux disponibles : l'acier du tube, l'air à l'intérieur du tube, et l'eau de mer à l'extérieur. Le plongeur B entendra donc **trois sons** successifs (les vitesses de propagation étant différentes).

Réponse C : trois sons

Q2. Durée séparant le premier et le deuxième son

Le premier son arrive par le milieu le plus rapide (l'acier) et le deuxième par l'eau.

$$t_1 = \frac{L}{v_{acier}} = \frac{90}{5000} = 0,018 \text{ s} = 18 \text{ ms}$$

$$t_2 = \frac{L}{v_{eau}} = \frac{90}{1500} = 0,060 \text{ s} = 60 \text{ ms}$$

La différence de temps est : $\Delta t = t_2 - t_1 = 60 - 18 = 42$ ms.

Réponse B : $\Delta t \approx 42$ ms

Q3. Distance entre deux couches d'air vibrant en phase

Deux couches d'air successives vibrant en phase sont séparées par une longueur d'onde λ.

$$d = \lambda = \frac{v_a}{f} = \frac{340}{680} = 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

Réponse C : $d = 50$ cm

Q4. Intervalle des longueurs d'onde audibles

Les fréquences audibles sont comprises entre 20 Hz et 20000 Hz.

$$\lambda_{max} = \frac{340}{20} = 17 \text{ m} \quad \text{et} \quad \lambda_{min} = \frac{340}{20000} = 0,017 \text{ m} = 1,7 \text{ cm}$$

Réponse B : $1,7$ cm $\leq \lambda \leq 17$ m

Q5. Profondeur h_e du bateau sous-marin

La durée totale de propagation est la somme de la durée dans l'air et de la durée dans l'eau : $\Delta t = t_a + t_e$.

$$t_a = \frac{h_a}{v_a} = \frac{1020}{340} = 3 \text{ s}$$

$$t_e = \Delta t - t_a = 3,25 - 3 = 0,25 \text{ s}$$

La profondeur est donc : $h_e = v_e \times t_e = 1500 \times 0,25 = 375$ m.

Réponse B : $h_e = 375$ m

Physique nucléaire

Q1. Nature de la réaction

La désintégration radioactive est un phénomène aléatoire, inéluctable et **spontané**.

Réponse B : spontanée

Q2. Noyau fils issu de la transformation

La transformation d'un neutron en proton libère un électron (β^-). Le numéro atomique Z augmente de 1 ($27 \rightarrow 28$), la masse A reste la même (60). L'élément avec $Z = 28$ est le Nickel (Ni).

Réponse A : $^{60}_{28}$Ni

Q3. Expression de la constante k

On sait que l'activité est $A = \lambda N$. Le nombre de noyaux restants est $N = N_0 - N'$.

$$A = \lambda(N_0 - N') = \lambda N_0 - \lambda N'$$

En identifiant avec $A = k - \lambda N'$, on obtient $k = \lambda N_0$.

Réponse A : $k = \lambda N_0$

Q4 & Q5. Constante radioactive λ et État initial

D'après l'équation $A = \lambda N_0 - \lambda N'$, la droite a pour ordonnée à l'origine $A_0 = \lambda N_0$ et pour coefficient directeur $-\lambda$. L'abscisse à l'origine (lorsque $A = 0$)

correspond à $N' = N_0$. Graphiquement, l'abscisse à l'origine est $N_0 = 2 \cdot 10^{22}$ noyaux. L'ordonnée à l'origine est $A_0 = 8 \cdot 10^{13}$ Bq.

$$\lambda = \frac{A_0}{N_0} = \frac{8 \cdot 10^{13}}{2 \cdot 10^{22}} = 4 \cdot 10^{-9}\ \text{s}^{-1}$$

La masse initiale est $m_0 = \frac{N_0 \cdot M}{N_A} = \frac{2 \cdot 10^{22} \cdot 60}{6{,}02 \cdot 10^{23}} \approx 1,99\ \text{g} \simeq 2\ \text{g}$.

Q4 - Réponse B : $\lambda = 4 \cdot 10^{-9}$ s^{-1}

Q5 - Réponse A : $N_0 = 2 \cdot 10^{22}$ et $m_0 \simeq 2$ g

Q6. Expression du rapport $\frac{N'}{N}$

$$N' = N_0 - N \implies \frac{N'}{N} = \frac{N_0 - N}{N} = \frac{N_0}{N} - 1$$

Puisque $N = N_0 e^{-\lambda t}$, alors $\frac{N_0}{N} = e^{\lambda t}$.

$$\frac{N'}{N} = e^{\lambda t} - 1$$

Réponse D : $\frac{N'}{N} = e^{\lambda t} - 1$

Q7. Calcul de la durée d'utilisation

On cherche t tel que $\frac{N'}{N} = 3$.

$$e^{\lambda t} - 1 = 3 \implies e^{\lambda t} = 4 \implies \lambda t = \ln(4)$$

$$t = \frac{\ln(4)}{\lambda} = \frac{1,4}{4 \cdot 10^{-9}} = 0,35 \cdot 10^{9} = 3,5 \cdot 10^{8}\ \text{s}$$

Réponse C : $t = 3,5 \cdot 10^8$ s

Partie I : Étude du Dipôle RL

1. Équation différentielle vérifiée par u_b

D'après la loi d'additivité des tensions, en position (1) : $E = u_R + u_b$. Or, $u_R = R \cdot i \implies i = \frac{E - u_b}{R}$. La tension aux bornes de la bobine idéale ($r = 0$) est $u_b = L \cdot \frac{di}{dt}$. En remplaçant i par son expression :

$$u_b = L \cdot \frac{d}{dt}\left(\frac{E - u_b}{R}\right) = -\frac{L}{R} \cdot \frac{du_b}{dt}$$

$$u_b + \frac{L}{R} \cdot \frac{du_b}{dt} = 0$$

2. Expressions des constantes K et τ

La solution est $u_b(t) = K \cdot e^{-t/\tau}$, sa dérivée est $\frac{du_b}{dt} = -\frac{K}{\tau}e^{-t/\tau}$. En remplaçant dans l'équation différentielle :

$$K \cdot e^{-t/\tau} - \frac{L}{R} \cdot \frac{K}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} = 0 \implies K \cdot e^{-t/\tau}\left(1 - \frac{L}{R \cdot \tau}\right) = 0$$

Ceci est vrai à tout instant, donc $\tau = \frac{L}{R}$.

À $t = 0$, le courant est nul $i(0) = 0 \implies u_R(0) = 0$. Donc $u_b(0) = E$. En utilisant la solution : $u_b(0) = K \cdot e^0 = K$. D'où $K = E$.

3. Valeurs de E, r (ici R) et L

On a $u_b(t) = E \cdot e^{-t/\tau} \implies \ln(u_b) = \ln(E) - \frac{t}{\tau}$. C'est une droite affine d'ordonnée à l'origine $\ln(E)$ et de pente $-\frac{1}{\tau}$. D'après le graphe, à $t = 0$, $\ln(u_b) = 3,0 \implies \ln(E) = 3,0$.

$$E = e^3 \approx 20,08 \text{ V (on prendra } E = 20 \text{ V pour la simplicité)}$$

La pente $a = \frac{1,8-3,0}{2,4\cdot10^{-3}-0} = -500 \text{ s}^{-1}$.

$$-\frac{1}{\tau} = -500 \implies \tau = 0,002 \text{ s} = 2 \text{ ms}$$

On en déduit l'inductance $L = \tau \cdot R = 0,002 \times 100$.

$$E \approx 20 \textbf{ V} \quad ; \quad \tau = 2 \textbf{ ms} \quad ; \quad L = 0,2 \textbf{ H}$$

4. Énergie emmagasinée à $t_1 = 3$ ms

L'expression de l'intensité est $i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$.

$$i(3\text{ms}) = \frac{20}{100}(1 - e^{-3/2}) \approx 0,2 \cdot (1 - 0,223) \approx 0,155 \text{ A}$$

L'énergie magnétique est $E_m = \frac{1}{2}L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot (0,155)^2$.

$$E_m \approx 2,40 \cdot 10^{-3} \textbf{ J} = 2,40 \textbf{ mJ}$$

Partie II : Étude du Dipôle RC

5. Équation différentielle vérifiée par u_{R0}

En position (2), la loi des mailles donne : $E = u_R + u_C + u_{R0} = R \cdot i + u_C + R_0 \cdot i = (R + R_0)i + u_C$. En dérivant par rapport au temps : $0 = (R + R_0)\frac{di}{dt} + \frac{du_C}{dt}$. Or $i = \frac{u_{R0}}{R_0} \implies \frac{di}{dt} = \frac{1}{R_0}\frac{du_{R0}}{dt}$ et $\frac{du_C}{dt} = \frac{i}{C} = \frac{u_{R0}}{R_0 \cdot C}$.

$$\frac{du_{R0}}{dt} + \frac{1}{(R+R_0)C} \cdot u_{R0} = 0$$

6. Expressions des constantes U_{Rmax} et τ_0

L'équation caractéristique donne la constante de temps :

$$\tau_0 = (R + R_0)C$$

À $t = 0$, le condensateur est déchargé ($u_C(0) = 0$), donc $E = u_R(0) + u_{R0}(0) = (R + R_0)i(0)$. Le courant initial est $i(0) = \frac{E}{R+R_0}$.

$$U_{Rmax} = u_{R0}(0) = R_0 \cdot i(0) = E \cdot \frac{R_0}{R+R_0}$$

7. Détermination de R_0 et C

La figure montre $u_R = f(\frac{du_C}{dt})$. On sait que $u_R = R \cdot i = R \cdot C\frac{du_C}{dt}$. La pente de la droite est donc $k = R \cdot C$. Graphiquement, $k = \frac{10}{20 \cdot 10^3} = 5 \cdot 10^{-4}$ s.

$$C = \frac{k}{R} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{100} = 5 \cdot 10^{-6}\ \text{F} \implies C = 5\mu\text{F}$$

Sur le graphe, la valeur maximale de u_R (à $t = 0$) est 10 V. On a $u_R(0) = 10$ V $\implies i(0) = \frac{10}{100} = 0,1$ A. Puisque $E = 20$ V et $E = (R + R_0)i(0) \implies 20 = (100 + R_0) \times 0,1 \implies 100 + R_0 = 200$.

$$R_0 = 100\ \Omega$$

Partie III : Modulation d'amplitude

1. Signification de la droite (Δ)

Dans le mode (XY), la droite (Δ) représente la **crête de l'enveloppe supérieure** de la tension modulée, traduisant la variation linéaire de l'amplitude $U_m(t)$ en fonction de la tension modulante $s(t)$.

2. Détermination de S_m et U_0

L'abscisse X correspond à $s(t)$. La valeur maximale sur l'axe X est 2 V. Donc $S_m = 2$ **V**. L'enveloppe supérieure a pour équation $Y_{max} = kP_m(U_0 + S_m) = 6$ V et $Y_{min} = kP_m(U_0 - S_m) = 2$ V. Le rapport donne : $\frac{U_0+2}{U_0-2} = \frac{6}{2} = 3 \implies U_0 + 2 = 3U_0 - 6 \implies 2U_0 = 8$.

$$U_0 = 4 \text{ V}$$

3. Taux de modulation m

$$m = \frac{S_m}{U_0} = \frac{2}{4} \implies m = 0,5$$

4. Amplitude de la porteuse P_m

$$k \cdot P_m \cdot (U_0 + S_m) = 6 \implies 0,1 \cdot P_m \cdot (4+2) = 6 \implies 0,6 \cdot P_m = 6$$

$$P_m = 10 \text{ V}$$

5-1. Nouvelles valeurs de S_m **et** m

Le nouveau graphe montre $u(t) = U_0 + s(t)$ variant entre 0 et 4 V. $U_{max} = U_0 + S_m = 4$ et $U_{min} = U_0 - S_m = 0$. On en déduit $U_0 = 2$ **V** **et** $S_m = 2$ **V**. Le taux de modulation est $m = \frac{2}{2} = 1$. $m = 1$ (Modulation critique).

5-2. Expression de $u_S(t)$

$u_S(t) = k(U_0 + S_m \cos(2\pi f_S t))P_m \cos(2\pi f_P t)$. Puisque $S_m = U_0$: $u_S(t) = (kU_0P_m) \cdot (1 + \cos(2\pi f_S t)) \cdot \cos(2\pi f_P t)$. Par identification : $a = kU_0P_m \quad ; \quad b = 2\pi f_S \quad ; \quad c = 2\pi f_P$.

5-3. Valeurs de a, b, c

La période du signal modulant lue sur le graphe est $T_S = 2,5$ ms, d'où $f_S = 400$ Hz. Et $f_P = 20 \times 400 = 8000$ Hz.

$$a = 0,1 \times 2 \times 10 = 2 \text{ V}$$

$$b = 2\pi \times 400 = 800\pi \text{ rad.s}^{-1}$$

$$c = 2\pi \times 8000 = 16000\pi \text{ rad.s}^{-1}$$

Mécanique - Partie I : Étude Projectile

Q1.

$$\vec{a} = -g\vec{k}$$

$$v_z(t) = -g \cdot t + v_0$$
$$z(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + v_0 \cdot t + z_A$$

$$v_z(t_B) = 0$$
$$-g \cdot t_B + v_0 = 0$$
$$t_B = \frac{v_0}{g}$$

$$z(t_B) = z_B$$
$$-\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2 + v_0\left(\frac{v_0}{g}\right) + z_A = z_B$$
$$-\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} = z_B - z_A$$
$$\frac{v_0^2}{2g} = z_B - z_A$$
$$v_0^2 = 2g(z_B - z_A)$$
$$v_0 = \sqrt{2g(z_B - z_A)}$$

$$v_0 = \sqrt{2 \times 10 \times (2,0 - 1,6)}$$
$$v_0 = \sqrt{20 \times 0,4}$$
$$v_0 = \sqrt{8}$$

$$v_0 = 2\sqrt{2}\ \mathbf{m.s^{-1}}$$

Q2. Vitesse initiale v_1 (tir horizontal)

Le joueur frappe la balle en B ($z_0 = 2,0$ m) avec une vitesse horizontale ($\alpha = 0°$). Les équations horaires sont : $x(t) = v_1 t$ et $z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + z_B$. En éliminant t, l'équation de la trajectoire est : $z(x) = -\frac{g}{2v_1^2}x^2 + z_B$. La balle doit passer juste au-dessus du filet, soit $z = h = 1$ m pour $x = D = 12$ m.

$$1 = -\frac{10}{2v_1^2}(12)^2 + 2 \implies -1 = -\frac{5 \cdot 144}{v_1^2} \implies 1 = \frac{720}{v_1^2}$$

$$v_1^2 = 720 \implies v_1 = \sqrt{144 \cdot 5} = 12\sqrt{5}\ \text{m.s}^{-1}$$

Réponse D : $12\sqrt{5}$ m.s^{-1}

Q3. Plus grande valeur de l'angle α

La balle est lancée avec un angle α et $v_1 = 20$ m.s^{-1}. L'équation de la trajectoire devient :

$$z(x) = -\frac{g}{2v_1^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha + z_B = -\frac{gx^2}{2v_1^2}(1 + \tan^2\alpha) + x\tan\alpha + z_B$$

L'adversaire est placé à $L = 8$ m derrière le filet, donc $x = D + L = 12 + 8 = 20$ m. Il reçoit la balle à la hauteur $z = H = 2,6$ m. On remplace dans l'équation :

$$2,6 = -\frac{10 \cdot (20)^2}{2 \cdot (20)^2}(1 + \tan^2\alpha) + 20\tan\alpha + 2$$

$$2,6 = -5(1 + \tan^2\alpha) + 20\tan\alpha + 2 \implies 5\tan^2\alpha - 20\tan\alpha + 5,6 = 0$$

En résolvant cette équation du second degré (avec $X = \tan\alpha$), on obtient deux solutions : $\tan\alpha_1 \approx 0,303$ et $\tan\alpha_2 \approx 3,697$. La plus grande valeur est $3,697$, ce qui est le plus proche de la valeur $3,5$ parmi les choix.

Réponse D : $\tan(\alpha) = 3,5$

Q4. Distance d du point O où la balle touche le sol

On a $v_1 = 15\ \text{m.s}^{-1}$ et $\alpha = 45°$. Donc $\cos(45°) = \frac{\sqrt{2}}{2}$ et $\cos^2(45°) = 0,5$. $\tan(45°) = 1$. L'équation de la trajectoire est :

$$z(x) = -\frac{10}{2 \cdot 15^2 \cdot 0,5}x^2 + x(1) + 2 = -\frac{10}{225}x^2 + x + 2 = -\frac{2}{45}x^2 + x + 2$$

La balle touche le sol lorsque $z(x) = 0$:

$$-\frac{2}{45}x^2 + x + 2 = 0 \implies 2x^2 - 45x - 90 = 0$$

Le discriminant est $\Delta = (-45)^2 - 4(2)(-90) = 2025 + 720 = 2745$. La solution physique (positive) est :

$$x = \frac{45 + \sqrt{2745}}{4} \approx \frac{45 + 52,39}{4} \approx 24,35\ \text{m}$$

La valeur trouvée est la plus proche de la proposition D ($24,00$ m).

Réponse D : $d = 24,00$ m

Mécanique - Partie II : Étude d'un oscillateur mécanique

1. Équation différentielle vérifiée par l'abscisse x

Le système $\{Corps(C)\}$ est soumis à 4 forces : son poids $\vec{P}$, la réaction normale $\vec{R}$, et les tensions des deux ressorts $\vec{T_1}$ et $\vec{T_2}$. À une abscisse x, l'allongement du ressort (R_1) (à gauche) est $\Delta l_1 = \Delta l_0 + x$, et celui du ressort (R_2) (à droite) est $\Delta l_2 = \Delta l_0 - x$. Les forces de rappel sont : $\vec{T_1} = -K(\Delta l_0 + x)\vec{i}$ et $\vec{T_2} = K(\Delta l_0 - x)\vec{i}$. En appliquant la deuxième loi de Newton et en projetant sur l'axe $(O, \vec{i})$:

$$-K(\Delta l_0 + x) + K(\Delta l_0 - x) = m\ddot{x} \implies -K\Delta l_0 - Kx + K\Delta l_0 - Kx = m\ddot{x}$$

$$\ddot{x} + \frac{2K}{m}x = 0$$

2. Expression de la période propre T_0

La solution s'écrit $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. En dérivant deux fois : $\ddot{x} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x$. En identifiant avec l'équation différentielle : $\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{2K}{m}$.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2K}}$$

3. Valeur de T_0 et vérification de x_m

D'après la courbe $v_x(t)$, un demi-période correspond à $0,314$ s (passage de la vitesse maximale à la vitesse minimale). Donc $\frac{T_0}{2} = 0,314\text{ s} \implies T_0 = 0,628\text{ s} \approx 0,2\pi$ s. La pulsation propre est $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{0,2\pi} = 10\text{ rad.s}^{-1}$. Sur le graphe, la vitesse maximale est $v_{max} = 0,50$ m/s (4 divisions avec 1 div = $0,125$ m/s). Or $v_{max} = x_m \cdot \omega_0 \implies x_m = \frac{v_{max}}{\omega_0} = \frac{0,50}{10} = 0,05$ m.

$$T_0 = 0,628\text{ s} \quad \textbf{et} \quad x_m = 5\text{ cm}$$

4. Vitesse lors du passage par $x_0 = 3$ cm

Par conservation de l'énergie mécanique : $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(2K)x^2 = \frac{1}{2}(2K)x_m^2$.

$$v = \omega_0\sqrt{x_m^2 - x^2} = 10 \cdot \sqrt{0,05^2 - 0,03^2} = 10 \cdot \sqrt{0,0016} = 10 \cdot 0,04$$

$$v = 0,40\text{ m/s}$$

5. Expression de l'énergie potentielle totale E_p

L'énergie potentielle de pesanteur est nulle ($E_{pp} = 0$).

$$E_{pe} = \frac{1}{2}K(\Delta l_1)^2 + \frac{1}{2}K(\Delta l_2)^2 = \frac{1}{2}K\left[(\Delta l_0 + x)^2 + (\Delta l_0 - x)^2\right]$$

$$E_{pe} = \frac{1}{2}K\left[2\Delta l_0^2 + 2x^2\right] = Kx^2 + K\Delta l_0^2$$

$$E_p = Ax^2 + B \quad \textbf{avec} \quad A = K \quad \textbf{et} \quad B = K\Delta l_0^2$$

6-1. Raideur K, allongement Δl_0 et masse m

D'après le graphe $E_p = f(x^2)$, on a une droite dont la pente est $A = K$. En prenant les points $(0; 1,25\text{ mJ})$ et $(10\text{ cm}^2; 2,5\text{ mJ})$:

$$K = A = \frac{\Delta E_p}{\Delta x^2} = \frac{(2,5 - 1,25) \cdot 10^{-3}\text{ J}}{10 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2} = 1,25\text{ N/m}$$

L'ordonnée à l'origine est $B = 1,25\text{ mJ} = 1,25 \cdot 10^{-3}$ J.

$$\Delta l_0 = \sqrt{\frac{B}{K}} = \sqrt{\frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{1,25}} = \sqrt{10^{-3}} \approx 0,0316\text{ m} = 3,16\text{ cm}$$

Pour la masse : $\omega_0^2 = \frac{2K}{m} \implies m = \frac{2K}{\omega_0^2} = \frac{2 \cdot 1,25}{100} = 0,025\text{ kg} = 25\text{ g}$.

$$K = 1,25\text{ N/m} \quad ; \quad \Delta l_0 \approx 3,16\text{ cm} \quad ; \quad m = 25\text{ g}$$

6-2. Vitesse au passage par la position d'équilibre

L'énergie cinétique maximale est ΔE_p entre $x = 0$ et $x = x_m$ ($x^2 = 25$ cm^2). $\Delta E_p = K \cdot x_m^2 = 1,25 \cdot (25 \cdot 10^{-4}) = 3,125 \cdot 10^{-3}$ J.

$$E_{c,max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = 3,125 \cdot 10^{-3} \implies v_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,125 \cdot 10^{-3}}{0,025}} = \sqrt{0,25}$$

$$\boxed{v = 0,5 \text{ m/s}}$$

7. Étude de la force résultante $\vec{F}$

7-1/ L'intensité de la force de rappel équivalente est $F = |-2K \cdot x|$. Puisque $x(t) = x_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$ (en prenant l'origine des phases cohérente avec la courbe de vitesse qui démarre au max) : $\boxed{F(t) = 2Kx_m \left|\sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)\right|}$

7-2/ $F = 0 \iff x(t) = 0 \iff \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) = 0 \iff \frac{2\pi}{T_0} t = k\pi \iff t_k = k\frac{T_0}{2}$. Si on décale l'indice (excluant 0), on retrouve $\boxed{t_k = \frac{(k+1)T_0}{2}}$. Dans ce cas, **l'abscisse de G est** $x = 0$.

7-3/ L'énergie mécanique est conservée : $E_m = E_c + E_p$. À l'instant t_k, on a $x = 0$, donc l'énergie potentielle $E_p = Kx^2 + B$ est à son minimum ($E_p = B$). Par conséquent, **l'énergie cinétique E_c est maximale**.

8. Amortissement avec frottement solide

8-1/ La variation de l'énergie mécanique entre deux sommets du même côté s'écrit : $\Delta E_m = E_p(a_{i+1}) - E_p(a_i) = (Ka_{i+1}^2 + B) - (Ka_i^2 + B)$.

$$\boxed{\Delta E_m = K(a_{i+1}^2 - a_i^2)}$$

8-2/ Le travail des forces non conservatives est $\Delta E_m = W(\vec{f}) = -f \cdot d$. $K(a_{i+1}^2 - a_i^2) = -f \cdot 2(a_i + a_{i+1})$. En factorisant par l'identité remarquable et en simplifiant par $(a_{i+1} + a_i) \neq 0$:

$$\boxed{f = \frac{K(a_i - a_{i+1})}{2}}$$

8-3/ La diminution d'amplitude est $\Delta a = a_i - a_{i+1} = 0,5$ cm $= 0,005$ m.

$$f = \frac{1,25 \cdot 0,005}{2} = 0,625 \cdot 0,005$$

$$\boxed{f = 3,125 \cdot 10^{-3} \text{ N}}$$

الإمتحان الوطني التجريبي

دورة 2022

المادة	مادة الفيزياء والكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية - خيار فرنسية -	المعامل	7
إسم الأستاذ	ذ. عادل مشماش	الصفحات	8

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Le sujet comporte 4 exercices

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques

Chimie (7 points) :

- *Partie 1 : Étude de la réaction d'acide nitreux avec l'eau.*
- *Partie 2 : Étude du dosage de la solution d'acide nitreux.*
- *Partie 3 : Synthèse de l'arôme de poire.*

Physique I (2,5 points) :

- *Diffraction d'une onde lumineuse.*

Physique II (5,25 points) :

- *Partie 1 : Détermination de la capacité d'un condensateur par deux méthodes différentes.*
- *Partie 2 : Étude de la modulation d'amplitude.*

Physique III (5,25 points) :

- *Partie 1 : Étude de l'oscillateur élastique.*
- *Partie 2 : Étude de l'oscillateur pesant.*

Réalisé par :
Prof MACHMACH Adil
Pr. Adil

Barème

Chimie (7 points)

Pr. Adil

On utilise l'acide nitreux pour préparer des produits chimiques utilisés dans plusieurs domaines industriels. On s'intéresse dans cette partie à l'étude de l'acide nitreux à partir de sa réaction avec l'eau et aussi sa réaction de titrage.

Données :

- Toutes les mesures sont effectuées à 25 °C,
- Le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$,
- La constante d'acidité du couple $pK_A(HNO_{2(aq)}/NO_{2(aq)}^-) = 3,35$
- Les indicateurs colorés :

L'indicateur coloré	*Hélianthine*	*Bleu de bromothymol*	*Bleu de thymol*
Zone de virage	$3,1 - 4,4$	$6 - 7,6$	$8 - 9,6$

I. Partie 1 : Réaction de l'acide nitreux avec l'eau :

On prépare une solution aqueuse (S_A) d'acide nitreux de concentration molaire $C_A = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
La mesure du pH de la solution (S_A) donne $pH = 2,72$

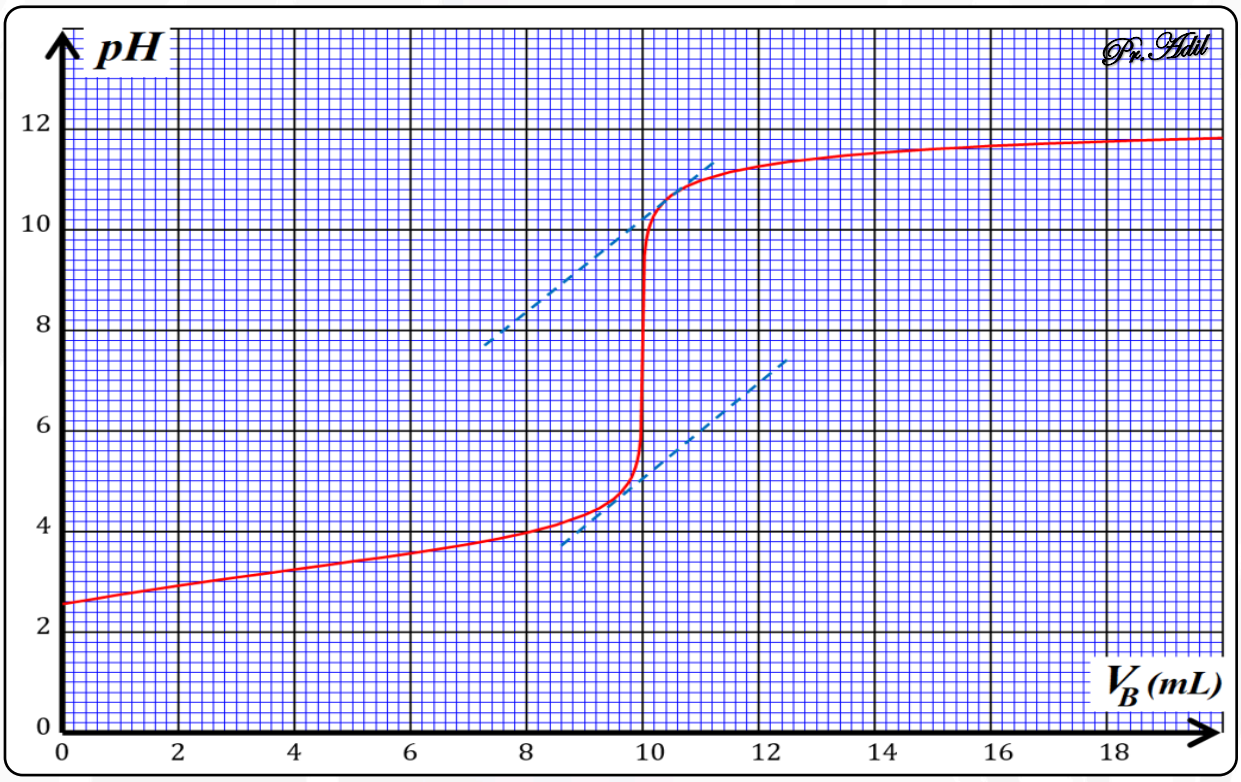
0,25 pt 1. Écrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide nitreux avec l'eau.

0,5 pt 2. Trouver l'expression du taux d'avancement final τ de la réaction en fonction de C_A et pH. Vérifier que $\tau = 19$ %.

0,75 pt 3. Trouver l'expression de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction en fonction de C_A et de τ. Calculer sa valeur.

II. Partie 2 : Titrage de la solution aqueuse d'acide nitreux :

On réalise le titrage pH-métrique d'un volume $V_A = 10\ mL$ de la solution d'acide nitreux par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration $C_B = 2.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
En suivant l'évolution du pH en fonction du volume V_B d'hydroxyde de sodium versé, Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de dosage $pH = f(V_B)$.



Barème

0,5 pt 1. Écrire l'équation de la réaction du dosage.

0,5 pt 2. Déterminer graphiquement les coordonnées (V_{BE} , pH_E)du point d'équivalence. En déduire la concentration C_A de la solution d'acide nitreux.

0,5 pt 3. Déterminer le volume V_{B1} de la solution d'hydroxyde de sodium qu'on doit ajouter pour vérifier la relation $[HNO_2] = 2\,[NO_2^-]$dans le mélange réactionnel.

0,5 pt 4. Montrer que l'expression de pH du mélange lorsque le volume d'hydroxyde de sodium versé est $V_B = 2\,V_{BE}$ s'écrit :

$$pH = pK_e + log\left(\frac{C_B}{3}\right)$$

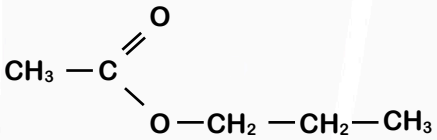
Calculer sa valeur.

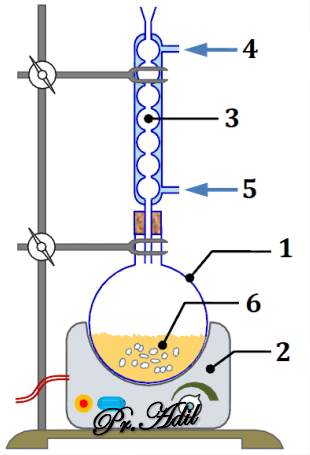
0,5 pt 5. Parmi les indicateurs colorés indiqués dans le tableau ci-dessous, choisir celui qui conviendra le mieux à ce dosage. Justifier votre réponse.

III. Partie 3 : Synthèse l'arôme de poire :

L'éthanoate de propyle est un ester à l'odeur caractéristique fruitée, il est caractérisé par l'arôme et gout du poire, pour cela, il est utilisé dans l'industrie agro-alimentaire pour donner cet arôme à quelques produits alimentaires.

Sa formule semi-développée est :





Pour synthétiser l'éthanoate de propyle au laboratoire, on mélange un volume $V_{ac} = 11,429\ mL$ de l'acide (A) avec un volume $V_{al} = 15\ mL$ de l'alcool (B), On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et on chauffe à reflux le mélange réactionnel pendant un certain temps.
Une réaction chimique se produit. (Voir la figure)

Données :

Composé organique	*L'acide (A)*	*L'alcool (B)*	*L'éthanoate de propyle*
Masse molaire en $(g.mol^{-1})$	**60**	**60**	**102**
Masse volumique en $(g.mL^{-1})$	**1,05**	**0,8**	–

0,5 pt 1. Écrire l'équation chimique modélisant la transformation ayant lieu entre l'acide (A) et l'alcool (B) en utilisant les formules semi développées. Donner les noms des réactifs.

0,5 pt 2. Nommer les éléments numérotés la figure.

0,5 pt 3. À la fin de la réaction de la synthèse, il s'est formé la masse $m_{exp} = 13,668\ g$ de l'éthanoate de propyle. Calculer la valeur r du rendement de la réaction.

0,5 pt 4. Montrer que la valeur de la constante d'équilibre est $K \approx 4$.

0,5 pt 5. On réalise de nouveau la même expérience à la même température, en mélangeant cette fois le volume $V'_{ac} = 57,2\ mL$ de l'acide (A) avec la quantité $n_0 = 0,2\ mol$ de l'alcool (B).
Quel est le rendement de la réaction de ce cas ?

Barème

0,5 pt

6. Pour obtient **100 %** comme un rendement de la synthèse l'éthanoate de propyle, en utilisant cette fois un autre réactif au lieu d'acide (A).
Écrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation de la réaction chimique produite pour avoir ce rendement et nommer ce réactif.

Physique I (2,5 points)

La fréquence d'une radiation lumineuse ne dépend pas du milieu de propagation ; elle dépend uniquement de la fréquence de la source. La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans un milieu transparent est toujours plus petite que la vitesse de sa propagation dans le vide et sa valeur dépend du milieu de propagation.

Données : - La célérité de la lumière dans l'air est $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$.
- Pour des faibles écarts angulaires où $tan\theta \approx \theta$ avec θ exprimé en radian.

1. On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'une lumière monochromatique rouge de fréquence $\upsilon_R = 4,615.10^{14}\ Hz$.
On place à quelques centimètres de la source une fente verticale de largeur a.
La figure de diffraction est observée sur un écran vertical placé à une distance $D = 3\ m$ de la fente. La figure de diffraction est constituée d'une série de taches situées sur une perpendiculaire à la fente. La tache centrale est plus éclairée et plus large que les autres, sa largeur est $L_{0R} = 2,6\ mm$. (Figure.1)

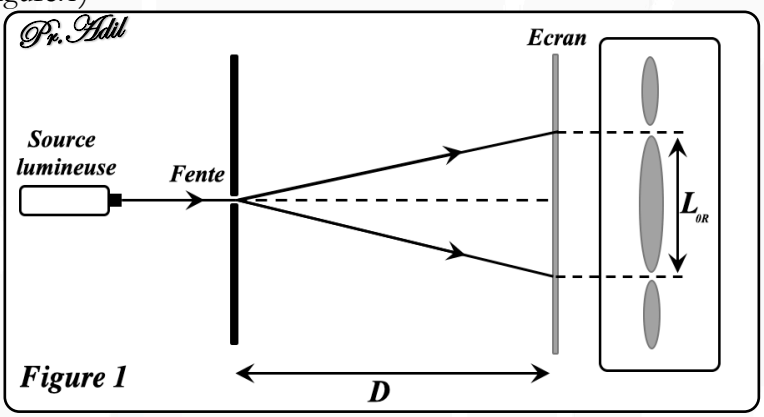


Figure 1

0,5 pt
0,25 pt
0,5 pt

1.1. Définir une onde électromagnétique.
1.2. Comment peut-on expérimentalement vérifier que la lumière monochromatique ?
1.3. Trouver l'expression de a en fonction de L_{0R} , D , υ_R et c vitesse de la lumière dans l'air.
Calculer largeur a.

2. On place entre la fente et l'écran un bloc de verre de forme parallélépipédique, de tel sort que le faisceau de lumière monochromatique rouge se propageant dans les deux milieux l'air et le verre en même temps. (Figure 2)
On donne : $L = 2,16\ mm$; $L_1 = 1,3\ mm$

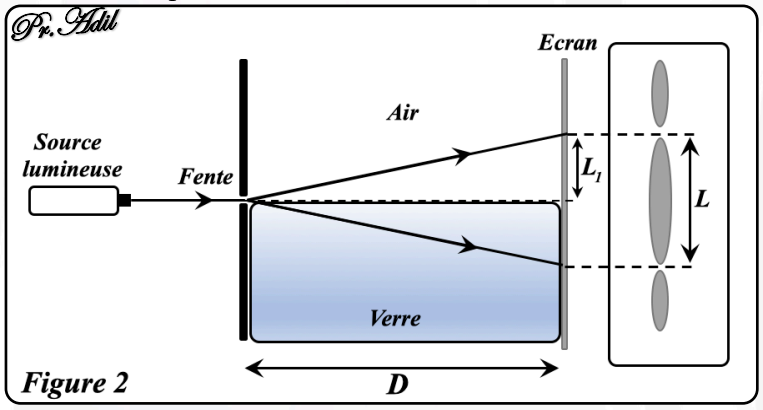


Figure 2

ON LINE e.visaschool.ma

Barème

0,5 pt

Trouver l'expression de n_R l'indice de réfraction de verre par rapport à la lumière monochromatique rouge en fonction de L_1 et L. Calculer la valeur de n_R.

0,75 pt

3. On remplace le faisceau de lumière monochromatique rouge par un faisceau de lumière monochromatique violet de fréquence $\nu_V = 6,880.10^{14}\ Hz$, l'indice de réfraction de verre utilisé par rapport cette lumière violette est $n_V = 1,524$.
L'indice de réfraction n d'un milieu transparent pour une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans l'air est modélisé par la relation :

$$n = A + \frac{B}{\lambda_0^2}$$

dont A et B sont des constantes qui dépendent du milieu.
Calculer la valeur de A et celle de B pour le verre utilisé.

Pr. Adil — Physique II (5,25 points)

Partie 1 :

Un professeur a consacré, avec ses élèves, une séance de travaux pratiques de physique pour : Déterminer expérimentalement la valeur de la capacité d'un condensateur par deux méthodes différentes.

I. En utilisant un générateur de courant :

Un premier groupe d'élèves d'une classe réalise, sous les directives du professeur, le montage expérimental de la figure 1 constitué des éléments suivants :

- Un générateur idéal de courant qui alimente le circuit par un courant électrique d'intensité $I_0 = 2,1\ \mu A$;
- Un conducteur ohmique de résistance R ;
- Deux condensateurs (C_1) et (C_2) montés en série, respectivement de capacités $C_1 = 6,2\ \mu F$ et C_2 inconnue ;
- Un interrupteur K.

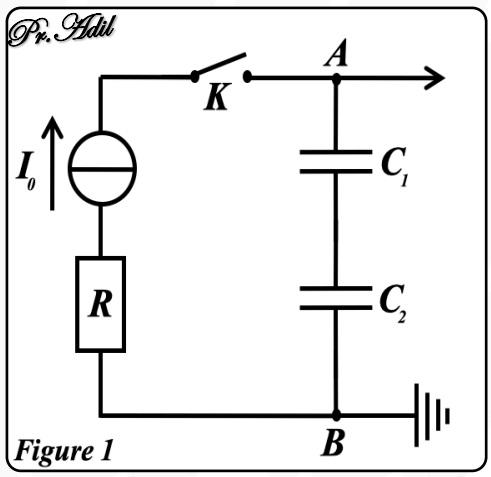
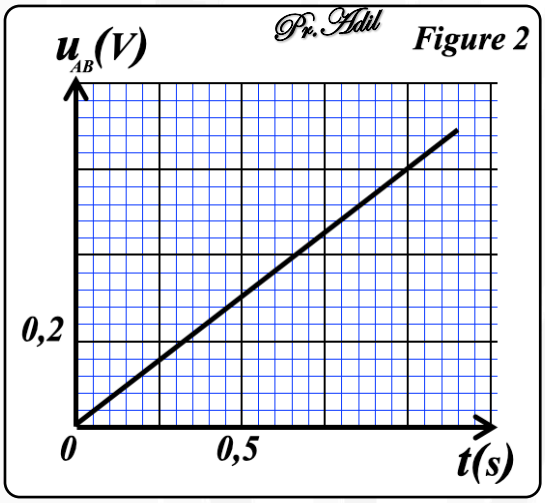


Figure 1

À l'instant $t_0 = 0s$, un élève ferme le circuit.
À l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la tension u_{AB} du condensateur équivalent à l'association des deux condensateurs (C_1) et (C_2) en fonction du temps t (figure 2).



0,25 pt

1. Quel est l'intérêt de monter des condensateurs en série ?

0,5 pt

2. Montrer que l'expression de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur équivalent s'écrit :

$$u_{AB} = \frac{I_0}{C_e}.t$$

Avec C_e la capacité du condensateur équivalent aux deux condensateurs (C_1) et (C_2).

ON LINE e.visaschool.ma

Barème

0,5 pt 3. En exploitant la courbe de la figure 2. Montrer que la valeur de la capacité $C_2 \approx 8\ \mu F$.

0,5 pt 4. Calculer l'énergie électrique $\mathcal{E}_e$ stockée dans le condensateur *équivalent* à $t = 3\ s$.

II. *En étudiant la réponse du dipôle RC à un échelon de tension :*

Un deuxième groupe d'élèves de la même classe réalise le montage représenté par la figure 3 constitué par :

- ♣ Un générateur de tension de force électromotrice $E = 5\ V$.
- ♣ Deux conducteurs ohmiques de résistance $r = 25\ \Omega$ et R inconnue.
- ♣ Le condensateur précédent de capacité C_2 *déchargé initialement*.
- ♣ Interrupteur K.

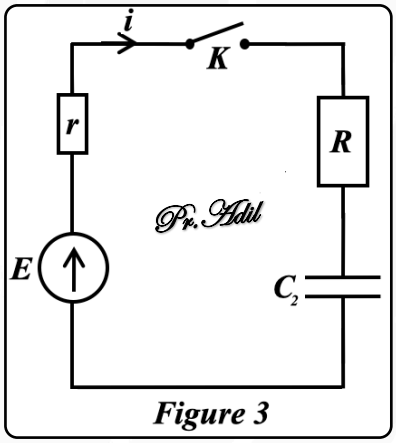


Figure 3

À un instant de date $t = 0$, on ferme l'interrupteur K, un courant d'intensité variable circule dans le circuit.

0,5 pt 1. Établir l'équation différentielle vérifié par la tension u_c aux bornes de condensateur (C_2).

0,5 pt 2. La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme $u_c(t) = A.\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$, trouver les expressions de A et τ en fonctions des paramètres du circuit.

0,25 pt 3. Déduire l'expression de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique R.

4. À l'aide d'un système d'acquisition informatisé permet de tracer la courbe ci-contre la figure 4. Représentant les variations de la tension $u_R = f(t)$. En utilisant la courbe :

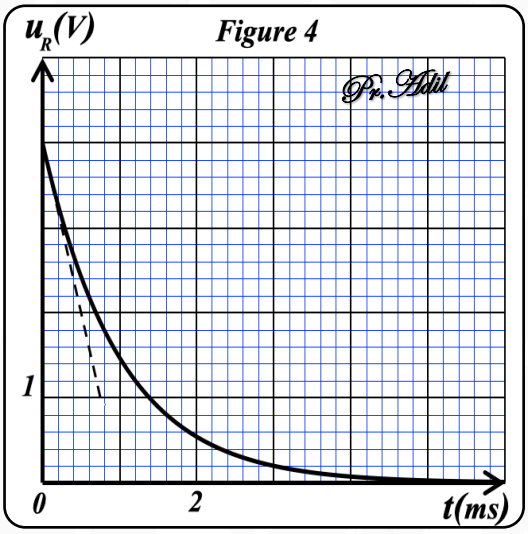


Figure 4

0,25 pt 4.1. Vérifier que $R = 100\ \Omega$.

0,25 pt 4.2. Déterminer la capacité C_2.

0,5 pt 5. Montrer que $t = \tau.\ln(10)$ est l'instant pour lequel l'énergie électrique $\mathcal{E}_e$ emmagasiné dans le condensateur atteint 81 % de sa valeur maximale.

Partie 2 :

Cette partie de l'exercice vise à étudier la modulation d'amplitude.

L'expression de la tension modulée d'amplitude s'écrit sous la forme :

$$u_s(t) = 4\left[0,5.\cos(4.10^4\ \pi t) + 0,75\right]\cos(4.10^5\ \pi t)$$

0,5 pt 1. Déterminer la qualité de cette modulation.

0,5 pt 2. Exprimer $u_s(t)$ sous forme de la somme de trois fonctions sinusoïdales.

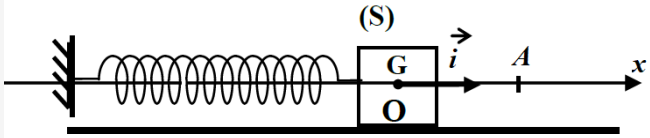
0,5 pt 3. En choisissant l'échelle $1\ cm/V$, représenter le spectre des fréquences de cette tension modulée d'amplitude.

Barème

Physique III (5,25 points)

Partie 1 : Étude de l'oscillateur élastique :

On relie un corps solide (S), de masse $m = 250\ g$, à un ressort à spires non jointive, de masse négligeable et de raideur K, et on fixe l'autre bout du ressort à un support fixe.
Le solide (S) peut glisser sans frottement sur un plan horizontal.



Pr. Adil Figure 1

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre de la distance x_m, et on le libère sans vitesse initiale .
Pour étudier le mouvement de G, on choisit le référentiel galiléen $\mathcal{R}(O, \vec{i},)$ tel que la position de G à l'origine des dates est confondue avec l'origine O.
On repère la position de G à l'instant t par l'abscisse x dans le repère $\mathcal{R}(O, \vec{i},)$.

0,25 pt 1. En appliquant la deuxième loi de Newton sur le solide (S), établir l'équation différentielle du mouvement. Déduire la nature de mouvement du solide (S).

0,25 pt 2. La solution de l'équation différentielle est sous forme

$$x(t) = x_m . cos\left(\frac{2\pi}{T_0} . t + \varphi\right)$$

établir l'expression de la période propre des oscillations.

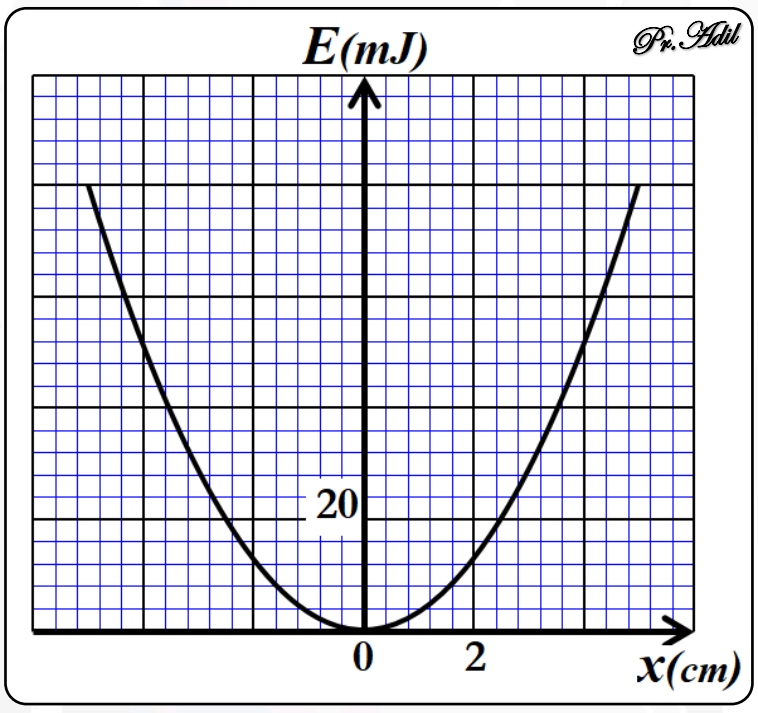
0,5 pt 3. Trouver en fonction de x_m , K et m l'expression de la valeur absolue de la vitesse du centre d'inertie du solide lorsqu'il passe par la position $x = 0,5\ x_m$.

4. On prend comme état de référence de l'énergie potentielle élastique, la position d'équilibre et on considère que l'énergie potentielle pesanteur du solide nulle.

0,5 pt 4.1. Montrer que l'énergie mécanique de l'oscillateur se conserve.

0,5 pt 4.2. En se basant sur la courbe suivante, déterminer la valeur de x_m et celle de la période propre.

0,5 pt 4.3. Déterminer les positions du centre d'inertie du solide lorsque $E_c = 2\ E_p$.



Barème

Partie 2 : Étude de l'oscillateur pesant :

Un pendule pesant est constitué d'une tige homogène OA de masse $m = 100\ g$, de centre d'inertie G et de longueur $L = 35\ cm$ pouvant effectuer un mouvement de rotation dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité O (figure 1).

Soit J_Δ le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe (Δ) .

On étudie le mouvement du pendule dans un repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

On écarte la tige OA de sa position d'équilibre stable d'un petit angle $\theta_m = 12°$, dans le sens positif, puis on la lance sans une vitesse angulaire initiale à l'instant de date $t = 0$.

On repère la position du pendule à un instant de date t par l'abscisse angulaire θ.

Le centre G est confondu avec G_0 quand le pendule passe par sa position d'équilibre stable (figure 1).

On néglige tous les frottements et on choisit le plan horizontal passant par G_0 comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur $(E_{pp} = 0)$.

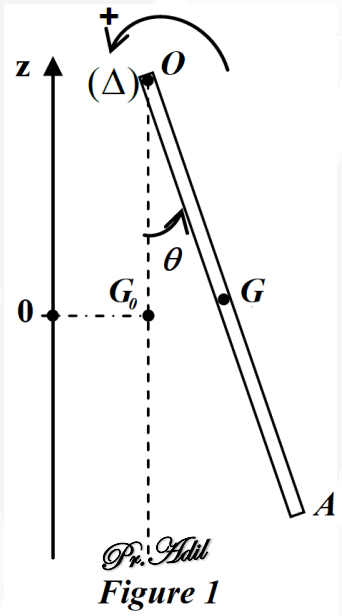


Figure 1

Données :

- L'intensité de pesanteur : $g = 9,8\ m.s^{-2}$
- L'expression du moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe (Δ) est :

$$J_\Delta = \frac{1}{3} m.L^2$$

- Pour les angles petits : $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ Où θ est exprimé en radian.
- On prendra : $\pi^2 = 10$

0,5 pt

1. Trouver l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du pendule pesant à un instant t, dans le cas des oscillations de faible amplitude, en fonction de θ , L , m et g intensité de la pesanteur.

0,5 pt

2. Par une étude énergétique, montrer que l'équation différentielle du mouvement s'écrit :

$$\ddot{\theta} + \frac{3g}{2L}\theta = 0$$

3. La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme :

$$\theta(t) = \theta_m . \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

où T_0 est la période propre du pendule.

0,5 pt

3.1. Déterminer l'expression de la période propre.

0,5 pt

3.2. Calculer la longueur l du pendule simple synchrone avec le pendule pesant étudié.

0,5 pt

4. En se basant sur la conservation de l'énergie mécanique, exprimer la vitesse angulaire $\dot{\theta}(t)$ à un instant t en fonction $\theta(t)$ de θ_m , et $\dot{\theta}_{éq}$ la vitesse angulaire à la position d'équilibre.

CHIMIE (7 points)

Étude de l'acide nitreux, Titrage et Synthèse de l'arôme de poire

I. Partie 1 : Réaction de l'acide nitreux avec l'eau

1. Équation chimique de la réaction

$$\mathrm{HNO_{2(aq)}} + \mathrm{H_2O_{(l)}} \rightleftharpoons \mathrm{{NO_2}^-_{(aq)}} + \mathrm{H_3O^+_{(aq)}}$$

2. Expression et valeur du taux d'avancement final τ Par définition, $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$. D'après le tableau d'avancement :

- La quantité de matière finale en ions oxonium est $x_f = [\mathrm{H_3O^+}]_f \cdot V = 10^{-pH} \cdot V$.
- L'avancement maximal, si la réaction était totale (l'eau étant en excès), est $x_{\max} = C_A \cdot V$.

L'expression du taux d'avancement est donc :

$$\tau = \frac{10^{-pH} \cdot V}{C_A \cdot V} \implies \boxed{\tau = \frac{10^{-pH}}{C_A}}$$

Vérification :

$$\tau = \frac{10^{-2,72}}{10^{-2}} = 10^{-0,72} \approx 0,1905 \implies \boxed{\tau \approx 19\%}$$

3. Expression et calcul de la constante d'équilibre K La constante d'équilibre associée à la réaction est : $K = \frac{[\mathrm{NO_2}^-][\mathrm{H_3O^+}]}{[\mathrm{HNO_2}]}$. D'après l'équation, $[\mathrm{{NO_2}^-}] = [\mathrm{H_3O^+}] = C_A \cdot \tau$. Par conservation de la matière, $[\mathrm{HNO_2}] = C_A - [\mathrm{H_3O^+}] = C_A - C_A \cdot \tau = C_A(1-\tau)$. En remplaçant :

$$K = \frac{(C_A \cdot \tau)^2}{C_A(1-\tau)} \implies \boxed{K = \frac{C_A \cdot \tau^2}{1-\tau}}$$

Calcul :

$$K = \frac{10^{-2} \times (0,19)^2}{1-0,19} = \frac{3,61 \cdot 10^{-4}}{0,81} \implies \boxed{K \approx 4,46 \cdot 10^{-4}}$$

(Remarque : Cette valeur est cohérente avec le pK_A donné : $K_A = 10^{-3,35} \approx 4,46 \cdot 10^{-4}$).

II. Partie 2 : Titrage de la solution aqueuse d'acide nitreux

1. Équation de la réaction du dosage

$$HNO_{2(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow {NO_2}^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

La réaction de dosage est considérée totale, on utilise donc une simple flèche.

2. Coordonnées du point d'équivalence et concentration C_A En appliquant la méthode des tangentes parallèles sur la courbe, le point d'inflexion a pour coordonnées : $V_{BE} = 10\,\text{mL}$ et $pH_E \approx 8,0$ À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stchiométriques : $C_A V_A = C_B V_{BE}$.

$$C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \times 10}{10} \implies C_A = 2 \cdot 10^{-2}\,\textbf{mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$$

3. Volume V_{B1} pour que $[HNO_2] = 2[{NO_2}^-]$ À un volume V_{B1} versé avant l'équivalence, le tableau d'avancement donne : $n({NO_2}^-) = C_B V_{B1}$ et $n(HNO_2) = C_A V_A - C_B V_{B1} = C_B V_{BE} - C_B V_{B1}$. Si $[HNO_2] = 2[{NO_2}^-]$, alors en quantité de matière : $n(HNO_2) = 2n({NO_2}^-)$.

$$C_B(V_{BE} - V_{B1}) = 2 \cdot C_B V_{B1} \implies V_{BE} - V_{B1} = 2V_{B1} \implies 3V_{B1} = V_{BE}$$

$$V_{B1} = \frac{V_{BE}}{3} = \frac{10}{3} \implies V_{B1} \approx 3,33\,\textbf{mL}$$

4. Expression et calcul du pH pour $V_B = 2V_{BE}$ Lorsque $V_B = 2V_{BE}$, on a dépassé l'équivalence. L'acide HNO_2 a été totalement consommé et la soude HO^- est en excès. Quantité de HO^- introduite : $n_0(HO^-) = C_B(2V_{BE})$. Quantité de HO^- ayant réagi : $n_r(HO^-) = C_A V_A = C_B V_{BE}$. Quantité de HO^- restante : $n_f(HO^-) = 2C_B V_{BE} - C_B V_{BE} = C_B V_{BE}$. Le volume total de la solution est $V_{tot} = V_A + V_B$. Comme $C_A = C_B$, on a $V_A = V_{BE}$, donc $V_{tot} = V_{BE} + 2V_{BE} = 3V_{BE}$. La concentration en ions hydroxyde est :

$$[HO^-] = \frac{n_f(HO^-)}{V_{tot}} = \frac{C_B V_{BE}}{3V_{BE}} = \frac{C_B}{3}$$

Or on sait que $pH = pK_e + \log([HO^-])$. En remplaçant : $pH = pK_e + \log\left(\frac{C_B}{3}\right)$ **Calcul :** $pH = 14 + \log\left(\frac{2 \cdot 10^{-2}}{3}\right) = 14 + \log(6,67 \cdot 10^{-3}) = 14 - 2,18 \implies pH \approx 11,82$ *Graphiquement, pour $V_B = 20\,mL$, on lit bien un pH proche de 11,8.*

5. Choix de l'indicateur coloré Le pH à l'équivalence est $pH_E \approx 8,0$. L'indicateur coloré adéquat est celui dont la zone de virage encadre le pH à l'équivalence. Le **Bleu de thymol** (zone de virage $8 - 9,6$) est le plus adapté, car sa zone contient le pH_E (ou le frôle suffisamment contrairement à l'hélianthine qui est totalement hors zone).

III. Partie 3 : Synthèse de l'arôme de poire

1. Équation chimique et noms des réactifs L'ester formé est l'éthanoate de propyle. Il dérive de l'acide éthanoïque et du propan-1-ol.

- **Acide (A) :** Acide éthanoïque
- **Alcool (B) :** Propan-1-ol

L'équation s'écrit :

$$CH_3-COOH + CH_3-CH_2-CH_2-OH \rightleftharpoons CH_3-COO-CH_2-CH_2-CH_3 + H_2O$$

2. Noms des éléments numérotés

- **1 :** Ballon (à fond rond)
- **2 :** Chauffe-ballon
- **3 :** Réfrigérant à boules
- **4 :** Sortie d'eau
- **5 :** Entrée d'eau (l'eau froide rentre toujours par le bas)
- **6 :** Mélange réactionnel (+ grains de pierre ponce)

3. Rendement r de la réaction Calculons d'abord les quantités de matière initiales :

$$n_{ac} = \frac{\rho_{ac} \cdot V_{ac}}{M_{ac}} = \frac{1,05 \times 11,429}{60} = \frac{12,0}{60} = 0,2\,\text{mol}$$

$$n_{al} = \frac{\rho_{al} \cdot V_{al}}{M_{al}} = \frac{0,8 \times 15}{60} = \frac{12,0}{60} = 0,2\,\text{mol}$$

Le mélange est équimolaire. L'avancement maximal théorique est donc $x_{\max} = 0,2\,\text{mol}$. L'avancement final expérimental correspond à la quantité d'ester formé :

$$x_{exp} = n_{ester} = \frac{m_{exp}}{M_{ester}} = \frac{13,668}{102} \approx 0,134\,\text{mol}$$

Le rendement est $r = \frac{x_{exp}}{x_{\max}} = \frac{0,134}{0,2} = 0,67$.

$$r = 67\%$$

4. Valeur de la constante d'équilibre K À l'équilibre, on a $n(\text{ester}) = n(\text{eau}) = x_{exp} = 0,134\,\text{mol}$. Et $n(\text{acide}) = n(\text{alcool}) = n_0 - x_{exp} = 0,2 - 0,134 = 0,066\,\text{mol}$.

$$K = \frac{[\text{Ester}][\text{Eau}]}{[\text{Acide}][\text{Alcool}]} = \frac{n(\text{ester}) \cdot n(\text{eau})}{n(\text{acide}) \cdot n(\text{alcool})} = \left(\frac{0,134}{0,066}\right)^2 \approx (2,03)^2 \approx 4,12$$

On montre bien que $K \approx 4$ (constante classique pour un alcool primaire).

5. Rendement avec le nouveau volume V'_{ac} Calcul de la nouvelle quantité d'acide :

$$n'_{ac} = \frac{\rho_{ac} \cdot V'_{ac}}{M_{ac}} = \frac{1,05 \times 57,2}{60} = \frac{60,06}{60} \approx 1,0\,\text{mol}$$

La quantité d'alcool reste $n_0 = 0,2\,\text{mol}$. Le réactif limitant est l'alcool, donc $x_{\max} = 0,2\,\text{mol}$. L'équilibre est régi par :

$$K = 4 = \frac{x_f^2}{(n'_{ac} - x_f)(n_0 - x_f)} = \frac{x_f^2}{(1 - x_f)(0,2 - x_f)}$$

$$4(0,2 - 1,2x_f + x_f^2) = x_f^2 \implies 0,8 - 4,8x_f + 4x_f^2 = x_f^2 \implies 3x_f^2 - 4,8x_f + 0,8 = 0$$

Résolution de l'équation du second degré : $\Delta = (-4,8)^2 - 4(3)(0,8) = 23,04 - 9,6 = 13,44 \implies \sqrt{\Delta} \approx 3,666$.

$$x_f = \frac{4,8 - 3,666}{6} = \frac{1,134}{6} \approx 0,189\,\text{mol}$$

(L'autre solution est > 1, impossible car $x_f \leq 0,2$). Le nouveau rendement est $r' = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{0,189}{0,2} = 0,945$. $r' = 94,5\%$ *(Mettre un réactif en excès a bien permis d'augmenter le rendement).*

6. Réaction totale pour un rendement de 100% Pour rendre l'estérification totale et rapide, on remplace l'acide carboxylique par un anhydride d'acide. Ici, il s'agit de l' **Anhydride éthanoïque** . L'équation de la réaction (qui devient totale) est :

$$CH_3{-}CO{-}O{-}CO{-}CH_3 + CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \longrightarrow CH_3{-}COO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + CH_3{-}COOH$$

PHYSIQUE I (2,5 points)

Diffraction d'une onde lumineuse et Réfraction

1. Expérience de diffraction dans l'air

1.1. Définition d'une onde électromagnétique Une onde électromagnétique est un modèle utilisé pour représenter les rayonnements lumineux. C'est une **onde transversale** qui peut se propager dans les milieux matériels transparents ainsi que **dans le vide** (contrairement aux ondes mécaniques).

1.2. Vérification expérimentale d'une lumière monochromatique Pour vérifier qu'une lumière est monochromatique, on la fait passer à travers un système dispersif comme un **prisme** (ou un réseau). Si le faisceau émergent ne se sépare pas en plusieurs rayons de couleurs différentes (il ne subit qu'une simple déviation), alors la lumière est monochromatique.

1.3. Expression de la largeur a de la fente et calcul L'écart angulaire de diffraction est donné par $\theta = \frac{\lambda_R}{a}$. D'après des considérations géométriques sur la figure 1 : $\tan(\theta) = \frac{L_{0R}/2}{D}$. Pour de petits angles, $\tan(\theta) \approx \theta$, donc : $\theta = \frac{L_{0R}}{2D}$. En égalisant les deux expressions :

$$\frac{\lambda_R}{a} = \frac{L_{0R}}{2D} \implies a = \frac{2\lambda_R D}{L_{0R}}$$

On sait que la longueur d'onde dans le vide (ou l'air) est liée à la fréquence par : $\lambda_R = \frac{c}{\nu_R}$. En remplaçant λ_R dans l'expression précédente, on obtient :

$$a = \frac{2 \cdot c \cdot D}{\nu_R \cdot L_{0R}}$$

Calcul de a :

$$a = \frac{2 \times 3 \cdot 10^8 \times 3}{4,615 \cdot 10^{14} \times 2,6 \cdot 10^{-3}} = \frac{18 \cdot 10^8}{11,999 \cdot 10^{11}} \approx 1,5 \cdot 10^{-3}\,\text{m}$$

$$a = 1,5\,\text{mm}$$

2. Propagation simultanée dans l'air et le verre

Expression de l'indice de réfraction n_R et calcul D'après la figure 2, la tache centrale de diffraction est asymétrique.

- La partie supérieure (dans l'air) a une demi-largeur $L_1 = 1,3$ mm (ce qui correspond bien à $L_{0R}/2$). L'écart angulaire dans l'air est : $\theta_1 = \frac{L_1}{D} = \frac{\lambda_R}{a}$.
- La partie inférieure (dans le verre) a une demi-largeur que l'on notera L_2. La largeur totale étant L, on a $L_2 = L - L_1$. L'écart angulaire dans le verre est : $\theta_2 = \frac{L_2}{D} = \frac{\lambda'_R}{a}$.

Dans le verre, la longueur d'onde devient $\lambda'_R = \frac{\lambda_R}{n_R}$. On a donc $\theta_2 = \frac{\lambda_R}{n_R \cdot a} =$

$\frac{1}{n_R}\left(\frac{\lambda_R}{a}\right) = \frac{\theta_1}{n_R}$. En remplaçant les écarts angulaires par leurs expressions en fonction des largeurs :

$$\frac{L_2}{D} = \frac{1}{n_R}\frac{L_1}{D} \implies L_2 = \frac{L_1}{n_R}$$

Or $L_2 = L - L_1$, donc :

$$L - L_1 = \frac{L_1}{n_R} \implies n_R = \frac{L_1}{L - L_1}$$

$$n_R = \frac{L_1}{L-L_1}$$

Calcul de n_R :

$$n_R = \frac{1,3}{2,16 - 1,3} = \frac{1,3}{0,86} \implies n_R \approx 1,512$$

3. Modélisation par la relation de Cauchy

Calcul des constantes A et B pour le verre utilisé Calculons d'abord les longueurs d'onde des deux radiations dans le vide (ou l'air) :

$$\lambda_{0R} = \frac{c}{\nu_R} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,615 \cdot 10^{14}} \approx 6,50 \cdot 10^{-7}\,\text{m} = 0,650\,\mu\text{m}$$

$$\lambda_{0V} = \frac{c}{\nu_V} = \frac{3 \cdot 10^8}{6,880 \cdot 10^{14}} \approx 4,36 \cdot 10^{-7}\,\text{m} = 0,436\,\mu\text{m}$$

D'après la loi de Cauchy, on a un système de deux équations :

$$\begin{cases} n_R = A + \frac{B}{\lambda_{0R}^2} \\ n_V = A + \frac{B}{\lambda_{0V}^2} \end{cases}$$

En soustrayant la première équation de la seconde :

$$n_V - n_R = B\left(\frac{1}{\lambda_{0V}^2} - \frac{1}{\lambda_{0R}^2}\right) \implies B = \frac{n_V - n_R}{\frac{1}{\lambda_{0V}^2} - \frac{1}{\lambda_{0R}^2}}$$

En utilisant les longueurs d'onde en mètres :

$$B = \frac{1,524 - 1,512}{\frac{1}{(4,36\cdot10^{-7})^2} - \frac{1}{(6,50\cdot10^{-7})^2}} = \frac{0,012}{5,26 \cdot 10^{12} - 2,37 \cdot 10^{12}} = \frac{0,012}{2,89 \cdot 10^{12}}$$

$$B \approx 4,15 \cdot 10^{-15}\,\text{m}^2 \quad (0,00415\,\mu\text{m}^2)$$

On déduit ensuite A en utilisant l'une des équations (par exemple pour le rouge) :

$$A = n_R - \frac{B}{\lambda_{0R}^2} = 1,512 - \frac{4,15 \cdot 10^{-15}}{(6,50 \cdot 10^{-7})^2} = 1,512 - 0,0098$$

$$A \approx 1,502$$

(Remarque : A est sans unité).

PHYSIQUE II (5,25 points)

Partie 1 : Dipôle RC et Partie 2 : Modulation d'amplitude

Partie 1 : Détermination expérimentale de la capacité d'un condensateur

I. En utilisant un générateur de courant :

1. Intérêt de monter des condensateurs en série Le montage en série de condensateurs permet de **diminuer la capacité équivalente** de l'association ($C_e < C_1$ et $C_e < C_2$) ou de **répartir la tension** pour éviter le claquage si la tension du générateur est trop élevée.

2. Expression de la tension u_{AB} Le générateur de courant délivre une intensité constante I_0. La relation entre la charge q du condensateur équivalent et le courant est : $I_0 = \frac{dq}{dt}$. Puisque le condensateur est initialement déchargé ($q(0) = 0$), en intégrant on obtient : $q(t) = I_0 \cdot t$. La tension aux bornes du condensateur équivalent de capacité C_e est $u_{AB} = \frac{q(t)}{C_e}$. En remplaçant $q(t)$:

$$u_{AB} = \frac{I_0}{C_e} \cdot t$$

3. Montrer que $C_2 \approx 8\,\mu$F L'expression précédente montre que $u_{AB} = f(t)$ est une fonction linéaire de coefficient directeur $a = \frac{I_0}{C_e}$. D'après la figure 2, la courbe passe par l'origine et par le point de coordonnées $(1\,\text{s}\,;\,0,6\,\text{V})$ (car $0,5$ s correspond à 2,5 divisions horizontales, donc 5 divisions correspondent à 1 s, où l'ordonnée est $3 \times 0,2 = 0,6$ V).

$$a = \frac{\Delta u_{AB}}{\Delta t} = \frac{0,6 - 0}{1 - 0} = 0,6\,\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$$

On en déduit la capacité équivalente :

$$C_e = \frac{I_0}{a} = \frac{2,1 \cdot 10^{-6}}{0,6} = 3,5 \cdot 10^{-6}\,\text{F} = 3,5\,\mu\text{F}$$

Les condensateurs (C_1) et (C_2) sont montés en série, donc :

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Longrightarrow \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_e} - \frac{1}{C_1} = \frac{C_1 - C_e}{C_1 \cdot C_e}$$

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot C_e}{C_1 - C_e}$$

Application numérique : $C_2 = \frac{6,2\times3,5}{6,2-3,5} = \frac{21,7}{2,7} \approx 8,037\,\mu$F. Ce qui montre bien que $C_2 \approx 8\,\mu\mathbf{F}$.

4. Énergie électrique $\mathcal{E}_e$ stockée à t = 3 s À $t = 3$ s, la tension est $u_{AB} = a \cdot t = 0,6 \times 3 = 1,8$ V. L'énergie emmagasinée dans le condensateur équivalent est :

$$\mathcal{E}_e = \frac{1}{2} C_e u_{AB}^2 = \frac{1}{2}(3,5 \cdot 10^{-6}) \times (1,8)^2 = 1,75 \cdot 10^{-6} \times 3,24$$

$$\mathcal{E}_e = 5,67 \cdot 10^{-6}\,\text{J} = 5,67\,\mu\text{J}$$

II. En étudiant la réponse du dipôle RC à un échelon de tension :

1. Équation différentielle vérifiée par u_c D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) : $u_R + u_r + u_c = E$. Selon la loi d'Ohm : $u_R = R \cdot i$ et $u_r = r \cdot i$. Donc : $(R + r)i + u_c = E$. Sachant que $i = \frac{dq}{dt} = C_2 \frac{du_c}{dt}$, l'équation devient :

$$(R + r)C_2 \frac{du_c}{dt} + u_c = E$$

2. Expressions de A et τ On a la solution $u_c(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) = A - Ae^{-t/\tau}$. Sa dérivée est $\frac{du_c}{dt} = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$. On remplace dans l'équation différentielle :

$$(R+r)C_2 \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau} + A - Ae^{-t/\tau} = E \Longrightarrow Ae^{-t/\tau} \left[\frac{(R+r)C_2}{\tau} - 1\right] + A - E = 0$$

Cette équation doit être vérifiée à tout instant t, ce qui implique :

$$\frac{(R+r)C_2}{\tau} - 1 = 0 \quad \text{et} \quad A - E = 0$$

On en déduit : $A = E$ et $\tau = (R+r)C_2$.

3. Expression de la tension $\mathbf{u_R}$ $u_R = R \cdot i = R \cdot C_2 \frac{du_c}{dt}$. En utilisant l'expression de $\frac{du_c}{dt}$ et en remplaçant A et τ :

$$u_R(t) = R \cdot C_2 \cdot \frac{E}{\tau} e^{-t/\tau} = R \cdot C_2 \frac{E}{(R+r)C_2} e^{-t/\tau}$$

$$u_R(t) = \frac{R \cdot E}{R+r} e^{-t/\tau}$$

4. Exploitation de la courbe $\mathbf{u_R = f(t)}$ 4.1. Vérification de $\mathbf{R = 100\,\Omega}$ À $t = 0$, $u_R(0) = \frac{R \cdot E}{R+r} e^0 = \frac{R \cdot E}{R+r}$. D'après la figure 4, à $t = 0$, l'ordonnée est $u_R(0) = 4\,\text{V}$ (4 divisions avec 1 div $= 1\,\text{V}$).

$$\frac{R \times 5}{R+25} = 4 \implies 5R = 4(R+25) \implies 5R = 4R + 100 \implies R = 100\,\Omega$$

4.2. Détermination de la capacité $\mathbf{C_2}$ La tangente à l'origine de la courbe $u_R(t)$ coupe l'axe des temps (axe des abscisses) à l'instant $t = \tau$. D'après la figure 4, cette intersection se fait à 1 ms (puisque 2 divisions représentent 2 ms). Donc $\tau = 1\,\text{ms} = 10^{-3}\,\text{s}$. On sait que $\tau = (R+r)C_2$, d'où :

$$C_2 = \frac{\tau}{R+r} = \frac{10^{-3}}{100+25} = \frac{10^{-3}}{125} = 8 \cdot 10^{-6}\,\text{F} \implies C_2 = 8\,\mu\mathbf{F}$$

(On retrouve bien la même valeur qu'à la première méthode !)

5. Instant t où l'énergie atteint 81 % de sa valeur maximale L'énergie maximale est $\mathcal{E}_{e,\max} = \frac{1}{2} C_2 E^2$. On cherche t tel que $\mathcal{E}_e(t) = 0,81 \cdot \mathcal{E}_{e,\max}$.

$$\frac{1}{2} C_2 u_c^2(t) = 0,81 \left(\frac{1}{2} C_2 E^2 \right) \implies u_c^2(t) = 0,81 E^2 \implies u_c(t) = \sqrt{0,81} E = 0,9E$$

On utilise l'expression de $u_c(t)$:

$$E(1 - e^{-t/\tau}) = 0,9E \implies 1 - e^{-t/\tau} = 0,9 \implies e^{-t/\tau} = 0,1$$

En appliquant le logarithme népérien :

$$-\frac{t}{\tau} = \ln(0,1) \implies -\frac{t}{\tau} = -\ln(10) \implies t = \tau \ln(10)$$

Partie 2 : Modulation d'amplitude

1. Qualité de la modulation L'expression de la tension modulée est : $u_s(t) = 4[0,5\cos(4\cdot10^4\pi t)+0,75]\cos(4\cdot10^5\pi t)$. On la met sous la forme canonique $u_s(t) = A[m\cos(2\pi f_s t)+1]\cos(2\pi f_p t)$ en factorisant par $0,75$:

$$u_s(t) = 4\times0,75\left[\frac{0,5}{0,75}\cos(4\cdot10^4\pi t)+1\right]\cos(4\cdot10^5\pi t)$$

$$u_s(t) = 3\left[\frac{2}{3}\cos(4\cdot10^4\pi t)+1\right]\cos(4\cdot10^5\pi t)$$

Par identification :

- L'amplitude de la porteuse est $A = 3\,\text{V}$.
- Le taux de modulation est $m = \frac{2}{3} \approx 0,67$.
- Fréquence du signal : $2\pi f_s = 4\cdot10^4\pi \implies f_s = 2\cdot10^4\,\text{Hz} = 20\,\text{kHz}$.
- Fréquence de la porteuse : $2\pi f_p = 4\cdot10^5\pi \implies f_p = 2\cdot10^5\,\text{Hz} = 200\,\text{kHz}$.

Puisque $m < 1$ $(0,67 < 1)$ et que $f_p \geq 10 f_s$ $(200\,\text{kHz} \geq 10\times20\,\text{kHz})$, on conclut que **la modulation est de bonne qualité**.

2. Expression de $u_s(t)$ sous forme de somme En développant l'expression $u_s(t) = 3\left[\frac{2}{3}\cos(4\cdot10^4\pi t)+1\right]\cos(4\cdot10^5\pi t)$:

$$u_s(t) = 2\cos(4\cdot10^4\pi t)\cos(4\cdot10^5\pi t) + 3\cos(4\cdot10^5\pi t)$$

On utilise la formule trigonométrique : $\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b)+\cos(a-b)]$.

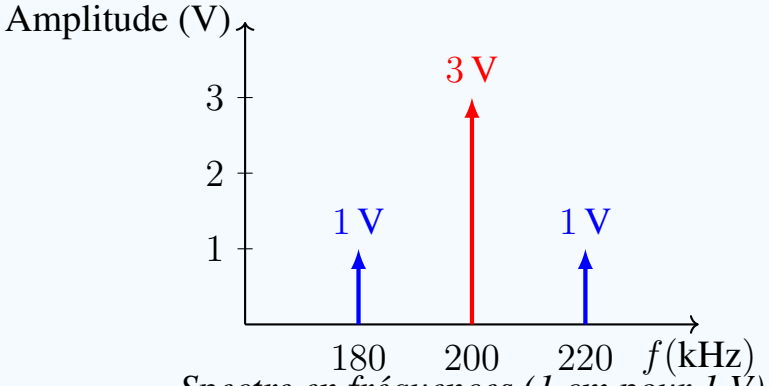
$$2\cos(4\cdot10^4\pi t)\cos(4\cdot10^5\pi t) = 1\cdot[\cos(4,4\cdot10^5\pi t)+\cos(3,6\cdot10^5\pi t)]$$

L'expression devient :

$$u_s(t) = 3\cos(4\cdot10^5\pi t) + \cos(4,4\cdot10^5\pi t) + \cos(3,6\cdot10^5\pi t)$$

3. Spectre de fréquences de la tension modulée D'après la somme, le spectre est composé de 3 raies de fréquences :

- $f_p = \frac{4\cdot10^5\pi}{2\pi} = 200\,\text{kHz}$ d'amplitude $U_p = 3\,\text{V}$ (soit 3 cm de hauteur).
- $f_1 = f_p - f_s = \frac{3,6\cdot10^5\pi}{2\pi} = 180\,\text{kHz}$ d'amplitude $U_1 = \frac{A\cdot m}{2} = 1\,\text{V}$ (soit 1 cm).
- $f_2 = f_p + f_s = \frac{4,4\cdot10^5\pi}{2\pi} = 220\,\text{kHz}$ d'amplitude $U_2 = \frac{A\cdot m}{2} = 1\,\text{V}$ (soit 1 cm).



Spectre en fréquences (1 cm pour 1 V)

PHYSIQUE III (5,25 points)

Partie 1 : Oscillateur élastique et Partie 2 : Oscillateur pesant

Partie 1 : Étude de l'oscillateur élastique

1. Équation différentielle et nature du mouvement Le système étudié est le solide (S) de masse m. Le bilan des forces s'exerçant sur (S) :

- Son poids $\vec{P}$.
- La réaction normale du plan $\vec{R}$ (les frottements sont négligés).
- La force de rappel du ressort $\vec{F} = -K \cdot x \cdot \vec{i}$.

Application de la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre galiléen :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}_G$$

Par projection sur l'axe horizontal $(O, \vec{i})$:

$$0 + 0 - K \cdot x = m \cdot a_x \implies m\frac{d^2x}{dt^2} + K \cdot x = 0$$

En divisant par m, on obtient l'équation différentielle :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}x = 0$$

Nature du mouvement : Puisqu'il n'y a pas de frottements et que l'équation est de la forme $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$, le mouvement du solide (S) est **rectiligne sinusoïdal** (ou oscillatoire harmonique).

2. Expression de la période propre T_0 La solution est $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. Calculons les dérivées :

$$\frac{dx}{dt} = -x_m\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -x_m \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x(t)$$

On remplace dans l'équation différentielle :

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x + \frac{K}{m}x = 0 \implies x\left[\frac{K}{m} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\right] = 0$$

Puisque l'égalité est vraie à tout instant, on a : $\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{K}{m} \implies \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{K}{m}}$.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

3. Expression de la valeur absolue de la vitesse à $\mathbf{x = 0,5x_m}$ L'énergie mécanique se conserve : $E_m = E_c + E_{pe} =$ constante. On sait que l'énergie mécanique maximale est égale à l'énergie potentielle maximale : $E_m = \frac{1}{2}Kx_m^2$. À une position x, on a : $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Kx^2 = \frac{1}{2}Kx_m^2$.

$$mv^2 = K(x_m^2 - x^2) \implies v^2 = \frac{K}{m}(x_m^2 - x^2)$$

On remplace x par $0,5x_m = \frac{1}{2}x_m$:

$$v^2 = \frac{K}{m}\left[x_m^2 - \left(\frac{x_m}{2}\right)^2\right] = \frac{K}{m}\left(x_m^2 - \frac{x_m^2}{4}\right) = \frac{K}{m}\left(\frac{3}{4}x_m^2\right)$$

On prend la racine carrée pour obtenir la valeur absolue :

$$|v| = \frac{\sqrt{3}}{2}x_m\sqrt{\frac{K}{m}}$$

4. Énergie de l'oscillateur 4.1. Conservation de l'énergie mécanique L'énergie mécanique est $E_m = E_c + E_{pe} = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}Kx^2$. Dérivons cette expression par rapport au temps :

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2}m(2\dot{x}\ddot{x}) + \frac{1}{2}K(2x\dot{x}) = m\dot{x}\ddot{x} + Kx\dot{x} = \dot{x}(m\ddot{x} + Kx)$$

D'après l'équation différentielle, on a $m\ddot{x} + Kx = 0$. Donc :

$$\frac{dE_m}{dt} = 0$$

La dérivée étant nulle, l'énergie mécanique E_m de l'oscillateur **se conserve**.
4.2. Valeurs de $\mathbf{x_m}$ et de $\mathbf{T_0}$ La courbe représente les variations de l'énergie potentielle élastique $E_{pe} = \frac{1}{2}Kx^2$.

— **Valeur de x_m :** La courbe s'arrête aux abscisses extrêmes qui correspondent à l'amplitude maximale. Graphiquement, 2 divisions représentent 2 cm, donc l'abscisse maximale est à 4 divisions. $x_m = 4\,\textbf{cm} = 0,04\,\textbf{m}$

— **Valeur de T_0 :** À $x = x_m = 4\,\text{cm}$, l'énergie correspondante est $E_{pe,\max} = E_m$. Graphiquement, le point $(4\,\text{cm})$ a pour ordonnée $80\,\text{mJ}$ (4 divisions verticales, $1\,\text{div} = 20\,\text{mJ}$). Donc $E_m = 80 \cdot 10^{-3}\,\text{J}$. On a $E_m = \frac{1}{2}Kx_m^2 \implies K = \frac{2E_m}{x_m^2} = \frac{2\times 80\cdot 10^{-3}}{(0,04)^2} = \frac{0,16}{0,0016} = 100\,\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$. Calculons T_0 avec $m = 250\,\text{g} = 0,25\,\text{kg}$:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{0,25}{100}} = 2\pi\sqrt{0,0025} = 2\pi \times 0,05 = 0,1\pi\,\text{s}$$

$T_0 \approx 0,314\,\textbf{s}$

4.3. Positions où $\mathbf{E_c = 2E_{pe}}$ L'énergie mécanique s'écrit $E_m = E_c + E_{pe}$. Si $E_c = 2E_{pe}$, alors $E_m = 2E_{pe} + E_{pe} = 3E_{pe}$.

$$\frac{1}{2}Kx_m^2 = 3 \times \left(\frac{1}{2}Kx^2\right) \implies x_m^2 = 3x^2 \implies x^2 = \frac{x_m^2}{3}$$

Les positions sont donc :

$$x = \pm\frac{x_m}{\sqrt{3}} = \pm\frac{4}{\sqrt{3}} \implies x \approx \pm 2,31\,\textbf{cm}$$

Partie 2 : Étude de l'oscillateur pesant

1. Expression de l'énergie potentielle de pesanteur $\mathbf{E_{pp}}$ L'état de référence est choisi au point d'équilibre G_0 : $E_{pp}(G_0) = 0$.

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot z_G$$

Avec l'origine des z en G_0 et l'axe dirigé vers le haut, $z_G = OG_0 - OG\cos\theta = \frac{L}{2} - \frac{L}{2}\cos\theta = \frac{L}{2}(1-\cos\theta)$. Pour les angles petits, $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$.

$$z_G \approx \frac{L}{2}\left[1 - \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)\right] = \frac{L}{2}\left(\frac{\theta^2}{2}\right) = \frac{L\theta^2}{4}$$

$$E_{pp} = \frac{1}{4}mgL\theta^2$$

2. Équation différentielle par étude énergétique L'énergie mécanique du

pendule est :

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + \frac{1}{4}mgL\theta^2$$

Les frottements sont négligés, donc $E_m =$ constante, d'où $\frac{dE_m}{dt} = 0$.

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2}J_\Delta(2\dot{\theta}\ddot{\theta}) + \frac{1}{4}mgL(2\theta\dot{\theta}) = \dot{\theta}\left(J_\Delta\ddot{\theta} + \frac{1}{2}mgL\theta\right) = 0$$

Le pendule étant en mouvement ($\dot{\theta} \neq 0$), on a :

$$J_\Delta\ddot{\theta} + \frac{1}{2}mgL\theta = 0$$

En remplaçant le moment d'inertie de la tige par rapport à son extrémité $J_\Delta = \frac{1}{3}mL^2$:

$$\frac{1}{3}mL^2\ddot{\theta} + \frac{1}{2}mgL\theta = 0$$

On divise par $\left(\frac{1}{3}mL^2\right)$:

$$\ddot{\theta} + \frac{\frac{1}{2}mgL}{\frac{1}{3}mL^2}\theta = 0 \implies \ddot{\theta} + \frac{3g}{2L}\theta = 0$$

Ce qui est bien l'équation demandée.

3. Période propre et pendule simple synchrone 3.1. Expression de la période propre T_0 L'équation différentielle est de la forme $\ddot{\theta} + \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2\theta = 0$. Par identification : $\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{3g}{2L} \implies \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{3g}{2L}}$.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2L}{3g}}$$

3.2. Longueur l du pendule simple synchrone Un pendule simple est synchrone avec le pendule pesant s'ils ont la même période propre. Pour un pendule simple : $T_s = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

$$T_s = T_0 \implies 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2L}{3g}} \implies \frac{l}{g} = \frac{2L}{3g}$$

On en déduit : $l = \frac{2}{3}L$. Calcul : $l = \frac{2}{3} \times 35\,\text{cm} = \frac{70}{3}\,\text{cm} \implies l \approx 23,33\,\textbf{cm}$.

4. Expression de la vitesse angulaire $\dot{\theta}(t)$ L'énergie mécanique se conserve au cours du temps : $E_m(\theta) = E_{m,\max}$.

— À une position angulaire quelconque θ : $E_m = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + \frac{1}{4}mgL\theta^2$.

— À la position d'équilibre ($\theta = 0$), la vitesse est maximale $\dot{\theta}_{eq}$ et $E_{pp} = 0$: $E_m = \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}_{eq}^2$.

— À l'amplitude maximale ($\theta = \theta_m$), la vitesse est nulle et $E_c = 0$: $E_m = \frac{1}{4} mgL\theta_m^2$.

On peut donc écrire : $\frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}^2 + \frac{1}{4} mgL\theta^2 = \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}_{eq}^2 \quad (1)$. De plus, l'égalité des énergies maximales donne : $\frac{1}{4} mgL\theta_m^2 = \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}_{eq}^2 \implies \frac{1}{4} mgL = \frac{1}{2} J_\Delta \frac{\dot{\theta}_{eq}^2}{\theta_m^2} \quad (2)$. En remplaçant (2) dans l'équation (1) :

$$\frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}^2 + \left(\frac{1}{2} J_\Delta \frac{\dot{\theta}_{eq}^2}{\theta_m^2} \right) \theta^2 = \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}_{eq}^2$$

On simplifie par $\left(\frac{1}{2} J_\Delta\right)$:

$$\dot{\theta}^2 + \dot{\theta}_{eq}^2 \frac{\theta^2}{\theta_m^2} = \dot{\theta}_{eq}^2 \implies \dot{\theta}^2 = \dot{\theta}_{eq}^2 - \dot{\theta}_{eq}^2 \frac{\theta^2}{\theta_m^2} = \dot{\theta}_{eq}^2 \left(1 - \frac{\theta^2}{\theta_m^2} \right)$$

En prenant la racine carrée, on obtient l'expression demandée :

$$\dot{\theta}(t) = \pm \dot{\theta}_{eq} \sqrt{1 - \left(\frac{\theta(t)}{\theta_m} \right)^2}$$

Le signe $(\pm)$ dépend du sens du mouvement de la tige à l'instant t.

المادة	هنا يتم اظهار اسم المادة	مدة الإنجاز	X
الشعبة أو المسلك	المرجو أخذ مقاسات الورقة بعين الاعتبار وعدم تجاوز الحدود المرسومة	المعامل	X

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé

Le sujet comporte 5 exercices

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques

Exercice I (7 points) :

- *Partie 1 : Étude du dosage de l'acide lactique.*
- *Partie 2 : Étude conductimétrique d'une solution aqueuse d'acide lactique.*
- *Partie 3 : l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate de chrome III.*

Exercice II (3,5 points) :

- *Partie 1 : Étude d'une onde mécanique le long d'une corde.*
- *Partie 2 : Diffraction d'une onde lumineuse.*

Exercice III (2,5 points) :

- *Datation d'une roche volcanique.*

Exercice IV (4,5 points) :

- *Partie 1 : Étude de dipôle RL.*
- *Partie 2 : Étude des oscillations électriques dans le circuit RLC libre.*

Exercice V (2,5 points) :

- *Étude de mouvement d'une balle dans un champ de pesanteur uniforme.*

Réalisé par :
Prof MACHMACH Adil
Pr. Adil

Barème

Pr. Adil

Exercice I (7 points)

Les principaux ennemis des chauffe-eaux et des cafetières sont les dépôts calcaires, produits lors d'usage quotidien de ces appareils cela peut perturber leur fonctionnement, pour entretenir ces appareils, il est nécessaire d'enlever régulièrement ces dépôts.

Plusieurs fabricants d'appareils recommandent d'utiliser un détartrant à base d'acide lactique de formule $C_3H_6O_3$ (ou d'acide acétique), cet acide n'est pas corrosif par rapport aux pièces métalliques contenues ces appareils.

Cet exercice se propose de vérifier la pK_A du couple $C_3H_6O_{3(aq)}/C_3H_5O_{3(aq)}^-$ par deux méthodes.

I. Partie 1 : Étude du dosage d'acide lactique :

L'étiquette d'un détartrant commercial, on trouve les informations suivantes :

- La masse molaire de l'acide lactique : $M = 90\ g.mol^{-1}$
- La masse volumique du détartrant commercial : $\rho = 1,13\ kg.L^{-1}$
- Le pourcentage massique : $p = 47,8\ \%$

Données : Toutes les mesures sont effectuées à $25°C$,

- Le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$
- La constante d'acidité du couple $C_3H_6O_{3(aq)}/C_3H_5O_{3(aq)}^-$: $K_A = 10^{-3,9}$
- Zone de virage de quelques indicateurs colorés :

L'indicateur coloré	Jaune de méthyle	Hélianthine	Rouge de crésol
Zone de virage	$2,9-4$	$3,1-4,4$	$7,2-9$

Afin de déterminer la concentration molaire C_0 de la solution (S_0) du détartrant commercial, on réalise un dosage acido-basique.

On dilue **20** fois un volume V de la solution (S_0) on obtient une solution aqueuse (S_A) d'acide lactique de concentration molaire C_A .

On prélève un volume $V_A = 10\ mL$ de la solution (S_A) et on dose par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $(Na_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-)$ de concentration $C_B = 2.10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

En suivant l'évolution du pH en fonction du volume V_B d'hydroxyde de sodium versé, Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de dosage $pH = f(V_B)$. (Page suivante)

0,25 pt 1. Écrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.

0,5 pt 2. Monter que la réaction du dosage est totale.

0,5 pt 3. Calculer la concentration C_A.

0,5 pt 4. Calculer la masse m de l'acide lactique dans un 1L de la solution commerciale, et vérifier le pourcentage massique l'acide lactique indiqué sur l'étiquette.

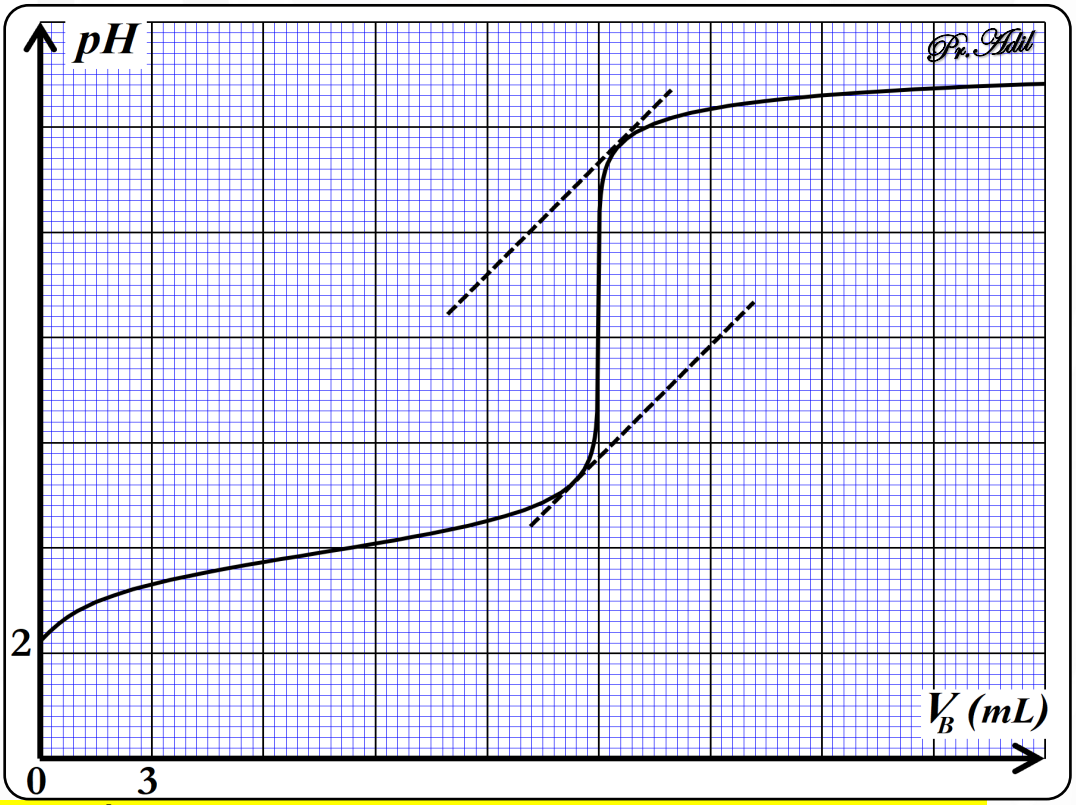
0,5 pt 5. Parmi les indicateurs colorés indiqués dans le tableau ci-dessus, choisir celui qui conviendra le mieux à ce dosage. Justifier votre réponse.

0,75 pt 6. Lorsqu'on ajoute un volume $V_B = 12\ mL$ de la solution (S_B), monter que la constante pK_A vérifier la relation suivante :

$$pK_A = pH + log\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$$

Vérifier sa valeur.

Barème



II. *Partie 2 : Étude conductimétrique d'une solution aqueuse d'acide lactique :*

Données : Toutes les mesures sont effectuées à $25°C$,

- Les conductivités molaires ioniques :
  $\lambda_1 = \lambda_{H_3O^+} = 35.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$; $\lambda_2 = \lambda_{C_3H_5O_3^-} = 4.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

La mesure de la conductivité du volume V de la solution précédente (S_A) d'acide lactique de concentration molaire C_A à donner la valeur $\sigma = 0,234\ S.m^{-1}$.

En négligeant la participation des ions hydroxyde HO^- à la conductivité de la solution.

1. Écrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide lactique avec l'eau. — 0,25 pt
2. Exprimer le taux d'avancement final τ de la réaction en fonction de σ, C_A , λ_1 et λ_2. — 0,5 pt
3. Trouver l'expression de la constante pK_A en fonction de C_A et de τ. Vérifier sa valeur. — 0,75 pt
4. Déterminer, parmi les deux espèces $C_3H_6O_{3(aq)}$ et $C_3H_5O_{3(aq)}^-$, l'espèce chimique prédominante dans la solution (S_A). — 0,5 pt

III. *Partie 3 : Étude d'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate de chrome III :*

On réalise l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate de chrome III ($Cr^{3+}_{(aq)} + 3\ NO^-_{3(aq)}$), en mettant cette solution dans un électrolyseur et en faisant circuler un courant continu d'intensité $I = 50\ mA$ entre les deux électrodes (A) et (B) de l'électrolyseur pendant la durée $\Delta t = 1h\ 30min$.

On observe pendant l'électrolyse la formation d'un dépôt métallique de chrome sur l'électrode (A) et un dégagement gazeux au niveau de l'électrode (B).

Données :

- Les couples Ox/Red : $Cr^{3+}_{(aq)}/Cr_{(s)}$ et $O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$ et $H_2O_{(l)}/H_{2(g)}$
- La constante de Faraday : $1\ \mathcal{F} = 9,65\ .10^4\ C.mol^{-1}$
- La masse molaire atomique du chrome : $M = 52\ g.mol^{-1}$
- Le volume molaire du gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 25\ L.mol^{-1}$

Barème

Recopier, sur la feuille de rédaction, le numéro de la question et écrire à coté, parmi les réponses proposées, la réponse juste sans aucune explication ni justification

0,5 pt

1. Pendant cette électrolyse :

- ♣ L'électrode (A) constitue la cathode et à son voisinage les ions chrome III se réduisent.
- ♣ L'électrode (A) constitue l'anode et à son voisinage le chrome s'oxyde.
- ♣ L'électrode (B) constitue la cathode et à son voisinage l'eau se réduit.
- ♣ L'électrode (B) constitue l'anode et à son voisinage se produit une réduction.

0,5 pt

2. La réaction qui se produit au niveau de l'électrode (B) est :

- ♣ $Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Cr_{(s)}$
- ♣ $2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2HO^-_{(aq)}$
- ♣ $2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$
- ♣ $6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4e^-$

0,5 pt

3. La masse m du chrome déposé sur la cathode pendant la durée Δt est :

- ♣ $m \approx 0,8\ mg$
- ♣ $m \approx 12,12 mg$
- ♣ $m \approx 48,5\ mg$
- ♣ $m \approx 36,4\ g$

0,5 pt

4. Le volume V du gaz formé pendant la durée Δt est :

- ♣ $V \approx 16,8\ mL$
- ♣ $V \approx 17,5\ mL$
- ♣ $V \approx 23,3\ mL$
- ♣ $V \approx 0,175\ L$

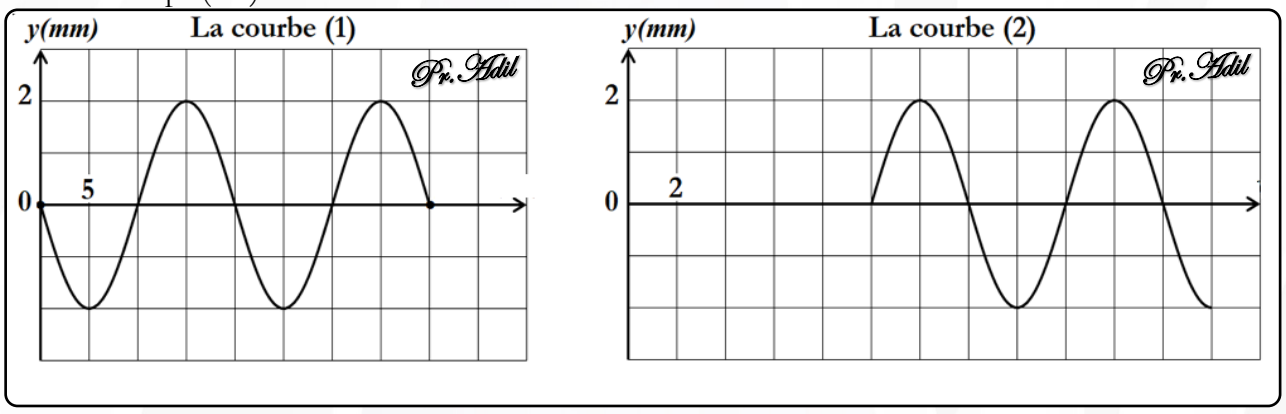
Exercice II (3,5 points)

Pr. Adil

I. Partie 1 : Étude d'une onde mécanique le long d'une corde :

Une corde élastique de longueur infinie, tendue horizontalement, est attachée par son extrémité S à une lame vibrante qui lui communique, à partir de l'instant de date $t_0 = 0$, des vibrations progressives sinusoïdales. On suppose qu'il n'y a aucun amortissement ni réflexion.

Une des courbes ci-dessous représente l'aspect de la corde à l'instant t_1 tel que l'unité des abscisses en (cm) et l'autre courbe l'élongation du mouvement d'un point A de la corde située à la distance d de la source S en fonction de temps (ms).



0,25 pt

1. L'onde étudiée est transversale ou longitudinale ? Justifier la réponse.

0,5 pt

2. Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ et celle de la célérité v.

0,5 pt

3. Déterminer la distance d, et déduire la valeur de l'instant t_1.

0,5 pt

4. Exprimer l'élongation $y_A(t)$ du point A à l'instant t en fonction de l'élongation $y_S(t)$ du point S et la période T.

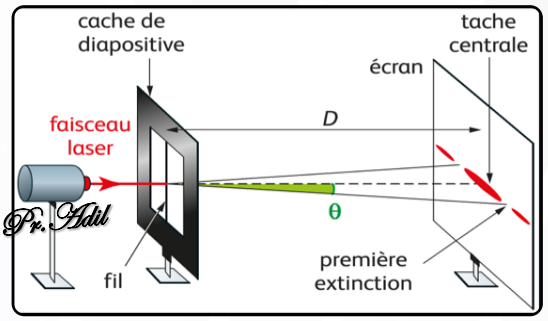
Barème

1. Partie 2 : Diffraction d'une onde lumineuse :

Lorsque la lumière rencontre une ouverture ou un obstacle de faible dimension, elle ne se propage pas en ligne droite, il se produit le phénomène de diffraction qui nous permet de déterminer l'indice de réfraction n d'un milieu transparent par rapport à une lumière monochromatique.

Le fil de pêche est fabrique à partir du nylon qui supporte une grande résistance au poisson pêche, son diamètre est très petit que les poissons ne peuvent pas le voir.

Pour déterminer le diamètre a d'un fil de pêche, l'éclaire à l'aide d'une source laser de lumière monochromatique rouge de longueur d'onde $\lambda_{0R} = 656\ nm$, sur un écran situe à une distance $D = 3\ m$ du fil on obtient des taches lumineuses, la largeur de la tache centrale est $L_{0R} = 7,25\ cm$.



Données :

- La célérité de la lumière dans l'air est $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$.
- Pour θ petit, on considère que $tan\theta \approx \theta$.

0,25 pt 2. Définir une lumière monochromatique.

0,5 pt 3. Exprimer le diamètre a en fonction de D, L_{0R} et λ_{0R}. Calculer sa valeur.

0,5 pt 4. On garde le dispositif précèdent, on remplace la source laser rouge par une autre source laser violette de longueur d'onde λ_{0V} et on obtient une tache centrale de largeur $L_{0V} = 4,8\ cm$. Exprimer λ_{0V} en fonction de λ_{0R}, L_{0R} et L_{0V}, calculer λ_{0V}

0,5 pt 5. La longueur d'onde d'une onde lumineuse dans un prisme de verre :

Radiation lumineuse	Le violet	Le rouge
L'indice de refraction n d'un prisme de verre transparent pour une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans l'air est définit par la loi de Cauchy: $n = A + \frac{B}{\lambda_0^2}$ Avec A et B des constantes qui dépend de verre du prisme.	$n_V = 1,528$	$n_R = 1,514$

Trouver les valeurs des constantes A et B.

Exercice III (2,5 points)

Pr. Adil

Les géologues et les astronomes utilisent la méthode de la datation d'uranium-thorium pour déterminer l'âge des roches anciennes et des météorites. Le but de cet exercice est l'étude du nucléide uranium $^{238}_{92}U$, et la détermination approchée de l'âge d'une roche volcanique.

Données :

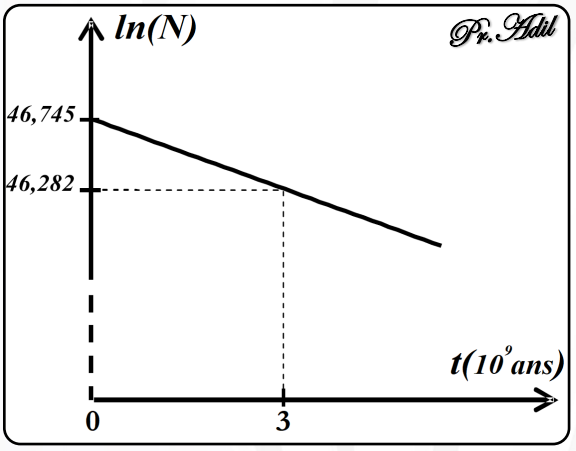
$E_l(X) = 28,28\ MeV$; $E_l(^{238}_{92}U) = 1754,67\ MeV$

$E_l(^{234}_{90}Th) = 1178,50\ MeV$

0,5 pt 1. Le nucléide d'uranium $^{238}_{92}U$ se transforme en nucléide de thorium $^{234}_{90}Th$, trouver la particule émise et définir ce type de radioactivité.

0,5 pt 2. La figure ci-dessous représente les variations de $ln\ (N)$ en fonction du temps t, avec N le nombre de noyaux d'uranium 238 restant dans un échantillon à l'instant t.

Calculer l'activité de l'échantillon à l'instant $t = 6.10^9\ ans$.



Barème

3. Des analyses faites sur une roche ancienne montre qu'elle contient la masse $m_U = 1\ g$ et la masse $m_{Th} = 10\ mg$.
On suppose que le thorium dans cette roche provient uniquement de la désintégration de l'uranium 238 avec le temps.

0,5 pt — 3.1. Montrer que l'âge de la roche minérale est :

$$t = \frac{t_{1/2}}{ln2} . ln\left(1 + \frac{N(^{234}Th)}{N(^{238}U)}\right)$$

0,5 pt — 3.2. Calculer t en ans sachant que $M(^{234}Th) = 234\ g.mol^{-1}$ et $M(^{238}U) = 238\ g.mol^{-1}$.

0,5 pt — 3.3. Calculer l'énergie libérée E_{lib} par la roche depuis sa formation jusqu'à l'instant t.

Exercice IV (4,5 points)

Pr. Adil

On utilise les condensateurs et les bobines dans un ensemble de montages électriques.
L'exercice vise à déterminer l'induction L d'une bobine et à étudier un circuit oscillant libre pour déterminer la capacité C d'un condensateur.

Le circuit électrique représenté sur la figure 1 est constitué de :

- Un générateur G de tension idéal de force électromotrice E.
- Une bobine d'inductance L et de résistance interne négligeable.
- Un condensateur de capacité C.
- Deux conducteurs ohmiques D_1 et D_2 de même résistance $R = 20\ \Omega$.
- Trois interrupteurs K_1, K_2 et K_3.

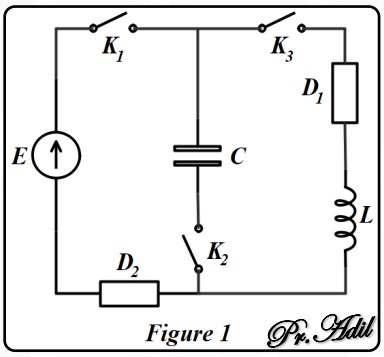


Figure 1 Pr. Adil

I. Partie 1 : Détermination de l'induction L de la bobine :

À l'instant $t = 0$, on ferme les interrupteurs K_1 et K_3 , et on laisse K_2 ouvert.
On pose $R_{éq}$ la résistance équivalente du conducteur ohmique équivalent aux D_1 et D_2..
On suit l'évolution de la tension $u_{R_{éq}}$ aux bornes du conducteur ohmique équivalent et la tension u_L aux bornes de la bobine en fonction du temps. La figure 2 représente les courbes $u_{R_{éq}}$ et u_L. La droite (T) représente la tangente à la courbe (2) à l'origine des temps.

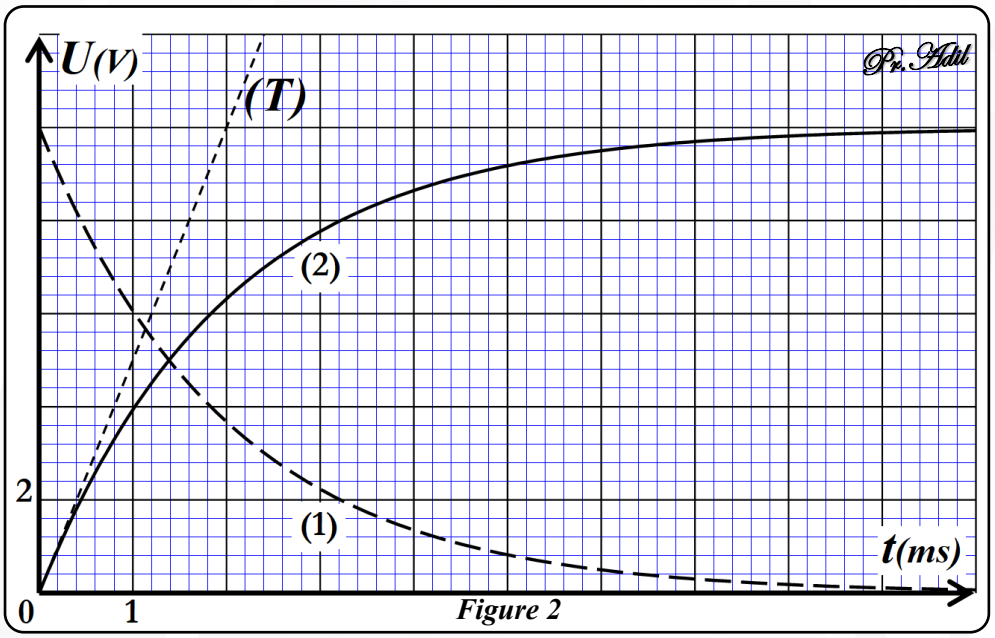


Figure 2

Barème

0,5 pt 1. Identifier parmi les courbes (1) et (2) celle qui correspond à la tension u_L. Justifier la réponse.

0,5 pt 2. Trouver, en fonction des paramètres du circuit, l'expression de l'intensité du courant I_P en régime permanant.

0,5 pt 3. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{R_{éq}}$.

0,5 pt 4. La solution de l'équation différentielle est $u_{R_{éq}} = R_{éq}.I_P.\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$, déterminer l'expression de τ.

0,5 pt 5. En exploitant la figure 2 déterminer les valeurs de E et L.

II. *Partie 2 : Détermination de la capacité C du condensateur :*

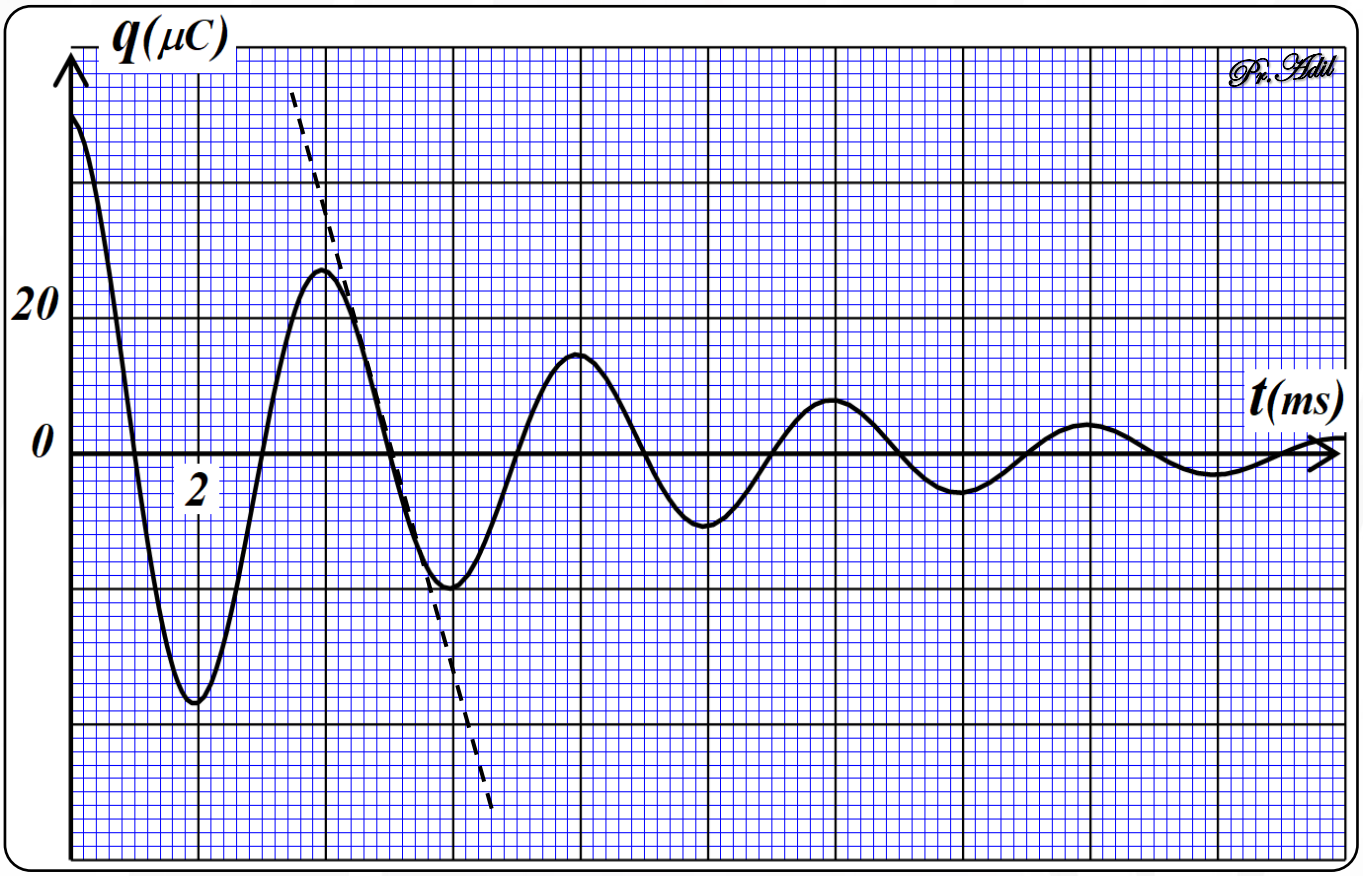
On ouvre les interrupteurs puis on ferme K_1 et K_2 , le condensateur se charge totalement.
Ensuite, à l'instant $t = 0$ considérer comme nouvelle origine du temps, on ouvre l'interrupteur K_1 et on ferme K_3.
À l'aide d'un matériel informatique adéquat, on suit l'évolution de la charge $q(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps, et on obtient la courbe représentée sur la figure 3.

0,5 pt 1. Interpréter le phénomène traduit la courbe de la figure 3.

0,5 pt 2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$.

0,5 pt 3. Déterminer la capacité C du condensateur sachant que la pseudo-période est égale à la période propre de l'oscillateur électrique LC. (On prend $\pi^2 = 10$)

0,5 pt 4. Calculer l'énergie dissipée par effet de joule dans le circuit entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = \frac{5T}{4}$.
(La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'instant t_1).

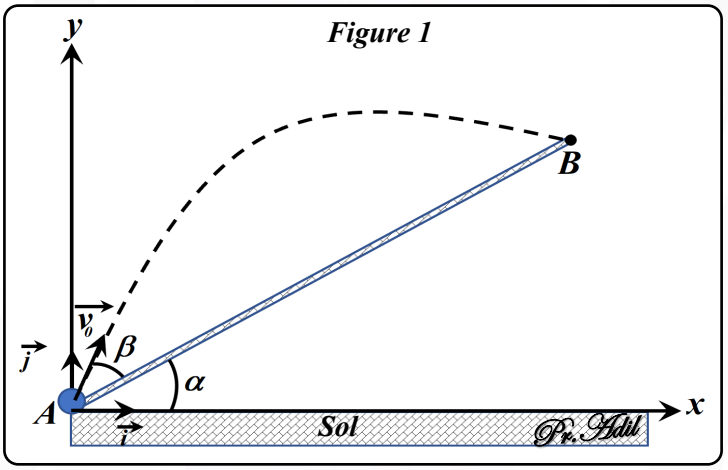


Barème

Exercice V (2,5 points)

À l'instant $t = 0$, la balle est envoyée du point A avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$, forme l'angle β avec le plan incliné (AB) , ce dernier est incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal (Ax).
La balle retombe en une position où le point G se confond avec le point B. (Figure 1)
On suppose que la balle n'est soumise qu'à son poids au cours de son mouvement.
L'étude du mouvement est effectuée dans le repère orthonormé terrestre supposé galiléen $\mathcal{R}(A, \vec{i}, \vec{j})$.

Figure 1



Données :

- L'angle $\alpha = 30°$;
- Intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$;

À l'aide d'un logiciel adéquat, on obtient les deux courbes représentées sur la figure 2.
Les deux courbes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ représentent les variations des coordonnées du vecteur vitesse de la balle dans le repère $\mathcal{R}(A, \vec{i}, \vec{j})$.

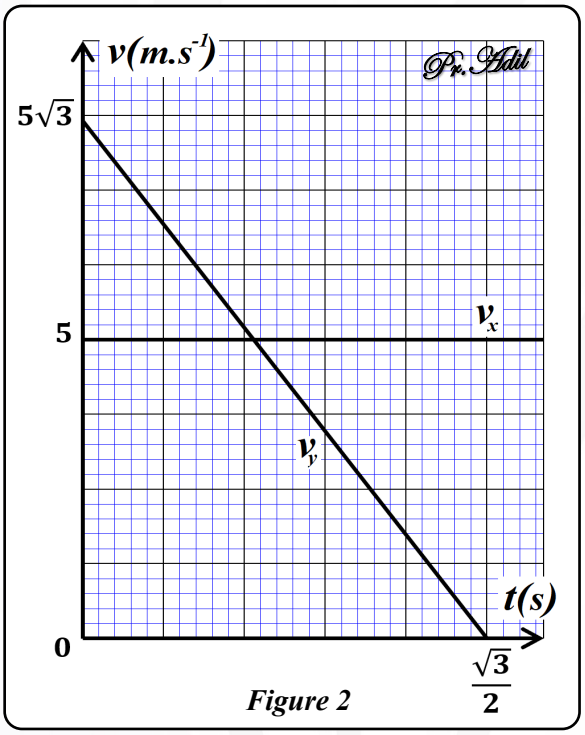


Figure 2

0,5 pt

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les expressions des composantes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ dans le repère $\mathcal{R}(A, \vec{i}, \vec{j})$. — 0,5 pt
2. En exploitant les courbes, déterminer la valeur de l'angle β et celle la vitesse initiale v_0. — 0,5 pt
3. Monter que l'équation de la trajectoire de centre d'inertie de la balle G dans le repère $\mathcal{R}(A, \vec{i}, \vec{j})$ s'écrit sous la forme : — 0,5 pt

$$y = -0,2\ .x^2 + \sqrt{3}\ .x$$

4. Trouver la valeur de la hauteur maximale atteint par la balle par rapport au sol. — 0,5 pt
5. Déterminer la distance AB.

EXERCICE I (7 points)

Étude d'un détartrant à base d'acide lactique et Électrolyse

I. Partie 1 : Étude du dosage d'acide lactique

1. Équation chimique modélisant la réaction du dosage

$$\mathrm{C_3H_6O_{3(aq)}} + \mathrm{HO^-_{(aq)}} \longrightarrow \mathrm{C_3H_5O_3{}^-{}_{(aq)}} + \mathrm{H_2O_{(l)}}$$

2. Montrer que la réaction du dosage est totale La constante d'équilibre de cette réaction est :

$$K = \frac{[\mathrm{C_3H_5O_3{}^-}]}{[\mathrm{C_3H_6O_3}][\mathrm{HO^-}]} = \frac{[\mathrm{C_3H_5O_3{}^-}][\mathrm{H_3O^+}]}{[\mathrm{C_3H_6O_3}][\mathrm{HO^-}][\mathrm{H_3O^+}]} = \frac{K_A}{K_e}$$

Application numérique : $K = \frac{10^{-3,9}}{10^{-14}} = 10^{10,1}$. Puisque $K \gg 10^4$, la réaction est considérée comme **totale**.

3. Calcul de la concentration $\mathbf{C_A}$ D'après la courbe $pH = f(V_B)$, le point d'équivalence (obtenu par la méthode des tangentes ou repérage du point d'inflexion) a pour abscisse $V_{BE} = 15\,\text{mL}$. À l'équivalence, on a la relation : $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$.

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{2 \cdot 10^{-1} \times 15}{10} \implies C_A = 0,3\,\textbf{mol} \cdot \textbf{L}^{-1}$$

4. Calcul de la masse m et vérification du pourcentage massique p La solution commerciale (S_0) a été diluée 20 fois, donc sa concentration est $C_0 = 20 \times C_A = 20 \times 0,3 = 6\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. La masse d'acide lactique dans $1\,\text{L}$ de solution (S_0) est :

$$m = C_0 \times M \times V = 6 \times 90 \times 1 \implies m = 540\,\textbf{g}$$

La masse d'un litre de solution commerciale est $m_{sol} = \rho \times 1\,\text{L} = 1,13\,\text{kg} = 1130\,\text{g}$. Le pourcentage massique est :

$$p = \frac{m}{m_{sol}} \times 100 = \frac{540}{1130} \times 100 \implies p \approx 47,78\%$$

Ce résultat vérifie bien l'indication de l'étiquette $(47,8\%)$.

5. Choix de l'indicateur coloré D'après la courbe, au volume d'équivalence $V_{BE} = 15\,\text{mL}$, le pH est basique ($pH_E \approx 8,2$). L'indicateur coloré convenable

est celui dont la zone de virage encadre le pH_E. C'est donc le **Rouge de crésol** (zone de virage $7,2 - 9$).

6. Vérification de la relation et de la valeur du pK_A Par définition, $pH = pK_A + \log\left(\frac{[C_3H_5O_3^-]}{[C_3H_6O_3]}\right)$. Avant l'équivalence ($V_B < V_{BE}$), le tableau d'avancement donne : - $n(C_3H_5O_3^-) = C_BV_B$ - $n(C_3H_6O_3) = C_AV_A - C_BV_B = C_BV_{BE} - C_BV_B = C_B(V_{BE} - V_B)$. Ainsi, le rapport des concentrations devient : $\frac{[C_3H_5O_3^-]}{[C_3H_6O_3]} = \frac{V_B}{V_{BE}-V_B}$. On a donc :

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{V_B}{V_{BE} - V_B}\right) \implies pK_A = pH - \log\left(\frac{V_B}{V_{BE} - V_B}\right)$$

$$pK_A = pH + \log\left(\frac{V_{BE} - V_B}{V_B}\right) \implies pK_A = pH + \log\left(\frac{V_{BE}}{V_B} - 1\right)$$

Vérification pour $V_B = 12\,\text{mL}$: D'après la courbe, pour $V_B = 12\,\text{mL}$, on lit un $pH \approx 4,5$.

$$pK_A = 4,5 + \log\left(\frac{15}{12} - 1\right) = 4,5 + \log(0,25) = 4,5 - 0,6 \implies pK_A = 3,9$$

La valeur est bien vérifiée.

II. Partie 2 : Étude conductimétrique

1. Équation de la réaction avec l'eau

$$C_3H_6O_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {C_3H_5O_3}^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2. Expression de τ La conductivité de la solution s'écrit : $\sigma = \lambda_1[H_3O^+] + \lambda_2[C_3H_5O_3^-]$. D'après l'équation, $[H_3O^+] = [C_3H_5O_3^-]$, donc $\sigma = [H_3O^+](\lambda_1 + \lambda_2) \implies [H_3O^+] = \frac{\sigma}{\lambda_1+\lambda_2}$. Le taux d'avancement final est $\tau = \frac{[H_3O^+]}{C_A}$. On obtient : $\tau = \frac{\sigma}{C_A(\lambda_1+\lambda_2)}$

3. Expression de pK_A et vérification La constante d'acidité est : $K_A = \frac{[H_3O^+][C_3H_5O_3^-]}{[C_3H_6O_3]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C_A-[H_3O^+]}$. En introduisant $\tau = \frac{[H_3O^+]}{C_A}$, on a $K_A = \frac{(C_A\cdot\tau)^2}{C_A(1-\tau)} = \frac{C_A\cdot\tau^2}{1-\tau}$. Donc $pK_A = -\log\left(\frac{C_A\cdot\tau^2}{1-\tau}\right)$. **Vérification numérique :** Il faut exprimer

C_A en mol · m^{-3} pour le calcul de τ : $C_A = 0,3\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 300\,\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$\tau = \frac{0,234}{300 \times (35 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-3})} = \frac{0,234}{300 \times 39 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,234}{11,7} = 0,02$$

$$K_A = \frac{0,3 \times (0,02)^2}{1 - 0,02} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{0,98} \approx 1,22 \cdot 10^{-4}$$

$$pK_A = -\log(1,22 \cdot 10^{-4}) \approx 3,91 \implies pK_A \approx 3,9$$

4. Espèce prédominante Puisque $\tau = 0,02 \ll 0,5$, l'acide s'est très peu dissocié. Le pH de la solution est $pH = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) = -\log(0,3 \times 0,02) = 2,22$. Comme $pH < pK_A$, l'espèce prédominante est la forme acide $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(\text{aq})}$.

III. Partie 3 : Étude d'électrolyse (Réponses au QCM)

1. L'électrode (A) constitue la cathode et à son voisinage les ions chrome III se réduisent.
2. $2\,\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{O}_{2(\text{g})} + 4\,\text{H}_{(\text{aq})}{}^+ + 4\,\text{e}^-$
3. $m \approx 48,5\,\text{mg}$
4. $V \approx 17,5\,\text{mL}$

EXERCICE II (3,5 points)

Onde mécanique le long d'une corde et Diffraction d'une onde lumineuse

I. Partie 1 : Étude d'une onde mécanique le long d'une corde

1. Transversale ou longitudinale ? L'onde étudiée est **transversale**. **Justification :** La direction de déformation de la corde (verticale) est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (horizontale).

2. Détermination de la longueur d'onde λ et de la célérité v

— **Longueur d'onde λ :** D'après la courbe (1) ($y = f(x)$), la distance parcourue par $1,5$ motif d'onde correspond à $15\,\text{cm}$. L'abscisse de la valeur $5\,\text{cm}$ correspond à la 2ème graduation principale, ce qui donne $2,5\,\text{cm}$ par graduation. Un motif complet correspond à 4 graduations.

$$\lambda = 4 \times 2,5\,\text{cm} \implies \lambda = 10\,\textbf{cm} = 0,1\,\textbf{m}$$

— **Célérité v :** D'après la courbe (2) ($y = f(t)$), on peut déterminer la période T. L'abscisse 2 ms correspond à la 1ère graduation. Une période T s'étale sur 4 graduations. Donc $T = 4 \times 2\,\text{ms} = 8\,\text{ms}$.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,1}{8 \cdot 10^{-3}} \implies v = 12,5\,\mathbf{m \cdot s^{-1}}$$

3. Distance d et valeur de l'instant t_1

— **Distance d :** Le point A commence à vibrer à un instant τ (retard temporel). D'après la courbe (2), le front d'onde arrive en A à la 2ème graduation, donc $\tau = 2 \times 2 = 4\,\text{ms}$.

$$d = v \cdot \tau = 12,5 \times 4 \cdot 10^{-3} = 0,05\,\text{m} \implies d = 5\,\mathbf{cm}$$

— **Instant t_1 :** À l'instant t_1, le front de l'onde (la fin de la déformation sur la courbe 1) a parcouru la distance $x_F = 15\,\text{cm}$.

$$t_1 = \frac{x_F}{v} = \frac{0,15}{12,5} = 0,012\,\text{s} \implies t_1 = 12\,\mathbf{ms}$$

4. Expression de l'élongation $y_A(t)$ L'élongation d'un point A se déduit de celle de la source S par l'expression du retard τ : $y_A(t) = y_S(t - \tau)$. On a $\tau = 4\,\text{ms}$ et $T = 8\,\text{ms}$, donc $\tau = \frac{T}{2}$.

$$y_A(t) = y_S\left(t - \tfrac{T}{2}\right)$$

II. Partie 2 : Diffraction d'une onde lumineuse

2. Définition d'une lumière monochromatique C'est une lumière qui ne peut pas être décomposée par un prisme. Elle est constituée d'une **seule radiation** caractérisée par une fréquence (ou une longueur d'onde) bien déterminée.

3. Expression du diamètre a et calcul de sa valeur D'après l'écart angulaire $\theta = \frac{\lambda_{0R}}{a}$, et géométriquement $\tan\theta = \frac{L_{0R}}{2D}$. Pour les petits angles $\tan\theta \approx \theta$.

$$\frac{\lambda_{0R}}{a} = \frac{L_{0R}}{2D} \implies a = \frac{2\lambda_{0R}D}{L_{0R}}$$

Application numérique : $a = \frac{2 \times 656 \cdot 10^{-9} \times 3}{7,25 \cdot 10^{-2}} \approx 5,43 \cdot 10^{-5}\,\text{m}$.

$$a \approx 54,3\,\mu\text{m}$$

4. Expression de λ_{0V} et calcul On a toujours $a = \frac{2\lambda_{0V}D}{L_{0V}}$, ce qui permet

d'écrire : $\frac{2\lambda_{0R}D}{L_{0R}} = \frac{2\lambda_{0V}D}{L_{0V}}$. On en déduit : $\lambda_{0V} = \lambda_{0R} \cdot \frac{L_{0V}}{L_{0R}}$. Application numérique : $\lambda_{0V} = 656 \times \frac{4{,}8}{7{,}25} \approx 434{,}3\,\text{nm}$.

$$\lambda_{0V} \approx 434{,}3\,\text{nm}$$

5. Valeurs des constantes A et B (Loi de Cauchy) On pose un système d'équations avec $n_R = A + \frac{B}{\lambda_{0R}^2}$ et $n_V = A + \frac{B}{\lambda_{0V}^2}$. En soustrayant, $n_V - n_R = B\left(\frac{1}{\lambda_{0V}^2} - \frac{1}{\lambda_{0R}^2}\right) \Longrightarrow B = \frac{n_V - n_R}{\frac{1}{\lambda_{0V}^2} - \frac{1}{\lambda_{0R}^2}}$. En convertissant les longueurs d'ondes en mètres : $\lambda_{0V} = 434{,}3 \cdot 10^{-9}\,\text{m}$ et $\lambda_{0R} = 656 \cdot 10^{-9}\,\text{m}$.

$$B = \frac{1{,}528 - 1{,}514}{\frac{1}{(434{,}3\cdot 10^{-9})^2} - \frac{1}{(656\cdot 10^{-9})^2}} = \frac{0{,}014}{5{,}301 \cdot 10^{12} - 2{,}324 \cdot 10^{12}} = \frac{0{,}014}{2{,}977 \cdot 10^{12}}$$

$B \approx 4{,}70 \cdot 10^{-15}\,\textbf{m}^2$ Ensuite on déduit A : $A = n_R - \frac{B}{\lambda_{0R}^2} = 1{,}514 - \frac{4{,}70\cdot 10^{-15}}{(656\cdot 10^{-9})^2} = 1{,}514 - 0{,}011$. $A \approx 1{,}503$

EXERCICE III (2,5 points)

Datation Uranium-Thorium

1-3 Étude du nucléide d'uranium

1. Particule émise et type de radioactivité L'équation de désintégration est : ${}^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^{A}_{Z}\text{X}$. D'après les lois de conservation de Soddy : - $238 = 234 + A \Longrightarrow A = 4$ - $92 = 90 + Z \Longrightarrow Z = 2$ La particule émise est un **noyau d'hélium** ${}^{4}_{2}\text{He}$, appelé **particule** α. Il s'agit d'une **radioactivité de type** α.

2. Activité de l'échantillon à $\mathbf{t = 6 \cdot 10^9}$ ans L'équation de la droite est $\ln(N) = -\lambda t + \ln(N_0)$. La pente est $-\lambda$.

$$\lambda = -\frac{46{,}282 - 46{,}745}{(3-0)\cdot 10^9} = \frac{0{,}463}{3\cdot 10^9} \approx 1{,}543 \cdot 10^{-10}\,\text{ans}^{-1}$$

Conversion en s^{-1} : $\lambda = \frac{1{,}543\cdot 10^{-10}}{365{,}25\times 24\times 3600} \approx 4{,}89 \cdot 10^{-18}\,\text{s}^{-1}$. À $t = 6 \cdot 10^9$ ans, calculons $\ln(N)$:

$$\ln(N) = 46{,}745 - (1{,}543 \cdot 10^{-10}) \times (6 \cdot 10^9) = 46{,}745 - 0{,}926 = 45{,}819$$

On en déduit $N(t) = e^{45{,}819} \approx 7{,}92 \cdot 10^{19}$ noyaux. L'activité $a(t) = \lambda \cdot N(t) = 4{,}89 \cdot 10^{-18} \times 7{,}92 \cdot 10^{19}$.

$$a(t) \approx 387\,\text{Bq}$$

3.1. Montrer l'expression de l'âge t D'après la conservation du nombre de noyaux : $N_0(\mathrm{U}) = N(\mathrm{U}) + N(\mathrm{Th})$. La loi de décroissance est $N(\mathrm{U}) = N_0(\mathrm{U}) \cdot e^{-\lambda t} \implies N_0(\mathrm{U}) = N(\mathrm{U}) \cdot e^{\lambda t}$.

$$N(\mathrm{U}) \cdot e^{\lambda t} = N(\mathrm{U}) + N(\mathrm{Th}) \implies e^{\lambda t} = 1 + \frac{N(\mathrm{Th})}{N(\mathrm{U})}$$

En appliquant ln : $\lambda t = \ln\left(1 + \frac{N(\mathrm{Th})}{N(\mathrm{U})}\right) \implies t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(1 + \frac{N(\mathrm{Th})}{N(\mathrm{U})}\right)$. Sachant que $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$, on retrouve :

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln\left(1 + \frac{N(^{234}\mathrm{Th})}{N(^{238}\mathrm{U})}\right)$$

3.2. Calculer t en ans Les nombres de noyaux sont : $N(\mathrm{Th}) = \frac{m_{Th}}{M(\mathrm{Th})} N_A$ et $N(\mathrm{U}) = \frac{m_U}{M(\mathrm{U})} N_A$. Leur rapport est $\frac{N(\mathrm{Th})}{N(\mathrm{U})} = \frac{m_{Th} \cdot M(\mathrm{U})}{m_U \cdot M(\mathrm{Th})} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \times 238}{1 \times 234} \approx 0,01017$.

$$t = \frac{1}{1,543 \cdot 10^{-10}} \ln(1 + 0,01017) \approx 6,48 \cdot 10^9 \times 0,01012$$

$$t \approx 6,56 \cdot 10^7 \text{ ans}$$

3.3. Calculer l'énergie libérée E_{lib} L'énergie libérée lors d'UNE désintégration est : $\Delta E = E_l(\mathrm{Th}) + E_l(\alpha) - E_l(\mathrm{U}) = 1778,50 + 28,28 - 1754,67 = 52,11\,\mathrm{MeV}$. Le nombre total de désintégrations depuis la formation est le nombre de noyaux de Thorium formés :

$$N(\mathrm{Th}) = N_A \cdot \frac{m_{Th}}{M(\mathrm{Th})} = 6,022 \cdot 10^{23} \times \frac{10 \cdot 10^{-3}}{234} \approx 2,57 \cdot 10^{19}$$

L'énergie totale libérée $E_{lib} = N(\mathrm{Th}) \times \Delta E$:

$$E_{lib} = 2,57 \cdot 10^{19} \times 52,11 \implies E_{lib} \approx 1,34 \cdot 10^{21}\ \textbf{MeV} \quad (\textbf{soit } \approx 2,14 \cdot 10^8\ \textbf{J})$$

EXERCICE IV (4,5 points)

Détermination de l'inductance L d'une bobine et de la capacité C d'un condensateur

I. Partie 1 : Détermination de l'induction L de la bobine

1. Identification des courbes (1) et (2) À l'instant $t = 0$, d'après la loi de modération, la bobine s'oppose à l'établissement du courant, donc $i(0) = 0$. Par conséquent, la tension aux bornes du conducteur ohmique équivalent est

$u_{R_{éq}}(0) = R_{éq} \cdot i(0) = 0\,\text{V}$. D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L(0) + u_{R_{éq}}(0) = E \implies u_L(0) = E$. Graphiquement, la courbe qui part de 0 est la courbe (2) et celle qui part d'une valeur maximale non nulle est la courbe (1). Donc : **La courbe (1) correspond à u_L et la courbe (2) correspond à $u_{R_{éq}}$.**

2. Expression de l'intensité du courant I_p en régime permanent En régime permanent, le courant est constant ($i = I_p$), donc $\frac{di}{dt} = 0$. La tension aux bornes de la bobine idéale devient $u_L = L\frac{di}{dt} = 0$. D'après la loi des mailles : $E = u_L + u_{R_{éq}} \implies E = 0 + R_{éq} \cdot I_p$. La résistance équivalente des deux conducteurs en série est $R_{éq} = R + R = 2R$.

$$I_p = \frac{E}{R_{éq}} = \frac{E}{2R}$$

3. Équation différentielle vérifiée par la tension $u_{R_{éq}}$ D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L + u_{R_{éq}} = E$. On sait que $u_L = L\frac{di}{dt}$ et $i = \frac{u_{R_{éq}}}{R_{éq}}$. En dérivant, on obtient : $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R_{éq}}\frac{du_{R_{éq}}}{dt}$. On remplace dans l'équation d'additivité :

$$\frac{L}{R_{éq}}\frac{du_{R_{éq}}}{dt} + u_{R_{éq}} = E$$

4. Détermination de l'expression de τ On a la solution : $u_{R_{éq}} = R_{éq} I_p(1 - e^{-t/\tau})$. Sa dérivée par rapport au temps est : $\frac{du_{R_{éq}}}{dt} = R_{éq} I_p \left(\frac{1}{\tau}\right) e^{-t/\tau}$. En remplaçant dans l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R_{éq}}\left(R_{éq} I_p \frac{1}{\tau} e^{-t/\tau}\right) + R_{éq} I_p - R_{éq} I_p e^{-t/\tau} = E$$

Sachant que $E = R_{éq} I_p$, on obtient :

$$R_{éq} I_p e^{-t/\tau}\left(\frac{L}{R_{éq} \cdot \tau} - 1\right) + E = E \implies \frac{L}{R_{éq} \cdot \tau} - 1 = 0$$

D'où l'expression de la constante de temps : $\tau = \frac{L}{R_{éq}} = \frac{L}{2R}$

5. Détermination des valeurs de E et L

- **Valeur de E :** D'après la courbe (2), en régime permanent, $u_{R_{éq}}$ tend vers E. L'asymptote horizontale est à 12 divisions (1 division verticale $= 1\,\text{V}$). Donc $E = 12\,\text{V}$.
- **Valeur de L :** La tangente (T) à l'origine de la courbe (2) coupe l'asymptote horizontale ($u = 12\,\text{V}$) à l'instant $t = \tau$. Par lecture graphique (la graduation 1 est à 2 divisions, donc 1 div horizontale $= 0,5\,\text{ms}$), l'intersection se fait à 4 divisions, soit $t = 2\,\text{ms}$.

$$\tau = 2 \cdot 10^{-3}\,\text{s}$$

Or $L = \tau \cdot R_{\text{éq}} = \tau \times (2R) = 2 \cdot 10^{-3} \times (2 \times 20) = 2 \cdot 10^{-3} \times 40 = 0,08\,\text{H}$.
$L = 80\,\textbf{mH}$

II. Partie 2 : Détermination de la capacité C du condensateur

1. Interprétation du phénomène La courbe $q(t)$ (figure 3) montre des **oscillations amorties**. Le régime est **pseudo-périodique**. Ce phénomène d'amortissement est dû à la **dissipation de l'énergie électrique sous forme de chaleur par effet Joule** au niveau de la résistance du conducteur ohmique D_1.

2. Équation différentielle vérifiée par la charge $\mathbf{q(t)}$ Le circuit est constitué de la bobine L, du condensateur C et de la résistance D_1 ($R = 20\,\Omega$) en série. D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L + u_{D_1} + u_C = 0 \implies L\frac{di}{dt} + R \cdot i + \frac{q}{C} = 0$. Sachant que $i = \frac{dq}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$, on obtient :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0$$

3. Détermination de la capacité C La pseudo-période T est l'intervalle de temps entre deux maxima consécutifs. D'après la figure 3, la distance entre $t = 0$ et le premier pic suivant s'étale sur 4 divisions horizontales. La graduation "2" se situe à la 2ème division, donc 1 div $= 1$ ms. On a donc $T = 4\,\text{ms} = 4 \cdot 10^{-3}$ s. Puisque $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$, on élève au carré : $T^2 = 4\pi^2 L \cdot C \implies C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$. Application numérique (avec $\pi^2 = 10$) :

$$C = \frac{(4 \cdot 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 0,08} = \frac{16 \cdot 10^{-6}}{3,2} = 5 \cdot 10^{-6}\,\text{F} \implies C = 5\,\mu\textbf{F}$$

(Remarque : on peut vérifier avec la valeur initiale : $q(0) = C \cdot E \implies 60\,\mu C = C \times 12\,V \implies C = 5\,\mu F$. Ce qui est cohérent avec la figure 3).

4. Calcul de l'énergie dissipée par effet Joule L'énergie dissipée correspond à la variation de l'énergie totale du circuit : $\Delta E_T = E_T(t_1) - E_T(t_0)$.

— **À l'instant $\mathbf{t_0 = 0}$:** L'intensité est nulle ($i = 0$) et la charge est maximale ($q_0 = 60\,\mu$C). L'énergie est purement électrique :

$$E_T(0) = \frac{1}{2}\frac{q_0^2}{C} = \frac{1}{2} \times \frac{(60 \cdot 10^{-6})^2}{5 \cdot 10^{-6}} = \frac{3600 \cdot 10^{-12}}{10 \cdot 10^{-6}} = 360 \cdot 10^{-6}\,\text{J} = 360\,\mu\text{J}$$

— **À l'instant $\mathbf{t_1 = \frac{5T}{4}}$:** $t_1 = \frac{5 \times 4}{4} = 5\,\text{ms}$. D'après la figure 3, à $t = 5\,\text{ms}$, la charge s'annule : $q(t_1) = 0$. L'énergie est purement magnétique : $E_T(t_1) = \frac{1}{2}L \cdot i^2(t_1)$. L'intensité $i(t_1) = \frac{dq}{dt}(t_1)$ est la pente de la tangente (T) à cet instant. La tangente (T) passe par les points $(4,5\,\text{ms}; 20\,\mu\text{C})$ et

$(5,5\,\text{ms}; -20\,\mu\text{C})$.

$$i(t_1) = \frac{-20-20}{5,5-4,5} = \frac{-40\,\mu\text{C}}{1\,\text{ms}} = \frac{-40\cdot 10^{-6}}{10^{-3}} = -0,04\,\text{A}$$

$$E_T(t_1) = \frac{1}{2}\times 0,08\times(-0,04)^2 = 0,04\times 0,0016 = 6,4\cdot 10^{-5}\,\text{J} = 64\,\mu\text{J}$$

L'énergie dissipée est $E_{\text{diss}} = |E_T(t_1) - E_T(0)| = |64\,\mu\text{J} - 360\,\mu\text{J}|$.

$$E_{\text{diss}} = 296\,\mu\text{J}$$

EXERCICE V (2,5 points)

Mouvement d'un projectile sur un plan incliné

Correction Détaillée

1. Expressions des composantes $\mathbf{v_x(t)}$ et $\mathbf{v_y(t)}$ Le système étudié est la balle. Bilan des forces : La balle n'est soumise qu'à son poids $\vec{P}$ (chute libre). On applique la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} = m\vec{a}_G \implies m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$$

On projette ce vecteur accélération sur le repère $(A, \vec{i}, \vec{j})$:

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

Les composantes de la vitesse s'obtiennent par intégration par rapport au temps ($v(t) = \int a(t)dt$) :

$$\begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -g\cdot t + C_2 \end{cases}$$

Les constantes C_1 et C_2 sont déterminées par les conditions initiales à $t = 0$. Le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ fait un angle total de $(\alpha+\beta)$ avec l'horizontale (l'axe Ax). Donc : $v_{0x} = v_0\cos(\alpha+\beta)$ et $v_{0y} = v_0\sin(\alpha+\beta)$. Les expressions des composantes du vecteur vitesse sont donc :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0\cos(\alpha+\beta) \\ v_y(t) = -g\cdot t + v_0\sin(\alpha+\beta) \end{cases}$$

2. Détermination de l'angle β et de la vitesse initiale $\mathbf{v_0}$ D'après les courbes de la figure 2, à l'instant $t = 0$, on lit directement :

$$v_{0x} = 5\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \quad \text{et} \quad v_{0y} = 5\sqrt{3}\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

— **Calcul de $\mathbf{v_0}$:**

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = \sqrt{5^2 + (5\sqrt{3})^2} = \sqrt{25 + 75} = \sqrt{100}$$

$v_0 = 10\,\mathbf{m}\cdot\mathbf{s}^{-1}$

— **Calcul de β :** Soit $\theta_0 = \alpha + \beta$ l'angle de tir par rapport à l'horizontale.

$$\tan(\theta_0) = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{5\sqrt{3}}{5} = \sqrt{3}$$

On en déduit que $\theta_0 = 60°$. Or $\theta_0 = \alpha + \beta \implies \beta = \theta_0 - \alpha = 60° - 30°$.
$\beta = 30°$

3. Équation de la trajectoire On détermine d'abord les équations horaires du mouvement en intégrant les composantes de la vitesse. Sachant qu'à $t = 0$, la balle part de l'origine $A(0, 0)$:

$$\begin{cases} x(t) = v_{0x}\cdot t = 5t \\ y(t) = -\frac{1}{2}g\cdot t^2 + v_{0y}\cdot t = -5t^2 + 5\sqrt{3}t \end{cases}$$

Pour trouver l'équation de la trajectoire, on élimine le temps t : $t = \frac{x}{5}$. On remplace dans l'équation de $y(t)$:

$$y(x) = -5\left(\frac{x}{5}\right)^2 + 5\sqrt{3}\left(\frac{x}{5}\right) = -5\frac{x^2}{25} + \sqrt{3}x$$

En simplifiant, on retrouve bien l'équation demandée :

$$y = -0,2\cdot x^2 + \sqrt{3}\cdot x$$

4. Hauteur maximale atteinte (la flèche) La hauteur maximale $y_{\max}$ est atteinte lorsque la composante verticale de la vitesse s'annule : $v_y(t_S) = 0$. D'après la figure 2, $v_y = 0$ pour l'instant $t_S = \frac{\sqrt{3}}{2}$ s. On remplace cet instant dans l'équation horaire $y(t)$:

$$y_{\max} = -5\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + 5\sqrt{3}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = -5\left(\frac{3}{4}\right) + \frac{15}{2} = -\frac{15}{4} + \frac{30}{4} = \frac{15}{4}$$

$y_{\max} = 3,75\,\text{m}$

Remarque : On pouvait aussi dériver l'équation de la trajectoire par rapport à x.

5. Détermination de la distance AB Le point B est le point d'intersection entre la trajectoire de la balle et le plan incliné. L'équation de la droite (AB) passant par l'origine et inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ est :

$$y_B = \tan(\alpha) \cdot x_B = \tan(30°) \cdot x_B = \frac{\sqrt{3}}{3} x_B$$

Au point B, cette équation est égale à celle de la trajectoire :

$$-0,2 \cdot x_B^2 + \sqrt{3} \cdot x_B = \frac{\sqrt{3}}{3} x_B$$

Puisque le point B est distinct de A ($x_B \neq 0$), on peut diviser par x_B :

$$-0,2 \cdot x_B + \sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{3} \implies 0,2 \cdot x_B = \sqrt{3} - \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

$$x_B = \frac{2\sqrt{3}}{3 \times 0,2} = \frac{2\sqrt{3}}{0,6} = \frac{10\sqrt{3}}{3}\,\text{m}$$

La distance AB correspond à l'hypoténuse du triangle rectangle formé par les coordonnées de B. On a $x_B = AB \cdot \cos(\alpha)$:

$$AB = \frac{x_B}{\cos(30°)} = \frac{\frac{10\sqrt{3}}{3}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{10\sqrt{3}}{3} \times \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{20}{3}$$

$AB = \frac{20}{3} \approx 6,67\,\text{m}$

من انجاز ذ.
محمد سعيد

امتحان وطني تجريبي رقم 5 للبكالوريا

المسالك الدولية

الدورة العادية 2026

- الموضوع -

مجموعة مدارس باب الخير الخصوصية
أولي - ابتدائي - إعدادي - تأهيلي
GROUPE SCOLAIRE BAB EL KHEIR

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	المعامل	7

INSTRUCTIONS GENERALES

- L'utilisation de la calculatrice non programmable est autorisée ;
- Le candidat peut traiter les exercices de l'épreuve suivant l'ordre qui lui convient ;
- L'utilisation de la couleur rouge lors de la rédaction des solutions est à éviter.

COMPOSANTES DU SUJET

L'épreuve est composée de quatre exercices indépendants entre eux et répartis suivant les domaines comme suit :

Exercice 1	Chimie	7 points
Exercice 2	Ondes	2.5 points
Exercice 3	Électricité	4.75points
Exercice 4	Mécanique	5.75points

Scanné avec CamScanner

Chimie :

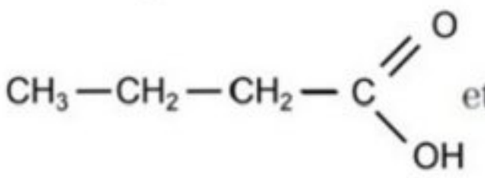
PREMIÈRE PARTIE :De la transformation chimique non totale à la transformation totale :

Les transformations chimiques peuvent être totales ou non totales .Les chimistes utilisent plusieurs méthodes pour suivre quantitativement les transformations chimiques au cours du temps et les contrôler pour augmenter leur rendement ou diminuer leur vitesse pour limiter leurs effets. Parfois le chimiste change l'un des réactifs pour obtenir le même produit avec plus d'efficacité. Données

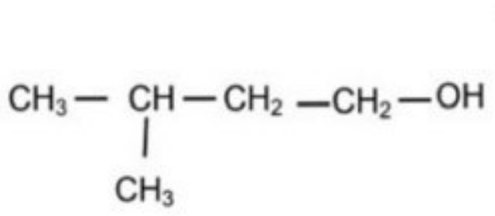
Le composé organique	Masse molaire $\left(\mathbf{g\cdot\ mol^{-1}}\right)$	Masse volumique $\left(\mathbf{g\cdot\ mL^{-1}}\right)$
L'acide (A)	$\mathbf{M(\ A) = 88,0}$	$\boldsymbol{\rho}\mathbf{(\ A) = 0,956}$
L'alcool (B)	$\mathbf{M(\ B) = 88,0}$	$\boldsymbol{\rho}\mathbf{(\ B) = 0,810}$
Anhydride butanoique (AN)	$\mathbf{M(AN) = 158,0}$	$\boldsymbol{\rho}\mathbf{(AN) = 0,966}$

1 Suivi temporel d'une transformation chimique :

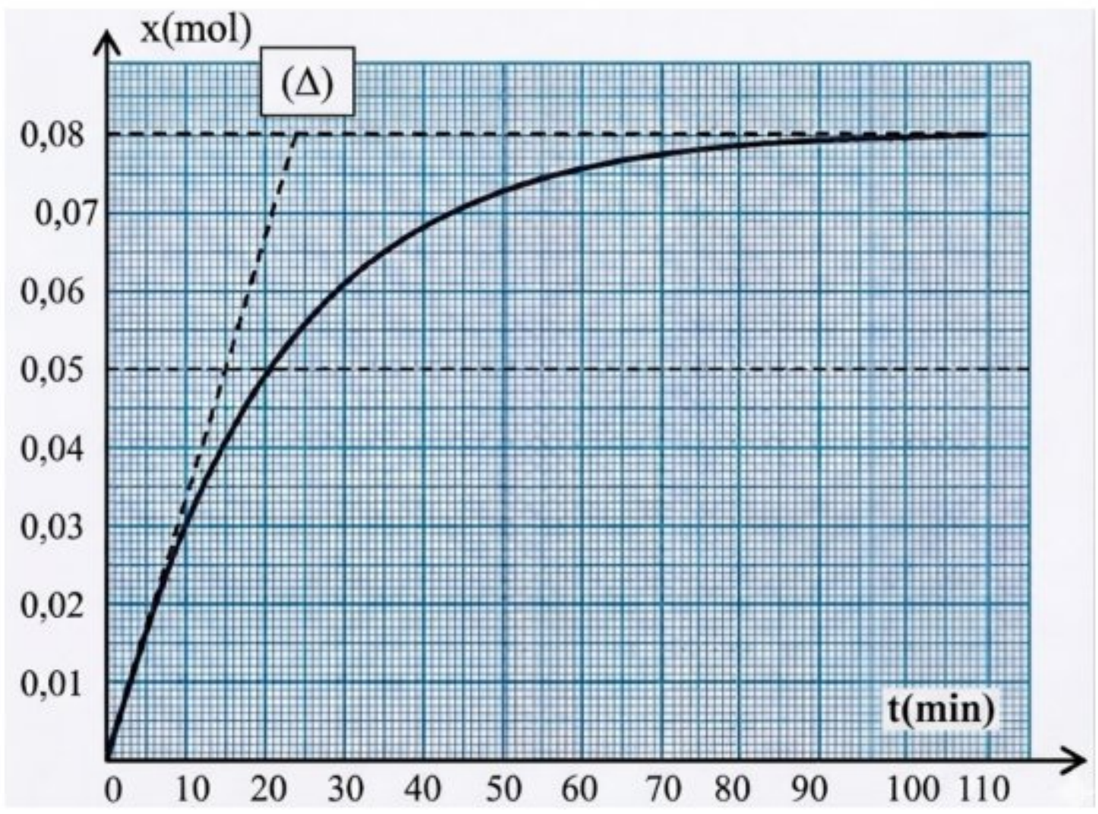
On mélange dans un erlenmeyer un volume $\mathbf{V_A = 11mL}$ de l'acide $\mathbf{(A)}$ de formule



et un volume $\mathbf{V_B = 13\ mL}$ de l'alcool (B) de formule :



On ajoute au mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques pierres ponces. Après chauffage, il se forme un composé (E) de masse molaire $\boldsymbol{M(E) = 158 g.mol^{-1}}$. Le graphe $\boldsymbol{x = f(t)}$ donne l'évolution de l'avancement $\boldsymbol{x}$ de la réaction en fonction du temps $\boldsymbol{t}$, (fig1). La droite ($\boldsymbol{\Delta}$) représente la tangente à la courbe $\boldsymbol{x = f(t)}$ à l' instant $\boldsymbol{t = 0}$.



0.5 1.1 Donner la définition du temps de demi-réaction et déterminer sa valeur.

0.75 1.2 Calculer graphiquement la valeur de la vitesse volumique $\mathbf{v(0)}$ à l'instant $\mathbf{t = 0}$.

2 Rendement de la réaction :

0.5 2.1 Écrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation de la synthèse du composé (E) à partir de l'acide (A) et l'alcool $\mathbf{(B)}$ et donner le nom du composé (E) suivant la nomenclature officielle.

0.5 2.2 Calculer la quantité de matière initiale de l'acide $\boldsymbol{(A)}$ et la quantité de matière initiale l'alcool ($\boldsymbol{B}$).

0.5 2.3 Calculer la valeur de la constante d'équilibre $\mathbf{K}$ associée à l'équation de synthèse du composé (E).

1 2.4 On mélange $\mathbf{0,12\ mol}$ de l'acide (A) et $\mathbf{0,24\ mol}$ de l'alcool(B) :

a- calculer l'avancement finale de la réaction qui a lieu.

b- Calculer le rendement de la réaction.

3 Contrôle de l'évolution du système chimique :

On peut améliorer également le rendement de la réaction précédente en remplaçant l'acide (A) par l'anhydride butanoique (AN). On mélange un volume $\mathbf{V_B = 13mLde}$ l'alcool(B) et un volume $\mathbf{V_{AN} = 14mL}$ de l'anhydride butanoique, On obtient une masse $\mathbf{m(E)}$ du composé (E).

0.5 3.1 Écrire l'équation de la réaction dans ce cas en utilisant les formules semi-développées.

0.75 3.2 Calculer la masse $\boldsymbol{m(E)}$.

Scanné avec CamScanner

Deuxième partie : Le nickelage d'une lame de fer :

On fait déposer une couche métallique sur des métaux tels que le fer, le cuivre, l'acier.... pour les protéger contre les corrosions ou les rendre plus résistant ou améliorer leur aspect.

L'objectif de cette partie consiste à étudier le recouvrement d'une lame de fer par une couche de nickel à l'aide de l'électrolyse.

Données :

La masse volumique du nickel : $\mu = 8,9.10^3 kg \cdot m^{-3}$

Les masses molaires : $M(Ni) = 58,7\ g \cdot\ mol^{-1}$; $M(O) = 16\ g \cdot\ mol^{-1}$; $M(S) = 32\ g \cdot\ mol^{-1}$

Le Faraday : $1F = 96500 C.mol^{-1-1}$

On réalise une électrolyse pour recouvrir une lame rectangulaire mince de fer dont l'épaisseur est négligeable, de longueur $L = 10\ cm$ et de largeur $\ell = 5\ cm$ par une couche de nickel d'épaisseur e sur chacune des deux faces de la lame.

Pour cela, on immerge totalement la lame de fer et une tige en platine dans un récipient contenant une solution de sulfate de nickel II $\left(Ni^{2+} + SO_4^{2-}\right)$ de concentration massique $C_m = 11\ g.L^{-1}$ et de volume $V = 1,0L$.

On relie le pôle négatif d'un générateur à la lame de fer et son pôle positif à la tige de platine . Un courant électrique d'intensité constante $I = 8,0$ A passe alors dans le circuit. Cet électrolyse dure **25 min**.

0.25 (1) Écrire l'équation de la réaction qui a eu lieu au niveau de la cathode.

1 (2) Calculer la quantité de matière du nickel nécessaire pour ce recouvrement. En déduire la valeur de l'épaisseur e.

0.75 (3) Quelle est la concentration molaire effective des ions nickel II dans la solution à la fin de ce recouvrement.

Physique :1

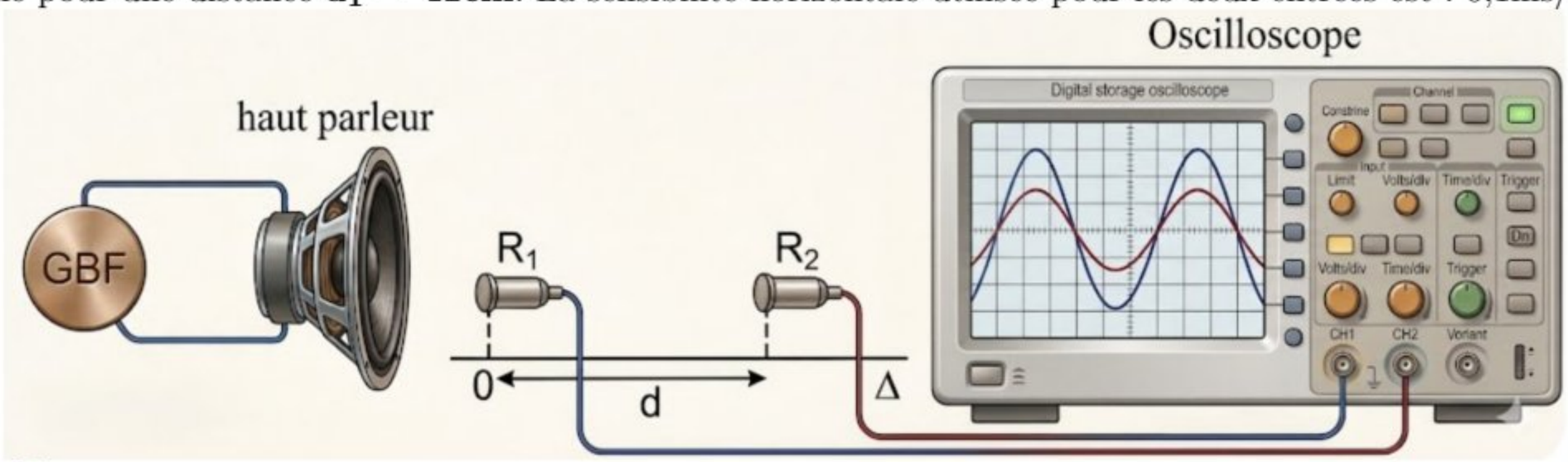
Utilisation des ondes ultrasonores dans le domaine de construction :

Le testeur numérique fonctionne avec les ondes ultrasonores pour tester la qualité du béton du mur d'une construction. Le principe de son fonctionnement consiste à envoyer les ondes ultrasonores vers la face d'un mur et de la recevoir de l'autre côté après sa propagation à travers le béton.

(1) Détermination expérimentale de la vitesse de propagation du son :

Pour déterminer la vitesse de propagation du son dans l'air, on a réalisé le montage expérimental ci-dessus,dans lequel les deux microphones sont séparés par une distance d.

Les deux signaux observés dans l'écran de l'oscilloscope représentent la tension entre les bornes de chaque microphone pour une distance $d_1 = 41cm$. La sensibilité horizontale utilisée pour les deux entrées est : 0,1ms/div.



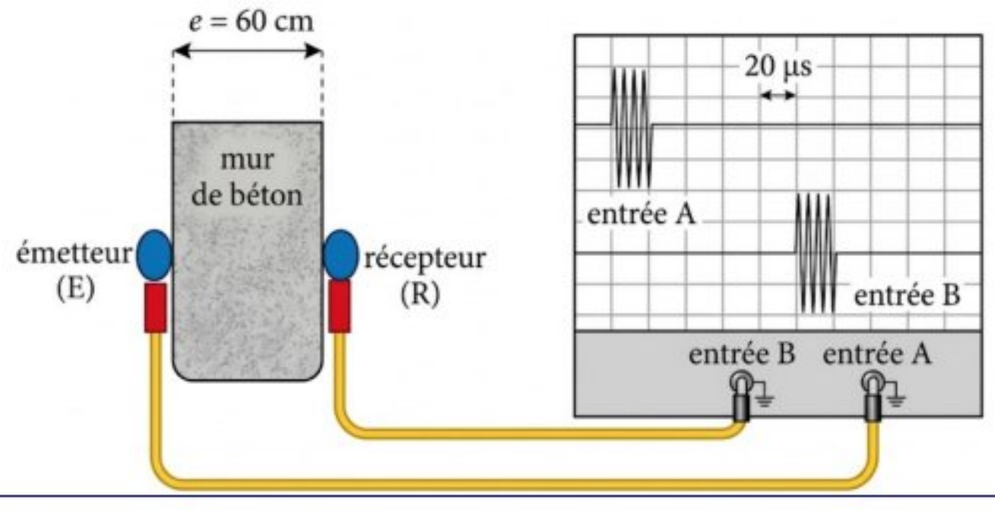
0.25 (1.1) Déterminer la période T de l'onde sonore émise par le haut parleur.

0.5 (1.2) On déplace horizontalement le microphone R_2 selon la ligne Δ jusqu'à ce que les deux signaux soient de nouveau en phase pour la première fois et la distance entre R_1 et R_2 soit : $d_2 = 61,5cm$.

Déterminer la valeur de longueur de l'onde sonore λ.Déduire la vitesse v de propagation de l'onde sonore dans l'air.

(2) Examen de la qualité du béton par les ondes ultrasonores :

L'enregistrement suivant représente le signal envoyé par l'émetteur de l'appareil examinateur numérique fixé sur la face d'un mur et le signal reçu par le récepteur R de l'appareil qui est fixé sur l'autre face du mur d'épaisseur $e = 60cm$.



Scanné avec CamScanner

La qualité du béton dépend de la valeur de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores qui la traversent comme l'indique le tableau suivant :

célérité des ultrasons (m/s)	Supérieure à 4000	De 4000 à 3200	De 3200 à 2500	Inférieure à 2500
qualité du béton	Excellente	bonne	Acceptable	mauvaise

0.5 **2.1** Calculer la célérité des ultrasons à travers le béton constituant le mur.

0.25 **2.2** Déduire la qualité du béton examiné.

3 Détermination de la largeur d'une fissure dans un mur en béton :

On utilise les ondes sonores pour déterminer l'épaisseur des fissures dans un mur en béton (Figure 1). On donne : $l = 60$ **cm**. L'oscillogramme de la Figure 2 représente le signal émis et les signaux réfléchis par le mur de béton qui contient une fissure de largeur a.

Figure 1

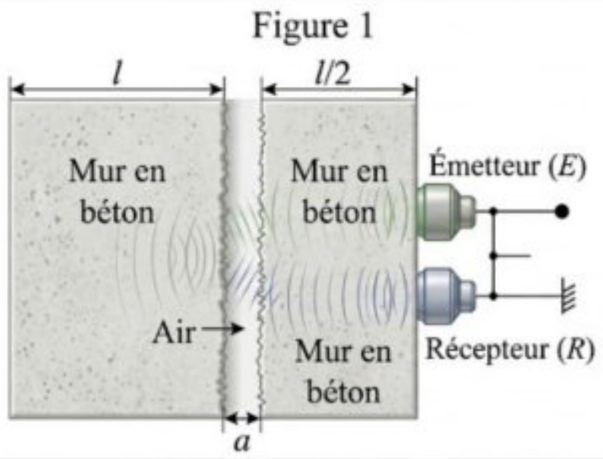
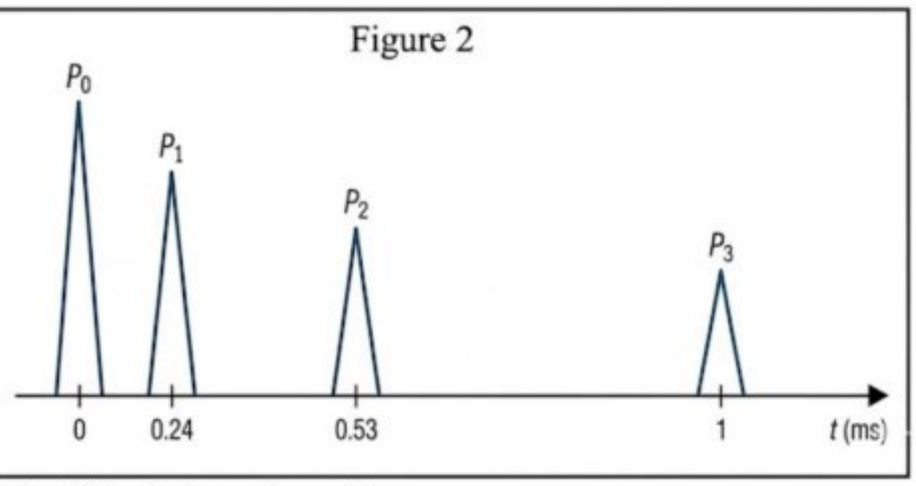


Figure 2



- P_0 : L'impulsion des ondes sonores au moment de l'émission $t = 0$.
- P_1 : L'écho résultant de la première réflexion sur la fissure du mur.
- P_2 : L'écho résultant de la deuxième réflexion sur la fissure du mur.
- P_3 : L'écho résultant de la réflexion sur le mur de béton gauche.

Données :

- Vitesse de l'onde sonore dans le mur : $V = 2500$ **m/s**
- V_a : vitesse de l'onde sonore dans l'air.

0.5 **3.1** Montrer que : $t_3 - t_0 = \frac{3l}{V} + \frac{2a}{V_a}$

0.5 **3.2** Calculer la valeur de a.

Physique :2

Pour déterminer le coefficient d'inductance L d'une bobine de résistance r utilisée dans un haut-parleur, on réalise une expérience en deux étapes en utilisant le dispositif représenté par la figure 1 :

- 1ère étape : On détermine la capacité C d'un condensateur par étude expérimentale de sa charge par un générateur idéal de fem $\mathbf{E = 6\ V}$.
- 2ème étape : On étudie la décharge de ce condensateur à travers la bobine à fin de déterminer son coefficient d'inductance L .

On prendra : $\pi^2 = 10$.

1 Détermination de la capacité du condensateur :

Le condensateur initialement non chargé, on bascule l'interrupteur K (figure 1) vers la position (1) à un instant considéré comme origine des dates ($\mathbf{t = 0}$). Le condensateur se charge ainsi à travers le résistor de résistance **R**.

La courbe de la figure 2 donne l'évolution de l'intensité du courant $\mathbf{i(t)}$ dans le circuit. (T) est In tangente a la courbe au point d'abscisse $t = 0$.

figure 1

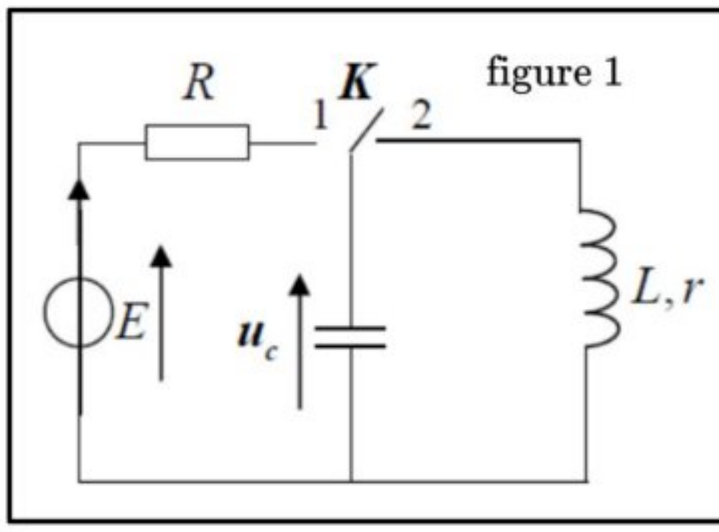
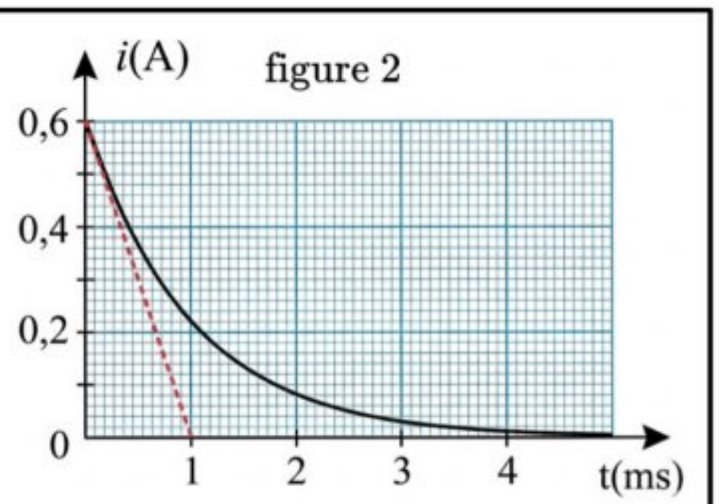


figure 2



0.5 **1.1** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant s'écrit sous la forme :

$$i + RC\frac{di}{dt} = 0.$$

Scanné avec CamScanner

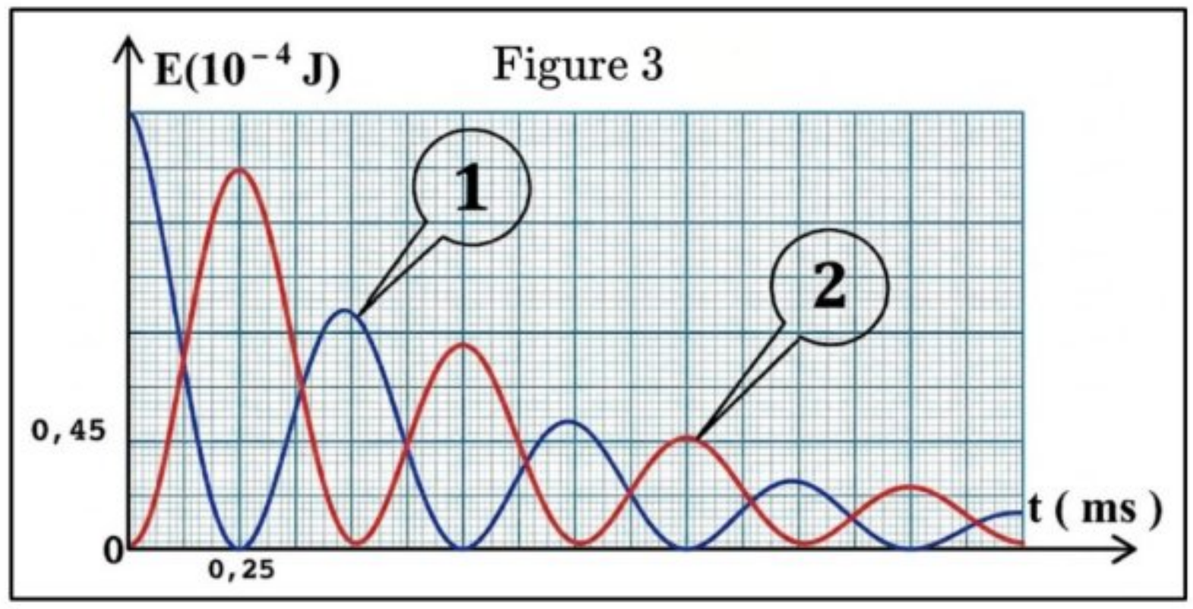
0.5 (1.2) Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme $i(t) = Ae^{-t/\tau}$.
Trouver l'expression de la constante A et celle de τ en fonction des paramètres du circuit.

0.5 (1.3) Montrer, par analyse dimensionnelle, que τ est homogène à un temps.

0.5 (1.4) En utilisant le graphe $i = f(t)$, déterminer la résistance R et la capacité C.

2 Détermination du coefficient d'inductance de la bobine :

Le condensateur ainsi chargé, on bascule, à un instant considéré comme une nouvelle origine des dates ($\mathbf{t = 0}$), l'interrupteur K (figure 1) vers la position (2), les courbes de la figure (3) représentent les variations en fonction du temps de l'énergie électrique $\mathbf{E_e}$ emmagasinée dans le condensateur, l'énergie magnétique $\mathbf{E_m}$ emmagasinée dans la bobine .



0.5 (2.1) Établir l'équation différentielle traduisant l'évolution de la tension $\mathbf{u_C}$.

0.75 (2.2) En utilisant l'équation différentielle, montrer que : $\dfrac{\mathbf{dE_t}}{\mathbf{dt}} = -\mathbf{ri^2}$

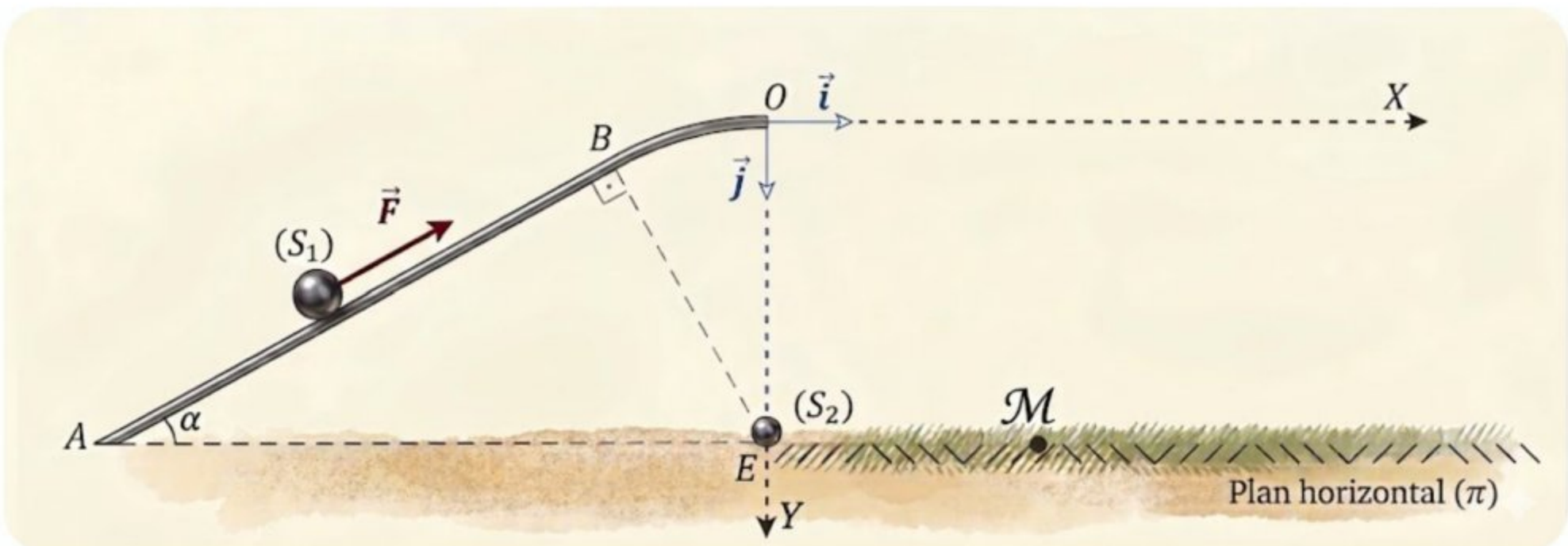
0.5 (2.3) On considérant que la valeur de la pseudo-période est égale à celle de la période propre, calculer la valeur de L .

0.25 (2.4) Identifier, en justifiant la réponse, la courbe qui correspond à l'énergie magnétique $\mathbf{E_m}$.

0.5 (2.5) Calculer l'énergie dissipée par effet joule entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 1.25s$.

Physique :3

On néglige tous les frottements, on donne $g = 10m \cdot s^{-2}$
Un solide (S_1) de masse $m_1 = 0,15\text{Kg}$ peut se déplacer le long d'un trajet formé de deux parties :
• AB : une partie rectiligne de longueur $l = 8,7\ \text{m}$, inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ avec l'horizontale.
• BO : une partie circulaire de rayon r et de centre E.Le rayon EO verticale tandis que le rayon EB est perpendiculaire à la partie AB au point B . le point E appartient au plan horizontal (π) passant par A .
A l'instant $= 0$, on exerce sur le corps (S_1) une force $\vec{F}$ constante de même direction que AB .le corps (S_1) part du point A sans vitesse initiale, l'intensité de la force est : $F = 0,9N$.A l'instant du passage de (S) par le point B , on élimine la force motrice $\overrightarrow{\mathbf{F}}$.



1 Étude du mouvement de (S_1) le long de AB :

0.75 (1.1) En appliquant la deuxième loi de Newton à (S_1). Exprimer l'accélération a_1 du corps (S_1) en fonction de, m_1, g, et, α. Calculer a_1.

0.75 (1.2) Calculer l'instant t_1 de passage de (S_1) par le point B .Calculer la vitesse dù corps à cet instant.

Scanné avec CamScanner

	2 Étude du mouvement de (S_1) le long de BO :
	Le solide continu son chemin sans l'action de la force, il passe par le point o avec une vitesse $v_0 = 2m.s^{-1}$.
0.5	**2.1** Calculer l'intensité de la réaction $\vec{R}$ du plan sur (S_1) lors de son passage par le point O
0.5	**2.2** Calculer la valeur de l'accélération du centre de gravité de (S_1) a la position O.
	3 Étude du mouvement dans le champ de pesanteur :
0.75	**3.1** Établir dans le repère $(O;\vec{i};\vec{j})$ les équations horaires $x_1(t)$ et $y_1(t)$ du corps (S_1).
0.5	**3.2** Déduire l'équation de la trajectoire.
	4 Étude du mouvement de solide (S_2) le long de EM :
	A l'instant $t = \tau$, un corps (S_2) de masse m_2 est envoyé d'un point E avec une vitesse $\overrightarrow{V_E} = V_E\vec{i}$ dirigé vers le point M le corps (S_2) se déplace avec une vitesse constante sur le plan horizontal (π). On donne $V_E = 5m.s^{-1}$
0.5	**4.1** Déterminer la nature du mouvement de (S_2)
0.75	**4.2** Établir dans le repère $(O;\vec{i})$ l'équation horaire $x_2(t)$ de mouvement du corps (S_2).
0.75	**4.3** Déterminer la valeur de τ pour que (S_1) et (S_2) se rencontrent au mémé instant au point M

Scanné avec CamScanner

Chimie (7 points) : Suivi temporel, Estérification et Électrolyse

PREMIÈRE PARTIE : De la transformation chimique non totale à la transformation totale

1. Suivi temporel d'une transformation chimique

1.1 Définition et valeur du temps de demi-réaction :
Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que l'avancement de la réaction atteigne la moitié de sa valeur finale (ou maximale) :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

D'après le graphe de la figure 1, l'asymptote horizontale donne l'avancement final $x_f = 0,08$ mol. Par conséquent :

$$x(t_{1/2}) = \frac{0,08}{2} = 0,04 \text{ mol}$$

En lisant l'abscisse correspondante sur la courbe à $x = 0,04$ mol, on trouve :

$$t_{1/2} = 15 \text{ min}$$

1.2 Calcul de la vitesse volumique $v(0)$ à l'instant $t = 0$:
La vitesse volumique de réaction est définie par la relation :

$$v(t) = \frac{1}{V_S}\frac{dx}{dt}$$

Le volume total du mélange réactionnel est $V_S = V_A + V_B = 11 + 13 = 24$ mL $= 0,024$ L.
Le terme $\frac{dx}{dt}$ à $t = 0$ correspond à la pente de la tangente (Δ) à l'origine. Cette droite passe par l'origine $(0;0)$ et par le point de coordonnées $(24 \text{ min}; 0,08 \text{ mol})$.

$$v(0) = \frac{1}{0,024} \times \frac{0,08 - 0}{24 - 0} = \frac{0,08}{0,576} \approx 0,139 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

En convertissant le temps en secondes (s^{-1}) :

$$v(0) \approx 2,31 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

---

2. Rendement de la réaction

2.1 Équation de la synthèse et nom du composé (E) :
La réaction d'estérification entre l'acide butanoïque et le 3-méthylbutan-1-ol s'écrit :

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH + CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - CH_2 - OH \rightleftharpoons$$

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COO - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3) - CH_3 + H_2O$$

Le composé (E) formé est le **butanoate de 3-méthylbutyle**.

2.2 Quantités de matière initiales :
En utilisant les masses molaires et masses volumiques fournies dans les données :

$$n_0(A) = \frac{\rho(A) \cdot V_A}{M(A)} = \frac{0,956 \times 11}{88,0} \approx 0,12 \text{ mol}$$

$$n_0(B) = \frac{\rho(B) \cdot V_B}{M(B)} = \frac{0,810 \times 13}{88,0} \approx 0,12 \text{ mol}$$

2.3 Calcul de la constante d'équilibre K :
À l'équilibre, l'avancement final est $x_f = 0,08$ mol. Le mélange initial étant équimolaire ($0,12$ mol de chaque réactif) :

$$n_{eq}(A) = n_{eq}(B) = 0,12 - 0,08 = 0,04 \text{ mol}$$

$$n_{eq}(E) = n_{eq}(H_2O) = 0,08 \text{ mol}$$

L'expression de la constante d'équilibre associée est :

$$K = \frac{[E]_{eq} \cdot [H_2O]_{eq}}{[A]_{eq} \cdot [B]_{eq}} = \frac{n_{eq}(E) \cdot n_{eq}(H_2O)}{n_{eq}(A) \cdot n_{eq}(B)} = \frac{0,08 \times 0,08}{0,04 \times 0,04}$$

$$\Longrightarrow \quad K = 4$$

2.4 Mélange de 0,12 mol de l'acide (A) et 0,24 mol de l'alcool (B) :
a- Avancement final x'_f :
La constante d'équilibre ne dépend que de la température, sa valeur reste $K = 4$:

$$K = \frac{x'^2_f}{(0,12 - x'_f)(0,24 - x'_f)} = 4$$

$$x'^2_f = 4(0,0288 - 0,36x'_f + x'^2_f) \Longrightarrow 3x'^2_f - 1,44x'_f + 0,1152 = 0$$

Le calcul du discriminant ($\Delta = 0,6912$) permet de trouver la seule racine physiquement possible (sachant que $x'_f < 0,12$ mol) :

$$x'_f \approx 0,101 \text{ mol}$$

b- Rendement de la réaction r :
L'avancement maximal théorique correspond à la consommation totale du réactif limitant (A), soit $x_{max} = 0,12$ mol.

$$r = \frac{x'_f}{x_{max}} = \frac{0,1014}{0,12} \approx 0,845 \implies \boxed{r = 84,5\%}$$

---

3. Contrôle de l'évolution du système chimique

3.1 Équation de la réaction avec l'anhydride butanoïque :

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CO{-}O{-}CO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + CH_3{-}CH(CH_3){-}CH_2{-}CH_2{-}OH \longrightarrow$$
$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}CH_3 + CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH$$

3.2 Calcul de la masse $m(E)$ obtenue :
La quantité de matière initiale d'anhydride butanoïque introduite pour un volume $V_{AN} = 14$ mL est :

$$n_0(AN) = \frac{\rho(AN) \cdot V_{AN}}{M(AN)} = \frac{0,966 \times 14}{158,0} \approx 0,0856 \text{ mol}$$

Comme $n_0(AN) < n_0(B) = 0,12$ mol, l'anhydride butanoïque constitue le réactif limitant. Cette réaction étant totale, la quantité d'ester formée est $n(E) = 0,0856$ mol.

$$m(E) = n(E) \cdot M(E) = 0,0856 \times 158,0 \implies \boxed{m(E) \approx 13,52 \text{ g}}$$

DEUXIÈME PARTIE : Le nickelage d'une lame de fer

1 Équation de la réaction à la cathode :
La lame de fer étant reliée au pôle négatif du générateur (cathode), elle est le siège d'une réduction cathodique des ions Ni^{2+} :

$$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ni_{(s)}$$

2 Quantité de matière de nickel et épaisseur e de la couche :
La quantité d'électricité traversant l'électrolyseur pendant $\Delta t = 25$ min $= 1500$ s sous un courant $I = 8,0$ A vaut :

$$Q = I \cdot \Delta t = 8,0 \times 1500 = 12000 \text{ C}$$

La quantité de matière d'électrons échangés s'exprime par $n(e^-) = \frac{Q}{F}$. D'après la demi-équation électronique :

$$n(Ni)_{dép} = \frac{n(e^-)}{2} = \frac{Q}{2F} = \frac{12000}{2 \times 96500} \approx \boxed{6,22 \times 10 \text{ mol}}$$

On en déduit la masse de nickel métallique déposé ($M(\text{Ni}) = 58,7$ g/mol) :

$$m(\text{Ni}) = n(\text{Ni})_{\text{dép}} \cdot M(\text{Ni}) = 0,06218 \times 58,7 \approx 3,65 \text{ g}$$

La lame rectangulaire mince ($L = 10$ cm, $l = 5$ cm) doit être recouverte sur ses **deux faces**, ce qui représente une surface de dépôt totale $S = 2 \times (10 \times 5) = 100$ cm^2. En utilisant la masse volumique $\rho(\text{Ni}) = 8,9$ g/cm^3, le volume de la couche est $V_{\text{Ni}} = S \cdot e = \frac{m(\text{Ni})}{\rho(\text{Ni})}$:

$$e = \frac{m(\text{Ni})}{S \cdot \rho(\text{Ni})} = \frac{3,65}{100 \times 8,9} \approx 4,10 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\Longrightarrow \boxed{e \approx 41,0 \ \mu\text{m}}$$

3 Concentration molaire effective finale des ions Ni^{2+} :
À partir de la concentration massique initiale $C_m = 11$ g/L, la quantité de matière initiale d'ions contenue dans le volume $V = 1,0$ L est :

$$n_0(\text{Ni}^{2+}) = \frac{C_m \cdot V}{M(\text{Ni})} = \frac{11 \times 1,0}{58,7} \approx 0,1874 \text{ mol}$$

La quantité de matière d'ions restants en solution à la fin de l'électrolyse vaut :

$$n_f(\text{Ni}^{2+}) = n_0(\text{Ni}^{2+}) - n(\text{Ni})_{\text{dép}} = 0,1874 - 0,0622 = 0,1252 \text{ mol}$$

Le volume du bain électrolytique étant supposé constant ($V = 1,0$ L), la concentration effective finale est :

$$[\text{Ni}^{2+}]_f = \frac{n_f(\text{Ni}^{2+})}{V} \approx \boxed{0,125 \text{ mol/L}}$$

Physique 1 (2,5 points) : Ondes ultrasonores et examen du béton

1. Détermination expérimentale de la vitesse de propagation du son

1.1 Détermination de la période T :
Sur l'écran de l'oscilloscope, une période complète correspond à 6 divisions horizontales. En utilisant la sensibilité horizontale de 0,1 ms/div :

$$T = 6 \text{ div} \times 0,1 \text{ ms/div} = 0,6 \text{ ms}$$

$$\Longrightarrow \boxed{T = 6,0 \times 10^{-4} \text{ s}}$$

1.2 Longueur d'onde λ et vitesse de propagation v :
Lorsque l'on déplace le microphone R_2 pour que les deux signaux soient de

nouveau en phase pour la première fois, la distance parcourue correspond exactement à une longueur d'onde λ :

$$\lambda = d_2 - d_1 = 61,5 - 41 \implies \lambda = 20,5 \text{ cm} = 0,205 \text{ m}$$

La vitesse de propagation v de l'onde sonore dans l'air s'en déduit par la relation :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,205}{6,0 \times 10^{-4}} \implies v \approx 341,67 \text{ m/s}$$

---

2. Examen de la qualité du béton par les ondes ultrasonores

2.1 Calcul de la célérité des ultrasons à travers le béton :

Sur l'oscillogramme, le décalage temporel Δt entre l'émission de l'impulsion (entrée A) et sa réception (entrée B) correspond à 7 divisions horizontales. Avec une base de temps de 20 μs/div :

$$\Delta t = 7 \text{ div} \times 20 \ \mu\text{s/div} = 140 \ \mu\text{s} = 1,40 \times 10^{-4} \text{ s}$$

La célérité des ultrasons dans le mur d'épaisseur $e = 60$ cm $= 0,60$ m est :

$$v_{\text{béton}} = \frac{e}{\Delta t} = \frac{0,60}{1,40 \times 10^{-4}} \implies v_{\text{béton}} \approx 4285,7 \text{ m/s}$$

2.2 Déduction de la qualité du béton :

Puisque la célérité obtenue $v_{\text{béton}} \approx 4285,7$ m/s est supérieure à 4000 m/s, le tableau de référence permet de conclure que la qualité du béton est **Excellente**.

---

3. Détermination de la largeur d'une fissure dans un mur en béton

3.1 Démonstration de l'expression de $t_3 - t_0$:

L'impulsion émise en $t_0 = 0$ se propage vers la gauche et subit une réflexion sur l'extrémité gauche du mur en béton pour former l'écho P_3. Au cours de cet aller-retour, l'onde traverse deux fois chaque milieu de la structure (Figure 1).

- **Distance totale parcourue dans le béton :** l'onde traverse le bloc de droite d'épaisseur $\frac{l}{2}$ et le bloc de gauche d'épaisseur l à l'aller, puis au retour :

$$d_{\text{béton}} = 2 \times \left(\frac{l}{2} + l \right) = 3l$$

- **Distance totale parcourue dans l'air :** l'onde traverse la fissure d'épaisseur a à l'aller et au retour :

$$d_{\text{air}} = 2 \times a = 2a$$

La durée totale du trajet correspond à la somme des durées de propagation dans chaque milieu respectif :

$$t_3 - t_0 = \Delta t_{\text{béton}} + \Delta t_{\text{air}} = \frac{d_{\text{béton}}}{V} + \frac{d_{\text{air}}}{V_a}$$

$$\Longrightarrow \quad t_3 - t_0 = \frac{3l}{V} + \frac{2a}{V_a}$$

3.2 Calcul de la valeur de la largeur a :
À partir de la relation établie, isolons le terme contenant a :

$$\frac{2a}{V_a} = (t_3 - t_0) - \frac{3l}{V}$$

D'après la Figure 2, l'écho P_3 est reçu à l'instant $t_3 = 1$ ms $= 10^{-3}$ s. En utilisant $l = 0,60$ m et la vitesse dans le béton $V = 2500$ m/s :

$$\frac{2a}{V_a} = 10^{-3} - \frac{3 \times 0,60}{2500} = 10^{-3} - 0,72 \times 10^{-3} = 0,28 \times 10^{-3} \text{ s}$$

En prenant la vitesse de l'onde sonore dans l'air $V_a \approx 341,67$ m/s (déterminée à la question 1.2) :

$$2a = 0,28 \times 10^{-3} \times 341,67 \approx 0,0957 \text{ m}$$

$$a \approx \frac{0,0957}{2} \quad \Longrightarrow \quad a \approx 0,0478 \text{ m} = 4,78 \text{ cm}$$

Physique 2 (4,75 points) : Étude des dipôles RC et RLC série

1. Détermination de la capacité du condensateur

1.1 Équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant $i(t)$:
D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) lors de la charge :

$$u_R + u_C = E$$

En dérivant cette expression par rapport au temps t, sachant que la force électromotrice E est constante ($\frac{dE}{dt} = 0$) :

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{du_C}{dt} = 0$$

D'après la loi d'Ohm, $u_R = Ri \implies \frac{du_R}{dt} = R\frac{di}{dt}$.
De plus, l'intensité du courant s'écrit $i = C\frac{du_C}{dt} \implies \frac{du_C}{dt} = \frac{i}{C}$.
En remplaçant ces expressions dans l'équation dérivée, on obtient :

$$R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0 \implies i + RC\frac{di}{dt} = 0$$

1.2 Expressions des constantes A et τ :

La solution proposée est $i(t) = Ae^{-t/\tau}$. Sa dérivée par rapport au temps est :

$$\frac{di}{dt} = -\frac{A}{\tau}e^{-t/\tau}$$

En injectant $i(t)$ et $\frac{di}{dt}$ dans l'équation différentielle :

$$Ae^{-t/\tau} - RC\frac{A}{\tau}e^{-t/\tau} = 0 \implies Ae^{-t/\tau}\left(1 - \frac{RC}{\tau}\right) = 0$$

Pour que cette relation soit vérifiée à tout instant t, il faut que :

$$\tau = RC$$

À l'instant initial $t = 0$, le condensateur est totalement déchargé, donc $u_C(0) = 0$. La loi des mailles donne alors :

$$u_R(0) + 0 = E \implies Ri(0) = E \implies i(0) = \frac{E}{R}$$

Or, d'après l'expression de la solution, $i(0) = Ae^0 = A$. Par conséquent :

$$A = \frac{E}{R}$$

1.3 Analyse dimensionnelle de τ :

La dimension de la constante de temps est $[\tau] = [R] \cdot [C]$.

- D'après la loi d'Ohm ($U = RI$), la dimension de la résistance est : $[R] = \frac{[U]}{[I]}$.
- D'après la relation $I = C\frac{dU}{dt}$, la dimension de la capacité est : $[C] = \frac{[I]\cdot[T]}{[U]}$.

En effectuant le produit des deux dimensions :

$$[\tau] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[I] \cdot [T]}{[U]} = [T]$$

La constante τ est donc homogène à un **temps** et s'exprime en secondes (s).

1.4 Détermination graphique de R et C :

D'après la courbe $i = f(t)$ de la figure 2 :

- L'ordonnée à l'origine vaut $i(0) = 0,6$ A. On en déduit la valeur de la résistance R :

$$R = \frac{E}{i(0)} = \frac{6}{0,6} \implies R = 10\ \Omega$$

- La tangente (T) à l'origine coupe l'axe des abscisses à l'instant $t = \tau = 1$ ms $= 10^{-3}$ s. On en déduit la capacité C :

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{10^{-3}}{10} = 10^{-4}\ \text{F} \implies C = 100\ \mu\text{F}$$

2. Détermination du coefficient d'inductance de la bobine

2.1 Équation différentielle vérifiée par la tension u_C :

En position (2), le circuit est un dipôle RLC série dénué de générateur. La loi des mailles s'écrit :

$$u_b + u_C = 0$$

La tension aux bornes de la bobine réelle est $u_b = L\frac{di}{dt} + ri$. L'équation devient :

$$L\frac{di}{dt} + ri + u_C = 0$$

Sachant que $i = C\frac{du_C}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$, on substitue ces termes :

$$LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + rC\frac{du_C}{dt} + u_C = 0 \implies \boxed{\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{r}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0}$$

2.2 Démonstration de la relation $\frac{dE_t}{dt} = -ri^2$:

L'énergie totale E_t emmagasinée dans le circuit est la somme des énergies électrique et magnétique :

$$E_t = E_e + E_m = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

En dérivant cette expression par rapport au temps :

$$\frac{dE_t}{dt} = Cu_C\frac{du_C}{dt} + Li\frac{di}{dt}$$

Comme $C\frac{du_C}{dt} = i$, on factorise par l'intensité i :

$$\frac{dE_t}{dt} = iu_C + Li\frac{di}{dt} = i\left(u_C + L\frac{di}{dt}\right)$$

Or, l'équation différentielle du circuit donne $L\frac{di}{dt} + u_C = -ri$. On obtient donc :

$$\frac{dE_t}{dt} = i(-ri) \implies \boxed{\frac{dE_t}{dt} = -ri^2}$$

2.3 Calcul de la valeur de l'inductance L :

L'énergie s'annule deux fois au cours d'une pseudo-période T des oscillations électriques. La période propre des variations d'énergie est donc $T_E = \frac{T}{2}$.
Sur la figure 3, la courbe 1 s'annule pour la première fois à l'instant $t = 0,25$ ms, ce qui correspond exactement à un quart de pseudo-période de la tension ($t = \frac{T}{4}$).

$$\frac{T}{4} = 0,25 \text{ ms} \implies T = 1,0 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$$

En considérant $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, on élève au carré avec $\pi^2 = 10$:

$$T^2 = 4\pi^2 LC = 40LC \implies L = \frac{T^2}{40C}$$

$$L = \frac{(10^{-3})^2}{40 \times 10^{-4}} = \frac{10^{-6}}{4 \times 10^{-3}} = 0,25 \times 10^{-3} \text{ H} \implies \boxed{L = 0,25 \text{ mH}}$$

2.4 Identification de la courbe de l'énergie magnétique E_m :
À l'instant de la fermeture en position (2) ($t = 0$), le condensateur est initialement chargé sous la tension E, tandis que l'intensité du courant dans la bobine est nulle ($i(0) = 0$).

$$E_m(0) = \frac{1}{2}Li(0)^2 = 0$$

L'énergie magnétique étant nulle à l'origine, elle est représentée par la **courbe 2** qui part de zéro.

2.5 Calcul de l'énergie dissipée par effet Joule entre $t_0 = 0$ et $t_1 = 1,25$ ms :
L'énergie dissipée par effet Joule correspond à la perte d'énergie totale du circuit :

$$E_{\text{dissipée}} = |\Delta E_t| = E_t(0) - E_t(t_1)$$

— **À l'instant $t_0 = 0$:** l'énergie totale est purement électrique et maximale.

$$E_t(0) = E_e(0) = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-4} \times 6^2 = 18 \times 10^{-4} \text{ J}$$

Graphiquement, ce maximum correspond à 4 divisions verticales, d'où l'échelle : 1 div $= 0,45 \times 10^{-4}$ J.

— **À l'instant $t_1 = 1,25$ ms :** sachant que $T = 1$ ms, cet instant correspond à $t_1 = T + \frac{T}{4}$. L'énergie électrique s'y annule à nouveau ($E_e(t_1) = 0$). L'énergie totale est alors purement magnétique et correspond au sommet local de la courbe 2 (indiqué par la bulle du **repère 2**). La lecture graphique au niveau de ce repère donne exactement 1 division verticale :

$$E_t(t_1) = E_m(t_1) = 1 \text{ div} = 0,45 \times 10^{-4} \text{ J}$$

On en déduit la valeur finale de l'énergie dissipée :

$$E_{\text{dissipée}} = 18 \times 10^{-4} - 0,45 \times 10^{-4} = 17,55 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$\implies \boxed{E_{\text{dissipée}} = 1,755 \times 10^{-3} \text{ J} = 1,755 \text{ mJ}}$$

Physique 3 (5,75 points) : Mécanique - Plan incliné, raccordement et

1. Étude du mouvement de (S_1) le long de AB

1.1 Expression et calcul de l'accélération a_1 :

Le système étudié est le solide (S_1) de masse $m_1 = 0,15$ kg. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, il est soumis à trois forces :

- Son poids $\vec{P}$ dirigé verticalement vers le bas.
- La réaction $\vec{R}$ du plan incliné, perpendiculaire à la piste AB car les frottements sont négligés.
- La force motrice $\vec{F}$ constante, dirigée vers le haut de la piste selon la direction AB.

En appliquant la deuxième loi de Newton au solide (S_1) :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m_1\vec{a_1}$$

Par projection sur l'axe du mouvement Ax orienté de A vers B :

$$-m_1 g \sin\alpha + 0 + F = m_1 a_1 \implies a_1 = \frac{F}{m_1} - g\sin\alpha$$

Application numérique avec $F = 0,9$ N, $g = 10$ m/s^2 et $\alpha = 30°$ ($\sin 30° = 0,5$) :

$$a_1 = \frac{0,9}{0,15} - 10 \times 0,5 = 6 - 5 \implies \boxed{a_1 = 1,0 \text{ m/s}^2}$$

1.2 Calcul de l'instant t_1 et de la vitesse v_1 au point B :

Le mouvement le long de AB est rectiligne uniformément accéléré. Puisque le corps part de A à $t = 0$ sans vitesse initiale ($v_0 = 0$ et $x_0 = 0$), les équations horaires s'écrivent :

$$v(t) = a_1 t \quad \text{et} \quad x(t) = \frac{1}{2}a_1 t^2$$

Au point B, la distance parcourue correspond à la longueur de la piste $x(t_1) = AB = l = 8$ m :

$$\frac{1}{2} \times 1,0 \times t_1^2 = 8 \implies t_1^2 = 16 \implies \boxed{t_1 = 4,0 \text{ s}}$$

On en déduit la vitesse au passage par le point B :

$$v_1 = a_1 t_1 = 1,0 \times 4,0 \implies \boxed{v_1 = 4,0 \text{ m/s}}$$

---

2. Étude du mouvement de (S_1) le long de BO

2.1 Calcul de l'intensité de la réaction $\vec{R}$ au point O :

Déterminons au préalable la valeur du rayon r de la portion circulaire BO. On peut l'obtenir par deux méthodes équivalentes :

— **Par la conservation de l'énergie mécanique entre B et O :** en l'absence de frottements, la force $\vec{F}$ étant supprimée, $E_m(B) = E_m(O) \implies \frac{1}{2}m_1v_1^2 + m_1gz_B = \frac{1}{2}m_1v_0^2 + m_1gz_O$. En prenant le plan horizontal (π) passant par A et E comme origine des hauteurs $(z = 0)$, on a $z_B = AB\sin\alpha = 4$ m et $z_O = r$ (car EO est vertical).

$$r = z_B + \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} = 4 + \frac{4^2 - 2^2}{2 \times 10} = 4 + \frac{12}{20} = 4,6 \text{ m}$$

— **Par la géométrie du raccordement :** le rayon EB étant perpendiculaire à AB au point B, le triangle ABE est rectangle en B. On a donc $\tan\alpha = \frac{r}{AB} \implies r = 8\tan 30° \approx 4,62$ m.

Au point O (sommet de la trajectoire), la normale EO est verticale dirigée vers le bas. En appliquant la deuxième loi de Newton projetée sur cet axe centripète :

$$P - R = m_1a_n \implies m_1g - R = m_1\frac{v_0^2}{r} \implies R = m_1\left(g - \frac{v_0^2}{r}\right)$$

Avec $v_0 = 2$ m/s et $r = 4,6$ m :

$$R = 0,15 \times \left(10 - \frac{2^2}{4,6}\right) \approx 0,15 \times 9,13 \implies \boxed{R \approx 1,37 \text{ N}}$$

2.2 Accélération du centre de gravité au point O :

Au point O, la tangente à la piste circulaire est horizontale. En l'absence de frottements, la composante tangentielle de l'accélération est nulle $(a_t = 0)$. L'accélération est purement normale (centripète) et dirigée verticalement vers le bas :

$$a = a_n = \frac{v_0^2}{r} = \frac{2^2}{4,6} \implies \boxed{a \approx 0,87 \text{ m/s}^2}$$

---

3. Étude du mouvement dans le champ de pesanteur

3.1 Équations horaires $x_1(t)$ et $y_1(t)$:

Au point O pris comme nouvelle origine des dates et des espaces, le corps est lancé avec une vitesse initiale horizontale $\vec{v_0} = v_0\vec{i}$ $(v_0 = 2$ m/s). Il n'est soumis qu'à son poids (chute libre).

Dans le repère $(O;\vec{i};\vec{j})$ où l'axe Oy est orienté verticalement vers le bas, l'accélération est $\vec{a} = \vec{g} = g\vec{j}$. Par intégrations successives tenant compte des conditions initiales :

$$\boxed{x_1(t) = v_0t = 2t}$$

$$\boxed{y_1(t) = \frac{1}{2}gt^2 = 5t^2}$$

3.2 Équation de la trajectoire :
En exprimant le temps à partir de l'abscisse $t = \frac{x_1}{2}$ et en l'injectant dans l'ordonnée $y_1(t)$:

$$y_1(x_1) = 5\left(\frac{x_1}{2}\right)^2 \implies \boxed{y_1(x_1) = 1,25x_1^2}$$

La trajectoire est un arc de parabole.

---

4. Étude du mouvement du solide (S_2) le long de EM

4.1 Nature du mouvement de (S_2) :
Le corps (S_2) se déplace le long d'une ligne droite (le plan horizontal EM) avec une vitesse de valeur constante $V_E = 5$ m/s. Son mouvement est donc **rectiligne uniforme**.

4.2 Équation horaire $x_2(t)$:
Dans le repère $(O;\vec{i})$, le point E se trouve à l'abscisse $x = 0$. Le mobile (S_2) partant de E à l'instant $t = \tau$, son équation horaire pour $t \geq \tau$ s'écrit :

$$\boxed{x_2(t) = V_E(t-\tau) = 5(t-\tau)}$$

4.3 Détermination de la valeur de τ pour une rencontre instantanée en M :
Le point de rencontre M est situé sur le plan horizontal (π), ce qui correspond à l'ordonnée $y_M = r = 4,6$ m dans le repère de la chute libre. Calculons l'instant t_M où le projectile (S_1) atteint le sol en M :

$$y_1(t_M) = r \implies 5t_M^2 = 4,6 \implies t_M = \sqrt{\frac{4,6}{5}} \approx 0,959 \text{ s}$$

L'abscisse du point M vaut alors :

$$x_M = x_1(t_M) = 2t_M \approx 2 \times 0,959 = 1,918 \text{ m}$$

Pour que les deux corps se rencontrent en M au même instant t_M, la condition $x_2(t_M) = x_M$ doit être vérifiée :

$$5(t_M - \tau) = 2t_M \implies 5t_M - 5\tau = 2t_M \implies 3t_M = 5\tau$$

$$\tau = \frac{3}{5}t_M = 0,6t_M$$

Application numérique finale :

$$\tau = 0,6 \times 0,959 \implies \boxed{\tau \approx 0,575 \text{ s}}$$

من انجاز ذ.
محمد سعيد

امتحان وطني تجريبي رقم 4 للبكالوريا

المسالك الدولية
الدورة العادية 2026
- الموضوع -

مجموعة مدارس باب الخير الخصوصية
أولي - ابتدائي - إعدادي - تأهيلي
GROUPE SCOLAIRE BAB EL KHEIR

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	المعامل	7

INSTRUCTIONS GENERALES

- L'utilisation de la calculatrice non programmable est autorisée ;
- Le candidat peut traiter les exercices de l'épreuve suivant l'ordre qui lui convient ;
- L'utilisation de la couleur rouge lors de la rédaction des solutions est à éviter.

COMPOSANTES DU SUJET

L'épreuve est composée de quatre exercices indépendants entre eux et répartis suivant les domaines comme suit :

Exercice 1	Chimie	7 points
Exercice 2	Nucléaire	2.5 points
Exercice 3	Électricité	5.5points
Exercice 4	Mécanique	5points

Chimie :

Partie I :Étude d'une solution aqueuse de l'acide valérique

L'acide pentanoïque (ou acide valérique) de formule C_4H_9COOH est extrait des racines de la plante Valériane (Image 1), utilisée dans l'industrie pharmaceutique.

I- Étude de la réaction de l'acide pentanoïque avec l'eau

On prépare à $25°C$ une solution aqueuse (S) d'acide pentanoïque de volume $V = 200\ mL$ et de concentration molaire $C = 10^{-2}\ mol/L$. La mesure du pH de la solution donne $pH = 3,4$.

0.25 (1) Écrire l'équation de la réaction de l'acide pentanoïque avec l'eau.

0.25 (2) Montrer que l'acide pentanoïque C_4H_9COOH ne réagit pas totalement avec l'eau.

0.25 (3) Calculer la valeur du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,eq}$.

0.25 (4) Calculer la valeur du pK_A et déduire l'espèce chimique prédominante dans la solution.

II- Dosage de l'acide pentanoïque par suivi pH -métrique

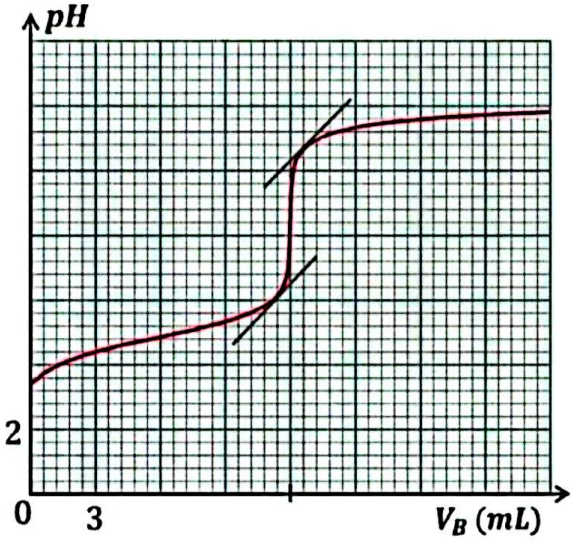
Les gélules de Valériane sont des compléments alimentaires utilisés pour traiter l'anxiété et l'insomnie. Chaque gélule contient de l'extrait de racine de Valériane (450 mg). Nous souhaitons vérifier cette indication. Pour cela, on dissout le contenu d'une gélule dans une fiole jaugée pour obtenir un volume de 500 mL de solution (S_A). On dose un volume $V_A = 20\ mL$ de la solution (S_A) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $\left(Na^+ + HO^-\right)$ de concentration $C_B = 1,5 \cdot 10^{-2}\ mol/L$.

0.25 (1) Écrire l'équation de la réaction de dosage.

0.25 (2) Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence.

0.25 (3) Calculer la concentration molaire C_A .

0.25 (4) En déduire la masse d'acide pentanoïque en mg dans la gélule, puis commenter l'indication du fabricant (450 mg).



Partie2 : Électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent

On effectue l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent ($Ag^+_{aq} + NO_3^-{}_{aq}$) acidifiée par une solution aqueuse d'acide nitrique $\left(H_3O^+_{aq} + NO_3^-{}_{aq}\right)$ en utilisant deux électrodes en graphite. le volume du mélange dans l'électrolyseur est $V = 400\ mL$.

Données :

- Les deux couples **Oxydant/** Réducteur intervenant dans cette réaction sont : $O_{2(g)}/H_2O_{(1)}$; $Ag^+_{aq}/Ag_{(s)}$.
- Le faraday : $1\ F = 9,65 \cdot 10^4 C.mol^{-1}$
- Masse molaire de l'argent : $M(Ag) = 108\ g/mol$
- Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 22.41/mol$ On mesure le pH du mélange avant la fermeture du circuit et on trouve $pH_0 = 3$, puis on ferme le circuit à un instant choisi comme origine des dates $(t = 0)$.

Un courant électrique d'intensité constante $I = 250\ mA$ circule dans le circuit.

Un dépôt métallique brillant se dépose sur l'une des deux électrodes alors que du dioxygène gazeux se dégage au niveau de l'autre.

0.5 (1) Écrire l'équation bilan de l'électrolyse.

0.5 (2) A l'aide du tableau d'avancement de la réaction, montrer qu'a l'instant t on a ; $[H_3O^+] = 10^{-3} + 10 \cdot x$ avec x l'avancement de la réaction .

0.5 (3) Au bout d'une durée de fonctionnement $\Delta t = 1\ h15\ min$, calculer :

0.5 (a) La masse du métal déposée.

0.5 (b) Le volume du gaz dégagé.

0.5 (c) Le PH de la solution.

Physique :1

Un stimulateur cardiaque est un générateur électrique fournissant une tension électrique qui excite le muscle cardiaque. Certains stimulateurs cardiaques utilisés dans les années 70 fonctionnaient à partir de l'énergie libérée lors de la désintégration de noyaux de plutonium 238.

Données : la masse molaire atomique : $M\left(^{238}Pu\right) = 238\ g \cdot\ mol^{-1}$;

constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$;

$m\left(^{238}Pu\right) = 238,04956u; m\left(^{234}U\right) = 234,04095u; m\left(^{4}He\right) = 4,00260u; 1u = 931,5MeV.c^{-2}$.

Le noyau de plutonium $^{238}_{94}Pu$ se désintègre en donnant le noyau d'uranium $^{234}_{92}U$. On suppose que le noyau d'uranium n'est pas produit dans état excité.

La demi-vie du plutonium $^{238}_{94}Pu$ est $t_{1/2} = 88$ ans .

0.5 (1) Écrire l'équation de désintégration du noyau $^{238}_{94}Pu$.

(2) Choisir, sans justifier, la proposition juste.

0.5 (2.1) Un échantillon de plutonium $^{238}_{94}Pu$ contient N_0 noyaux à l'instant de date $t = 0$. Le nombre de noyaux $^{238}_{94}Pu$ désintégrés pendant la durée $\Delta t = 352$ ans est :

A	$N' = \frac{N_0}{8}$	B	$N' = \frac{7N_0}{8}$	C	$N' = \frac{7,5\ N_0}{8}$	D	$N' = \frac{N_0}{16}$

0.5 (2.2) L'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de plutonium 238 est :

A	$\lvert\Delta E\rvert \approx 6,5MeV$	B	$\lvert\Delta E\rvert \approx 5,6MeV$	C	$\lvert\Delta E\rvert \approx 4,5MeV$	D	$\lvert\Delta E\rvert \approx 2,6MeV$

(2.3) L'énergie totale libérée E_t par la source radioactive d'un stimulateur cardiaque est voisine de $2,010^{21}MeV$.

1 On choisit l'instant de début de fonctionnement du stimulateur comme origine des temps $t = 0$. La masse m_0 de plutonium 238 , présent dans un stimulateur cardiaque à l'instant de date $t = 0$, est :

A	$m_0 = 0,34\ g$	B	$m_0 = 0,24\ g$	C	$m_0 = 0,18\ g$	D	$m_0 = 0,14\ g$

Physique :2

Partie 1: Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On réalise le montage représenté sur le schéma de la figure 1 comportant :
- un générateur de tension de force électromotrice $E = 12\ V$;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 10\Omega$;
- une bobine (b) d'inductance L et de résistance r ;
- un interrupteur K ;
- une diode idéale D de tension seuil $U_s = 0$.

Figure 1

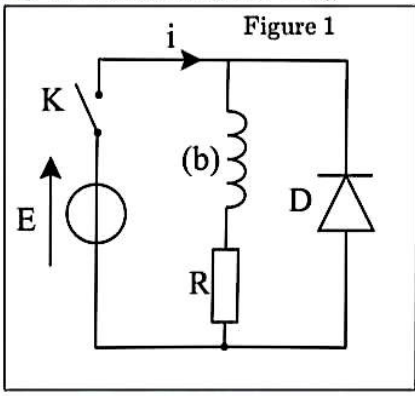
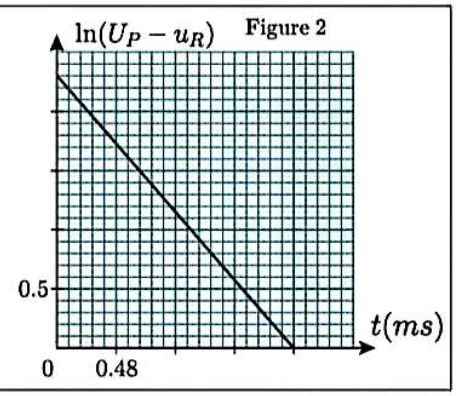


Figure 2



(1) On ferme l'interrupteur K à un instant de date $t = 0$.

0.5 (1.1) Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

0.5 (1.2) Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme $u_R(t) = U_P\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$. Trouver l'expression de la constante U_p et celle de τ en fonction des paramètres du circuit.

(2) Un système d'acquisition informatisé adéquat a permis de tracer la courbe de la figure 2 représentant l'évolution de $\ln(U_p - u_R)$ en fonction du temps.

0.5 (2.1) En exploitant cette courbe, trouver la valeur de U_p et celle de τ.

0.25 (2.2) Trouver la valeur de r et celle de L.

0.5 (3) Déterminer l'instant t auquel l'énergie emmagasinée dans la bobine atteint **80%** de sa valeur maximale.

Partie 2 : Les oscillations électriques libres dans un circuit RLC

Le montage de la figure 3 comporte :
- un générateur idéal de fém. $E = 6$ V.
- Un condensateur de capacité $C = 1\mu F$
- un commutateur $\mathcal{K}$.
- un conducteur ohmique de résistance $\mathcal{R} = 80\Omega$.
- une bobine d'inductance $\mathcal{L}$ et de résistance $r = 21\Omega$.

Le commutateur $\mathcal{K}$ est initialement fermé sur sa position 1. On se bascule à la position 2 à instant $t_0 = 0$.

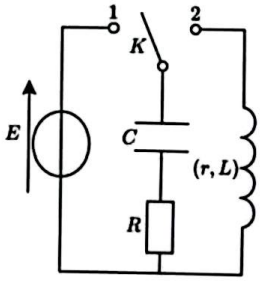


Figure 3

0.25 (1) Nommer le type des oscillations obtenues dans la figure 2. Préciser le régime de ces oscillations.

0.5 (2) Établir l'équation différentielle vérifiée par u_c.

0.5 (3) Montrer que $\frac{dE_T}{dt} = -(R+r)i^2$, avec E_T l'énergie totale de l'oscillateur électrique .Déduire.

(4) Un dispositif approprié permet de suivre l'évolution de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique et de tracer la courbe de la figure 4.

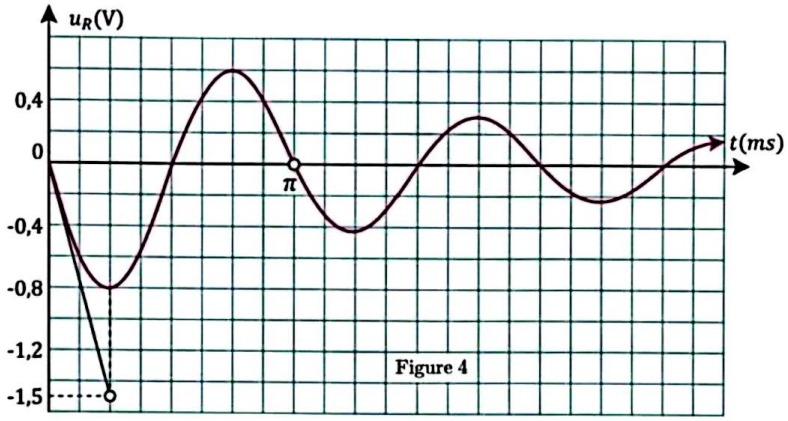


Figure 4

0.5 (a) Par application de la loi d'additivité des tensions à l'instant $t = 0$ montrer que $E = -\frac{L}{R} \cdot \left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$ où $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$ représente la dérivée par rapport au temps de $u_R(t)$ à t=0.Calculer L.

0.25 (b) Déterminer la valeur de l'énergie totale $E_T(t_0)$ à l'instant $t_0 = 0$ ms.

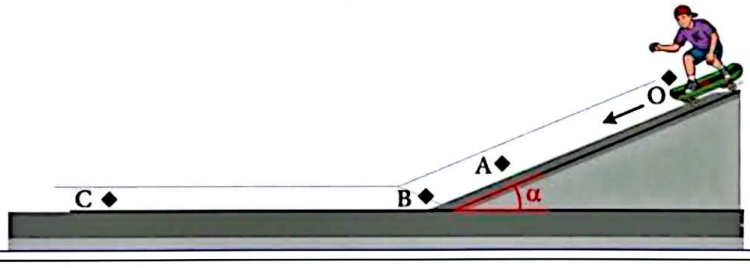
0.5 (c) Montrer que l'énergie totale du circuit à l'instant $t_1 = \frac{3T}{4}$ s'écrit sous la forme : $E_T(t_1) = \frac{U_R^2}{2R^2}\left(C(R+r)^2 + L\right)$ .calculer sa valeur.

0.25 (d) Calculer la perte d'énergie entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = \frac{3T}{4}$.

Physique :3

Un garçon s'entraine sur une piste constituée d'un plan OB de Longueur L incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal et une piste horizontale (BC).

Une tentation est considérée bien améliorée si la distance totale parcourue dépasse 60m pendant une durée $\Delta t = 25$s. On veut étudier la réussite de la 5ème tentation en appliquant les lois de Newton. On étudie le centre d'inertie du système {garçon et sa planche à roulette} (figure ci-dessous)



- Les frottements dans la piste OB sont modélisés par une force $\vec{f} = -K.\vec{V}_G^2$ avec K est une constante positive.
- Les frottements dans la piste (BC) sont modélisés par une force constante f'

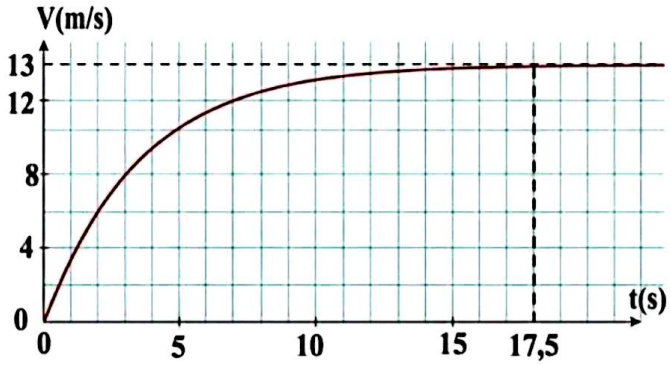
Données : masse (garçon et roulette) est $m = 64\ kg$; $g = 9,8\ m \cdot s^{-2}$; $L = 22\ m$; $\alpha = 20°$, $OA = 7\ m$

Le garçon quitte le point O sans vitesse initiale et arrive au point A à une vitesse limite V_L à $t = 17,5s$ puis il passe à la piste (BC) sans que la norme de la vitesse change et s'arrête au point C sous l'action des frottements f'.

I-Étude du mouvement sur la piste OB :

0.5 (1) En appliquant la 2ème loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la composante V_x s'écrit sous la forme : $\frac{dV_x}{dt} = g.\sin\alpha - \frac{k}{m}V_x^2$

(2) A l'aide d'un vélocimétre (dispositif de mesure de vitesse) on a pu tracer la courbe représentant la Variation de la vitesse V en fonction du temps.



0.5 (2.1) A l'aide du graphe de la figure 2, déterminer la valeur de la constant K .

0.5 (2.2) Trouver l'expression de l'accélération a_0 du centre d'inertie . Déterminer le temps caractéristique du mouvement .

(2.3) En utilisant la méthode d'Euler, remplir le tableau suivant :

0.5

$t_i(s)$	$t_0 = 0$	$t_1 = 0,5$	$t_2 = 1$
$v_i(m/s)$	0	V1 =?	V2 =?
$a_i\ (m/S^2)$	3,35	a1 =?	

II - Étude du mouvement dans la piste (BC) :

On considère que la date de passage du centre d'inertie G du point B à la vitesse V_B est nouvelle origine du temps et on étudie le mouvement dans l'axe horizontal (B, x).

0.5 (1) Exprimer l'accélération a_G du centre d'inertie G en fonction de μ le coefficient de frottement et g.

(2) Le garçon atteint le point C à $t = 6,5\ s$

0.5 (2.1) Déterminer la a_G et celle de μ.

0.5 (2.2) Écrire dans le repère (B, i, j) l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G.

0.5 (2.3) Déterminer la distance BC

0.5 (2.4) Calculer l'intensité R de la réaction de la piste (BC)

III - Étude de la réussite du mouvement) :

0.5 (1) Calculer le temps mis pour parcourir la distance AB .

0.25 (2) Montrer que le garçon a bien réussi sa 5ème tentative.

Chimie (7 points) : Étude et dosage de l'acide pentanoïque

I- Étude de la réaction de l'acide pentanoïque avec l'eau

1. Équation de la réaction de l'acide pentanoïque avec l'eau :

$$C_4H_9COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_4H_9COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2. Montrons que la réaction n'est pas totale en calculant le taux d'avancement final τ :
Si la réaction était totale, l'acide pentanoïque serait le réactif limitant (l'eau étant en excès) :

$$x_{\max} = C \cdot V = 10^{-2} \times 0,200 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

L'avancement final x_f à l'équilibre se déduit de la quantité de matière d'ions H_3O^+ formés :

$$x_f = [H_3O^+]_f \cdot V = 10^{-\text{pH}} \cdot V = 10^{-3,4} \times 0,200 \approx 7,96 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Le taux d'avancement final τ s'écrit :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C} = \frac{10^{-3,4}}{10^{-2}} = 10^{-1,4}$$

$$\Longrightarrow \quad \tau \approx 0,0398 \quad (\text{soit } 3,98\%)$$

Puisque $\tau < 1$ (la réaction ne produit que $3,98\%$ de l'avancement maximal possible), la réaction n'est pas totale.

3. Calcul du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,\text{eq}}$: D'après l'équation de la réaction, on a à l'équilibre :

$$[H_3O^+]_{\text{eq}} = [C_4H_9COO^-]_{\text{eq}} = 10^{-\text{pH}}$$

$$[C_4H_9COOH]_{\text{eq}} = C - [H_3O^+]_{\text{eq}} = C - 10^{-\text{pH}}$$

L'expression du quotient de réaction à l'équilibre est :

$$Q_{r,\text{eq}} = \frac{[C_4H_9COO^-]_{\text{eq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{eq}}}{[C_4H_9COOH]_{\text{eq}}} = \frac{(10^{-\text{pH}})^2}{C - 10^{-\text{pH}}}$$

$$Q_{r,\text{eq}} = \frac{(10^{-3,4})^2}{10^{-2} - 10^{-3,4}} = \frac{1,585 \cdot 10^{-7}}{0,01 - 0,000398} = \frac{1,585 \cdot 10^{-7}}{0,009602}$$

$$\Longrightarrow \quad Q_{r,\text{eq}} \approx 1,65 \cdot 10^{-5}$$

4. Calcul du pK_A et espèce prédominante : La constante d'acidité K_A du couple $\mathrm{C_4H_9COOH/C_4H_9COO^-}$ correspond par définition à $Q_{r,\mathrm{eq}}$:

$$K_A = Q_{r,\mathrm{eq}} \approx 1,65 \cdot 10^{-5}$$

$$\mathrm{pK}_A = -\log(K_A) = -\log(1,65 \cdot 10^{-5}) \implies \boxed{\mathrm{pK}_A \approx 4,78}$$

Puisque le pH de la solution ($\mathrm{pH} = 3,4$) est strictement inférieur au pK_A (4,78), l'espèce acide $\mathrm{C_4H_9COOH}$ prédomine dans la solution.

II- Dosage de l'acide pentanoïque par suivi pH-métrique

1. Équation de la réaction de dosage :

$$\mathrm{C_4H_9COOH\ _{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow C_4H_9COO^-_{(aq)} + H_2O\ _{(l)}}$$

2. Coordonnées du point d'équivalence : Par exploitation graphique de la courbe $\mathrm{pH} = f(V_B)$ par la méthode des tangentes :

$$\implies \boxed{V_{BE} = 12\ \mathrm{mL}} \quad \text{et} \quad \boxed{\mathrm{pH}_E = 8,2}$$

3. Calcul de la concentration molaire C_A : À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stchiométriques :

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE} \implies C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A}$$

$$C_A = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} \times 12}{20} = \frac{18 \cdot 10^{-2}}{20} \implies \boxed{C_A = 9,0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mol/L}}$$

4. Masse d'acide pentanoïque dans la gélule et commentaire : Le volume total de la solution préparée à partir d'une gélule est $V_S = 500$ mL. La quantité de matière d'acide pentanoïque contenue dans la gélule est :

$$n_A = C_A \cdot V_S$$

La masse correspondante m_{exp} s'obtient en multipliant par la masse molaire $M(\mathrm{C_4H_9COOH})$:

$$M = 5 \times M(\mathrm{C}) + 10 \times M(\mathrm{H}) + 2 \times M(\mathrm{O}) = 5 \times 12 + 10 \times 1 + 2 \times 16 = 102\ \mathrm{g/mol}$$

$$m_{\mathrm{exp}} = C_A \cdot V_S \cdot M = 9,0 \cdot 10^{-3} \times 0,500 \times 102 = 0,459\ \mathrm{g}$$

$$\implies \boxed{m_{\mathrm{exp}} = 459\ \mathrm{mg}}$$

Commentaire : La masse expérimentale trouvée (459 mg) est extrêmement proche de l'indication du fabricant (450 mg). L'indication du fabricant est donc validée.

Chimie : Partie 2 - Électrolyse d'une solution de nitrate d'argent

1. Équation bilan de l'électrolyse :

Au niveau de la cathode (électrode reliée au pôle négatif), il y a réduction des ions argent Ag^+ avec formation d'un dépôt métallique :

$$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$$

Au niveau de l'anode (électrode reliée au pôle positif), il y a oxydation des molécules d'eau avec dégagement gazeux de dioxygène O_2 :

$$6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons O_{2\,(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4e^-$$

Pour équilibrer le nombre d'électrons échangés ($4e^-$), on multiplie la demi-équation de réduction par 4, ce qui donne l'équation bilan :

$$4Ag^+_{(aq)} + 6H_2O_{(l)} \longrightarrow 4Ag_{(s)} + O_{2\,(g)} + 4H_3O^+_{(aq)}$$

2. Relation de la concentration en ions H_3O^+ :

À l'instant initial $t = 0$, le pH de la solution est $pH_0 = 3$. La concentration initiale en ions H_3O^+ est donc :

$$[H_3O^+]_0 = 10^{-pH_0} = 10^{-3}\ \text{mol/L}$$

La quantité de matière initiale d'ions oxonium dans le volume $V = 400$ mL $= 0,400$ L est :

$$n_0(H_3O^+) = [H_3O^+]_0 \cdot V = 10^{-3} \cdot V$$

À un instant t, d'après les coefficients stchiométriques de l'équation bilan, la quantité de matière d'ions H_3O^+ formés est égale à $4x$, où x est l'avancement. La quantité totale d'ions H_3O^+ devient :

$$n(H_3O^+) = n_0(H_3O^+) + 4x$$

En divisant par le volume V pour obtenir la concentration :

$$[H_3O^+] = \frac{n_0(H_3O^+) + 4x}{V} = [H_3O^+]_0 + \frac{4x}{V}$$

En remplaçant les valeurs numériques ($[H_3O^+]_0 = 10^{-3}$ mol/L et $V = 0,400$ L) :

$$[H_3O^+] = 10^{-3} + \frac{4x}{0,400} \implies \boxed{[H_3O^+] = 10^{-3} + 10 \cdot x}$$

---

3. Calculs au bout d'une durée $\Delta t = 1$ h 15 min :
Exprimons d'abord la durée en secondes :

$$\Delta t = 1 \text{ h } 15 \text{ min} = 75 \text{ min} = 75 \times 60 = 4500 \text{ s}$$

La quantité d'électricité Q qui a traversé le circuit est :

$$Q = I \cdot \Delta t = 0,250 \times 4500 = 1125 \text{ C}$$

La quantité de matière d'électrons échangés $n(e^-)$ est :

$$n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{1125}{9,65 \cdot 10^4} \approx 1,166 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

D'après les demi-équations, la relation entre l'avancement x et les électrons est $n(e^-) = 4x$, d'où :

$$x = \frac{n(e^-)}{4} = \frac{1,166 \cdot 10^{-2}}{4} \approx 2,915 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

a) Masse du métal déposée (m(Ag)) :
D'après l'équation, $n(\text{Ag}) = 4x = n(e^-)$.

$$m(\text{Ag}) = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) = 1,166 \cdot 10^{-2} \times 108 \approx 1,259 \text{ g}$$

$$\Longrightarrow \quad m(\text{Ag}) \approx 1,26 \text{ g}$$

b) Volume du gaz dégagé (V(O_2)) :
D'après l'équation, la quantité de dioxygène produite est $n(\text{O}_2) = x$.

$$V(\text{O}_2) = x \cdot V_m = 2,915 \cdot 10^{-3} \times 22,4 \approx 0,0653 \text{ L}$$

$$\Longrightarrow \quad V(\text{O}_2) \approx 65,3 \text{ mL}$$

c) Le pH de la solution :
En utilisant la formule démontrée à la question 2 :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} + 10 \cdot x = 10^{-3} + 10 \times \left(2,915 \cdot 10^{-3}\right) = 0,001 + 0,02915 = 0,03015 \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) = -\log(0,03015)$$

$$\Longrightarrow \quad \text{pH} \approx 1,52$$

Physique 1 (2,5 points) : Transformations nucléaires

1. Équation de désintégration du noyau de plutonium 238 :

Le noyau de plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$ se désintègre en donnant un noyau d'uranium $^{234}_{92}\text{U}$ avec l'émission d'une particule α (noyau d'hélium $^{4}_{2}\text{He}$) selon les lois de conservation de Soddy :

$$^{238}_{94}\text{Pu} \longrightarrow {}^{234}_{92}\text{U} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

---

2. Choix des propositions justes :

(2.1) Nombre de noyaux désintégrés pendant $\Delta t = 352$ ans :

La demi-vie est $t_{1/2} = 88$ ans. La durée écoulée correspond à :

$$\Delta t = 352 = 4 \times 88 = 4 \times t_{1/2}$$

Le nombre de noyaux restants à cet instant est :

$$N(\Delta t) = \frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16}$$

Le nombre de noyaux désintégrés N' est donc la différence entre le nombre initial et le nombre restant :

$$N' = N_0 - N(\Delta t) = N_0 - \frac{N_0}{16} = \frac{15N_0}{16} = \frac{7,5N_0}{8}$$

$\Longrightarrow$ La proposition juste est la **C : $N' = \frac{7,5N_0}{8}$**

(2.2) Énergie libérée par la désintégration d'un noyau :

L'énergie libérée $|\Delta E|$ se calcule par la perte de masse du système :

$$|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = |m(^{234}\text{U}) + m(^{4}\text{He}) - m(^{238}\text{Pu})| \cdot c^2$$

$$|\Delta m| = |234,04095 + 4,00260 - 238,04956| = |-0,00601| \text{ u} = 0,00601 \text{ u}$$

Sachant que $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$:

$$|\Delta E| = 0,00601 \times 931,5 \text{ MeV} \approx 5,598 \text{ MeV} \approx 5,6 \text{ MeV}$$

$\Longrightarrow$ La proposition juste est la **B : $|\Delta E| \approx 5,6$ MeV**

(2.3) Masse initiale m_0 de plutonium 238 :

L'énergie totale libérée indiquée sur le sujet correspond à $E_t = 2,0 \cdot 10^{21}$ MeV. Le nombre initial de noyaux N_0 présents dans la source est :

$$N_0 = \frac{E_t}{|\Delta E|} = \frac{2,0 \cdot 10^{21}}{5,598} \approx 3,57 \cdot 10^{20} \text{ noyaux}$$

La masse initiale m_0 s'en déduit à l'aide de la constante d'Avogadro N_A et de la masse molaire M :

$$m_0 = \frac{N_0 \cdot M(^{238}\text{Pu})}{N_A} = \frac{3,57 \cdot 10^{20} \times 238}{6,02 \cdot 10^{23}} \approx 0,141 \text{ g}$$

$\Longrightarrow$ La proposition juste est la **D : $m_0 = 0,14$ g**

Physique 2 (5,5 points) : Étude des dipôles RL et RLC

Partie 1 : Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

1.1. Équation différentielle vérifiée par la tension u_R :
D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) :

$$E = u_b + u_R$$

La tension aux bornes de la bobine s'écrit $u_b = L\frac{di}{dt} + ri$. D'après la loi d'Ohm pour le conducteur ohmique, $u_R = Ri \implies i = \frac{u_R}{R}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$. En remplaçant dans l'équation des mailles :

$$E = L \cdot \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt} + r \cdot \frac{u_R}{R} + u_R \implies E = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + \left(\frac{R+r}{R}\right) u_R$$

En multipliant l'ensemble par $\frac{R}{R+r}$, on obtient l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R+r}\frac{du_R}{dt} + u_R = \frac{R \cdot E}{R+r}$$

1.2. Expressions de U_P et de τ :
La solution s'écrit $u_R(t) = U_P(1 - e^{-t/\tau})$. Sa dérivée par rapport au temps est :

$$\frac{du_R}{dt} = \frac{U_P}{\tau} e^{-t/\tau}$$

En injectant $u_R(t)$ et sa dérivée dans l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R+r}\left(\frac{U_P}{\tau} e^{-t/\tau}\right) + U_P - U_P e^{-t/\tau} = \frac{R \cdot E}{R+r}$$

$$U_P e^{-t/\tau}\left[\frac{L}{\tau(R+r)} - 1\right] + U_P = \frac{R \cdot E}{R+r}$$

Pour que cette égalité soit vérifiée à tout instant t, il faut annuler le terme devant l'exponentielle et égaler les constantes :

$$\frac{L}{\tau(R+r)} - 1 = 0 \implies \tau = \frac{L}{R+r}$$

$$\implies U_P = \frac{R \cdot E}{R+r}$$

2.1. Exploitation de la courbe $\ln(U_P - u_R) = f(t)$:

On a $U_P - u_R(t) = U_P e^{-t/\tau} \implies \ln(U_P - u_R) = \ln(U_P) - \frac{t}{\tau}$. C'est une droite de la forme $y = a \cdot t + b$ avec l'ordonnée à l'origine $b = \ln(U_P)$ et la pente $a = -\frac{1}{\tau}$. Par lecture graphique sur la figure 2 à l'origine $t = 0$:

$$\ln(U_P) \approx 2,30 \implies U_P = e^{2,30} \implies \boxed{U_P \approx 10 \text{ V}}$$

En choisissant deux points précis sur la droite, par exemple $(0 \text{ ms}; 2,3)$ et $(0,48 \text{ ms}; 1,5)$:

$$a = \frac{1,5 - 2,3}{0,48 \cdot 10^{-3}} = -\frac{0,8}{0,48 \cdot 10^{-3}} \approx -1666,7 \text{ s}^{-1}$$

$$\tau = -\frac{1}{a} = \frac{1}{1666,7} \implies \boxed{\tau = 0,6 \text{ ms}}$$

2.2. Détermination de r et de L :
À partir de l'expression de U_P :

$$U_P = \frac{R \cdot E}{R + r} \implies R + r = \frac{R \cdot E}{U_P} \implies r = \frac{R \cdot E}{U_P} - R$$

$$r = \frac{10 \times 12}{10} - 10 = 12 - 10 \implies \boxed{r = 2 \ \Omega}$$

À partir de l'expression de τ :

$$L = \tau \cdot (R + r) = 0,6 \cdot 10^{-3} \times (10 + 2) = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ H} \implies \boxed{L = 7,2 \text{ mH}}$$

3. Instant t où l'énergie magnétique atteint 80% de sa valeur maximale :
L'énergie emmagasinée dans la bobine est $E_L(t) = \frac{1}{2} L i(t)^2$. Sa valeur maximale en régime permanent s'écrit $E_{L,\max} = \frac{1}{2} L I_P^2$ avec $I_P = \frac{U_P}{R}$. On cherche l'instant t tel que :

$$E_L(t) = 0,80 \cdot E_{L,\max} \implies \frac{1}{2} L i(t)^2 = 0,80 \cdot \frac{1}{2} L I_P^2 \implies i(t) = \sqrt{0,80} \cdot I_P$$

Sachant que $i(t) = I_P(1 - e^{-t/\tau})$:

$$1 - e^{-t/\tau} = \sqrt{0,80} \implies e^{-t/\tau} = 1 - \sqrt{0,80} \approx 1 - 0,8944 = 0,1056$$

$$t = -\tau \ln(1 - \sqrt{0,80}) = -0,6 \times \ln(0,1056) \approx -0,6 \times (-2,248)$$

$$\implies \boxed{t \approx 1,35 \text{ ms}}$$

Partie 2 : Les oscillations électriques libres dans un circuit RLC

1. Type et régime des oscillations :

— **Type :** Oscillations électriques libres amorties.
— **Régime :** Régime pseudo-périodique.

2. **Équation différentielle vérifiée par u_C :**
D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_C + u_L + u_R = 0$$

Avec $u_L = L\frac{di}{dt} + ri$ et $u_R = Ri$. L'intensité s'écrit $i = C\frac{du_C}{dt} \implies \frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$.
En remplaçant :

$$u_C + LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + rC\frac{du_C}{dt} + RC\frac{du_C}{dt} = 0$$

En divisant par LC, on obtient :

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R+r}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0$$

3. **Dérivée de l'énergie totale E_T :**
L'énergie totale s'écrit $E_T = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$. En dérivant par rapport au temps :

$$\frac{dE_T}{dt} = Cu_C\frac{du_C}{dt} + Li\frac{di}{dt} = u_Ci + Li\frac{di}{dt} = i\left(u_C + L\frac{di}{dt}\right)$$

Or, d'après l'équation des mailles, $u_C + L\frac{di}{dt} + (R+r)i = 0 \implies u_C + L\frac{di}{dt} = -(R+r)i$.

$$\implies \frac{dE_T}{dt} = -(R+r)i^2$$

Déduction : Comme $(R+r) > 0$ et $i^2 \geq 0$, la dérivée $\frac{dE_T}{dt} \leq 0$. L'énergie totale diminue au cours du temps par dissipation thermique (effet Joule) dans les résistances.

4.a. **Relation à $t = 0$ et calcul de L :**
À $t = 0$, le condensateur est entièrement chargé ($u_C(0) = E = 6$ V) et la bobine s'oppose à l'établissement instantané du courant, donc $i(0) = 0 \implies u_R(0) = 0$.
L'équation des mailles à $t = 0$ donne :

$$u_C(0) + L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} + (R+r)\cancel{i(0)} = 0 \implies E + L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = 0 \implies \left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{E}{L}$$

Comme $u_R = Ri \implies \frac{du_R}{dt} = R\frac{di}{dt}$. On a donc :

$$\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0} = R\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{R\cdot E}{L} \implies E = -\frac{L}{R}\cdot\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$$

Par lecture de la pente de la tangente à l'origine sur la figure 4, on déduit la valeur de l'inductance :

$$L = 0,1 \text{ H}$$

4.b. Énergie totale initiale $E_T(t_0 = 0)$:
À $t_0 = 0$, l'énergie est purement électrique dans le condensateur :

$$E_T(0) = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2} \times 1 \cdot 10^{-6} \times 6^2 \implies \boxed{E_T(0) = 18\ \mu\text{J}}$$

4.c. Énergie totale à $t_1 = \frac{3T}{4}$:
L'énergie totale s'écrit $E_T = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$. En utilisant $i = \frac{u_R}{R}$, le terme magnétique devient $\frac{Lu_R^2}{2R^2}$. Aux instants correspondant aux extremums de $u_R(t)$ (comme à $t_1 = \frac{3T}{4}$ qui est un sommet), la dérivée s'annule : $\frac{du_R}{dt} = 0 \implies \frac{di}{dt} = 0$. L'équation des mailles à cet instant devient :

$$u_C(t_1) + L\cancel{\frac{di}{dt}(t_1)} + (R+r)i(t_1) = 0 \implies u_C(t_1) = -(R+r)\frac{u_R(t_1)}{R}$$

En injectant cette expression dans l'énergie totale :

$$E_T(t_1) = \frac{1}{2}C\left[-\frac{(R+r)u_R(t_1)}{R}\right]^2 + \frac{Lu_R(t_1)^2}{2R^2} = \frac{C(R+r)^2u_R(t_1)^2}{2R^2} + \frac{Lu_R(t_1)^2}{2R^2}$$

En factorisant, on retrouve la relation demandée :

$$\boxed{E_T(t_1) = \frac{u_R(t_1)^2}{2R^2}\left[C(R+r)^2 + L\right]}$$

Calcul : Sur la figure 4, au sommet $t_1 = \frac{3T}{4}$, on lit $u_R(t_1) = 0,4$ V. Avec $R = 80\ \Omega$ et $r = 20\ \Omega \implies R + r = 100\ \Omega$:

$$E_T(t_1) = \frac{(0,4)^2}{2 \times 80^2}\left[1 \cdot 10^{-6} \times (100)^2 + 0,1\right] = \frac{0,16}{12800} \times [0,01 + 0,1]$$

$$E_T(t_1) = 1,25 \cdot 10^{-5} \times 0,11 = 1,375 \cdot 10^{-6}\ \text{J} \implies \boxed{E_T(t_1) = 1,375\ \mu\text{J}}$$

4.d. Perte d'énergie $|\Delta E_T|$:

$$|\Delta E_T| = E_T(0) - E_T(t_1) = 18\ \mu\text{J} - 1,375\ \mu\text{J} \implies \boxed{|\Delta E_T| = 16,625\ \mu\text{J}}$$

Physique 3 (5 points) : Étude mécanique du mouvement d'un garçon

I- Étude du mouvement sur la piste OB

1. Équation différentielle du mouvement :
Le système étudié est {garçon + planche à roulette} de masse m. Le mouvement

se fait dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Les forces appliquées au système sur le plan incliné sont :

- Le poids $\vec{P}$ dirigé verticalement vers le bas.
- La réaction normale de la piste $\vec{R}_N$ perpendiculaire au plan incliné.
- La force de frottement fluide $\vec{f} = -K \cdot V_G^2 \, \vec{i}$ dirigée dans le sens opposé au mouvement.

En appliquant la deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} = m\vec{a}_G$$

Par projection sur l'axe (O, x) parallèle à la piste et orienté vers le bas :

$$P_x + R_{Nx} + f_x = ma_x$$

$$mg\sin\alpha + 0 - KV_x^2 = m\frac{dV_x}{dt}$$

En divisant l'ensemble par m, on obtient l'équation différentielle demandée :

$$\boxed{\frac{dV_x}{dt} = g\sin\alpha - \frac{K}{m}V_x^2}$$

2.1. Détermination de la constante K :

Lorsque la vitesse limite V_L est atteinte, la vitesse devient constante, donc sa dérivée s'annule : $\frac{dV_x}{dt} = 0$. L'équation différentielle devient :

$$g\sin\alpha - \frac{K}{m}V_L^2 = 0 \implies K = \frac{mg\sin\alpha}{V_L^2}$$

D'après l'asymptote horizontale de la courbe (Figure 2), la vitesse limite est :

$$V_L = 13 \text{ m/s}$$

Application numérique avec $m = 64$ kg, $g = 9,8$ m/s^2 et $\alpha = 20°$:

$$K = \frac{64 \times 9,8 \times \sin(20°)}{13^2} = \frac{627,2 \times 0,3420}{169} = \frac{214,51}{169}$$

$$\implies \boxed{K \approx 1,27 \text{ kg/m}}$$

2.2. Expression de a_0 et temps caractéristique :

À l'instant initial $t = 0$, le garçon part sans vitesse initiale ($V_x = 0$). L'équation différentielle donne l'accélération initiale a_0 :

$$a_0 = \left(\frac{dV_x}{dt}\right)_{t=0} \implies \boxed{a_0 = g\sin\alpha}$$

$$a_0 = 9,8 \times \sin(20°) \approx 3,35 \text{ m/s}^2$$

Le temps caractéristique τ correspond à l'abscisse du point d'intersection entre la tangente à l'origine et l'asymptote horizontale ($V = V_L$) :

$$\tau = \frac{V_L}{a_0} = \frac{13}{3,35} \implies \boxed{\tau \approx 3,88 \text{ s}}$$

2.3. Remplissage du tableau par la méthode d'Euler ($\Delta t = 0,5$ s) :
Les relations de la méthode d'Euler s'écrivent :

$$V_{i+1} = V_i + a_i \cdot \Delta t \quad \text{et} \quad a_{i+1} = 3,35 - \frac{1,27}{64} V_{i+1}^2 = 3,35 - 0,0198 \cdot V_{i+1}^2$$

— **Calcul de V_1 à $t_1 = 0,5$ s :**

$$V_1 = V_0 + a_0 \cdot \Delta t = 0 + 3,35 \times 0,5 \implies \boxed{V_1 = 1,68 \text{ m/s}}$$

— **Calcul de a_1 à $t_1 = 0,5$ s :**

$$a_1 = 3,35 - 0,0198 \times (1,68)^2 = 3,35 - 0,056 \implies \boxed{a_1 = 3,29 \text{ m/s}^2}$$

— **Calcul de V_2 à $t_2 = 1,0$ s :**

$$V_2 = V_1 + a_1 \cdot \Delta t = 1,68 + 3,29 \times 0,5 = 1,68 + 1,645 \implies \boxed{V_2 = 3,32 \text{ m/s}}$$

II- Étude du mouvement dans la piste BC

1. Expression de l'accélération a_G :
Sur la piste horizontale BC, le système est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la réaction de la piste $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f'}$. Par application de la deuxième loi de Newton et projection sur l'axe horizontal (B, x) orienté vers C :

$$-f' = ma_G$$

Or, le coefficient de frottement est $\mu = \frac{f'}{R_N} = \frac{f'}{mg} \implies f' = \mu mg$.

$$-\mu mg = ma_G \implies \boxed{a_G = -\mu g}$$

2.1. Détermination de a_G et de μ :
Le mouvement est uniformément varié ($a_G = $ cste). La vitesse s'écrit $V(t) = a_G t + V_B$. À la nouvelle origine des temps en B, $V_B = V_L = 13$ m/s. Le garçon s'arrête en C à $t_C = 6,5$ s ($V(t_C) = 0$) :

$$a_G \cdot t_C + V_B = 0 \implies a_G = -\frac{V_B}{t_C} = -\frac{13}{6,5} \implies \boxed{a_G = -2,0 \text{ m/s}^2}$$

On en déduit le coefficient de frottement μ :

$$\mu = -\frac{a_G}{g} = \frac{2,0}{9,8} \implies \boxed{\mu \approx 0,204}$$

2.2. Équation horaire du mouvement :
En intégrant avec $x(0) = 0$ et $V(0) = 13$ m/s :

$$x(t) = \frac{1}{2}a_G t^2 + V_B t \implies \boxed{x(t) = -1,0 \cdot t^2 + 13 \cdot t}$$

2.3. Distance BC :
La distance BC correspond à l'abscisse $x(t_C)$ à l'arrêt ($t_C = 6,5$ s) :

$$\text{BC} = -1,0 \times (6,5)^2 + 13 \times 6,5 = -42,25 + 84,5 \implies \boxed{\text{BC} = 42,25 \text{ m}}$$

2.4. Intensité R de la réaction de la piste :

$$R_N = mg = 64 \times 9,8 = 627,2 \text{ N} \quad \text{et} \quad f' = \mu mg = m|a_G| = 64 \times 2,0 = 128 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{R_N^2 + f'^2} = \sqrt{(627,2)^2 + (128)^2} \implies \boxed{R \approx 640,1 \text{ N}}$$

III- Étude de la réussite du mouvement

1. Temps mis pour parcourir la distance AB :
Le garçon atteint la vitesse limite $V_L = 13$ m/s au point A à $t = 17,5$ s. Entre A et B, la vitesse reste constante et égale à V_L. La distance AB est :

$$\text{AB} = \text{OB} - \text{OA} = 22 - 7 = 15 \text{ m}$$

Le temps de parcours Δt_{AB} est donc :

$$\Delta t_{AB} = \frac{\text{AB}}{V_L} = \frac{15}{13} \implies \boxed{\Delta t_{AB} \approx 1,15 \text{ s}}$$

2. Vérification de la réussite de la tentative :
Calculons la distance totale parcourue d_{tot} entre le départ en O et l'arrêt en C :

$$d_{\text{tot}} = \text{OB} + \text{BC} = 22 + 42,25 \implies \boxed{d_{\text{tot}} = 64,25 \text{ m}}$$

La durée totale effective du trajet du point O au point C s'obtient en additionnant :

$$\Delta t_{\text{tot}} = t_A + \Delta t_{AB} + t_{BC} = 17,5 + 1,15 + 6,5 \implies \boxed{\Delta t_{\text{tot}} = 25,15 \text{ s}}$$

À la durée imposée de $\Delta t = 25$ s, le garçon se trouve sur la piste BC depuis $t' = 25 - (17,5 + 1,15) = 6,35$ s. Sa position effective est :

$$d(25 \text{ s}) = \text{OB} + x(6,35) = 22 + \left[-1,0 \times (6,35)^2 + 13 \times 6,35\right] = 22 + 42,23 = 64,23 \text{ m}$$

Puisque la distance totale parcourue à 25 s $(64,23$ m) est strictement supérieure au seuil exigé de 60 m, **le garçon a parfaitement réussi sa 5ème tentative.**

من انجاز ذ.
محمد سعيد

امتحان وطني تجريبي رقم 2 للبكالوريا

المسالك الدولية

الدورة العادية 2026

- الموضوع -

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة

GROUPE SCOLAIRE AZ

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	المعامل	7

INSTRUCTIONS GENERALES

- L'utilisation de la calculatrice non programmable est autorisée ;
- Le candidat peut traiter les exercices de l'épreuve suivant l'ordre qui lui convient ;
- L'utilisation de la couleur rouge lors de la rédaction des solutions est à éviter.

COMPOSANTES DU SUJET

L'épreuve est composée de quatre exercices indépendants entre eux et répartis suivant les domaines comme suit :

Exercice 1	Chimie	7 points
Exercice 2	Nucléaire	3 points
Exercice 3	Électricité	5points
Exercice 4	Mécanique	5points

WhatsApp :0661260738

Chimie :

L'acide méthanoïque, ou acide formique, est produit par des fourmis rouges qui l'utilisent pour se défendre. II est synthétisé dans l'industrie pour être utilisé dans de nombreux domaines comme le textile, l'agroalimentaire, ou encore la fabrication de solvants.

Les objectifs de cet exercice sont d'étudier les propriétés acido-basiques de l'acide méthanoïque et d'étudier la cinétique de son réaction avec le dibrome.

Partie I :Étude de quelques réactions de l'acide méthanoïque

Dans un labo, une bouteille contient une solution $(\mathbf{S_0})$ de l'acide $\boldsymbol{HCOOH}$ avec la concentration molaire $\boldsymbol{C_0}$. L'étiquette de cette bouteille porte les informations suivantes :

✓ Densité $\boldsymbol{d = 1,22}$;

✓ Pourcentage massique $\boldsymbol{P = 66\%}$

✓ Mase molaire $\boldsymbol{M = M(HCOOH) = 46\ g/mol}$

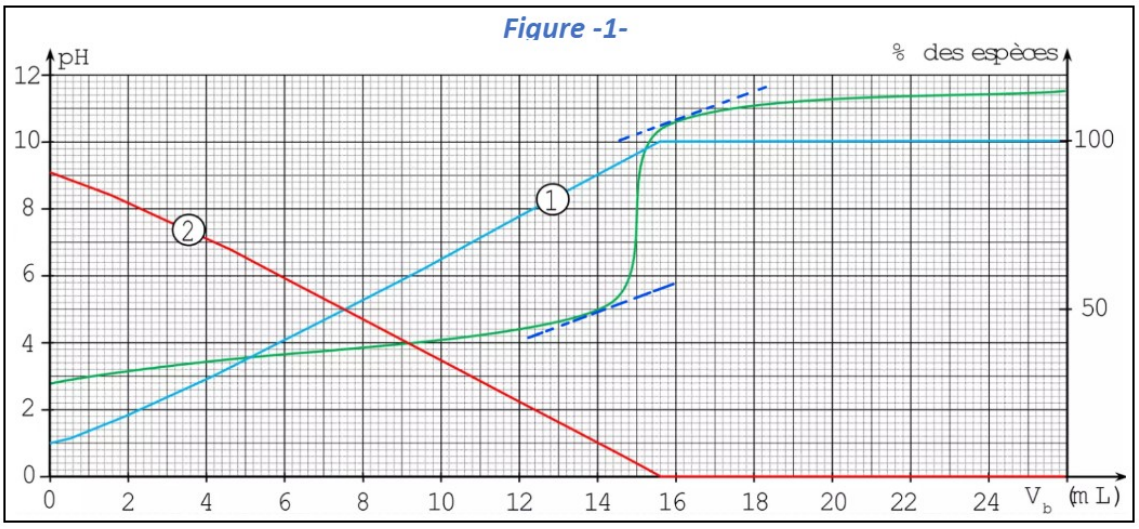
Afin de déterminer la concentration molaire $\boldsymbol{C_0}$ de la solution $\boldsymbol{(S_0)}$, on réalise un dosage acido-basique.

On dilue **1000** fois un volume $\boldsymbol{V}$ de la solution $\boldsymbol{(S_0}$) on obtient une solution aqueuse $\boldsymbol{(S_A)}$ d'acide méthanoïque de concentration molaire $\boldsymbol{C_A}$.

On prélève un volume $\boldsymbol{V_A = 10mL}$ de la solution $\boldsymbol{(S_A)}$ et on dose par une solution aqueuse $\boldsymbol{(S_B)}$ d'hydroxyde de sodium $\left(\mathbf{Na^+_{(aq)}} + \boldsymbol{HO^-_{(aq)}}\right)$de concentration $\boldsymbol{C_B = 1.16 \cdot 10^{-2}\ mol.\ L^{-1}}$.

En suivant l'évolution du $\boldsymbol{pH}$ en fonction du volume $\boldsymbol{V_B}$ d'hydroxyde de sodium versé, Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de dosage $\boldsymbol{pH = f\,(V_B)}$. (Figure -1-)

Figure -1-



I-Exploitation des courbes :

0.5 ① Associer chaque courbe à l'indication correspondante ($\mathbf{\%HCOOH}$ et $\mathbf{\%HCOO^-}$) .

② Déterminer graphiquement la valeur du :

0.25 (a) $\mathbf{pK_A}$ du couple $\mathbf{HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}}$

0.25 (b) **pH** de la solution aqueuse d'acide méthanoïque

③ On étudie une solution aqueuse d'acide méthanoïque de concentration initiale en soluté apportée $\boldsymbol{c_A}$.

0.5 (a) Écrire l'équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau .

0.75 (b) Montrer que le taux d'avancement s'écrit sous la forme :$\boldsymbol{\tau = \dfrac{1}{1 + 10^{pK_A - pH}}}$.Calculer sa valeur.

0.5 (c) En déduire la concentration molaire $\boldsymbol{C_A}$ de cette solution.

II -Étude du dosage de l'acide méthanoïque par la soude :

0.5 ① Écrire l'équation de la réaction du dosage.

0.5 ② Calculer la constante d'équilibre K. Conclure

0.75 ③ En exploitant la courbe $\boldsymbol{pH = f\,(V_B)}$, déterminer les coordonnées du point d'équivalence **E**, puis retrouver la valeur de $\mathbf{C_A}$.

0.5 ④ Déduire la valeur de $\mathbf{C_0}$, puis Vérifier la valeur du pourcentage massique d'acide méthanoïque dans la bouteille utilisée.

On donne :

•Produit ionique de l'eau à $\mathbf{25°C : Ke = 10^{-14}}$.

•la masse volumique de l'eau est $\boldsymbol{\rho_e = 1\ g \cdot ml^{-1}}$

Partie II :Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le dibrome

En solution aqueuse, l'acide formique réagit complètement et lentement avec le dibrome selon l'équation suivante :

$$\mathbf{HCOOH_{(aq)} + Br_{2(aq)} \longrightarrow 2Br^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + CO_{2(\,g)}}$$

La solution aqueuse de dibrome a une couleur rouge brun, alors que la solution d'acide bromhydrique $\left(\mathbf{H^+ + Br^-}\right)$est incolore.

A l'instant $\boldsymbol{t = 0}$, on prépare un mélange d'un volume $\mathbf{V_T = 1,00 \cdot 10^{-4}\ m^3}$ en mélangeant un volume de $\mathbf{V_1 = 5,00 \cdot 10^{-5}\ m^3}$ d'acide méthanoïque de concentration $\mathbf{C_1 = 30,0\ mol.m^{-3}}$, avec un volume de $\boldsymbol{V_2 = V_1}$ de dibrome de concentration $\mathbf{C_2 = 24,0}$ mol. $\mathbf{m^{-3}}$, on obtient la courbe représentant les variations de conductivité en fonction du temps $\boldsymbol{\sigma = f(t)}$.

Donnée :

- En exprime la conductivité du mélange réactionnel à l'instant $\boldsymbol{t}$ par : $\boldsymbol{\sigma = \sigma_0 + \lambda_{H^+}\left[H^+\right] + \lambda_{Br^-}[Br^-]}$.
- $\boldsymbol{\sigma_0}$ représente la conductivité à l'instant $\boldsymbol{t = 0}$ tel que : $\boldsymbol{\sigma_0 = 0,063\ S.m^{-1}}$.
- Les conductivités molaires ioniques à $\mathbf{25°C}$ sont :

$\boldsymbol{\lambda_{Br^-} = 7,81 \cdot 10^{-3}\ S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}; \lambda_{H^+} = 35,0 \cdot 10^{-3}\ S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$

0.5 (1) Dresser le tableau d'avancement de cette réaction, puis déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal.

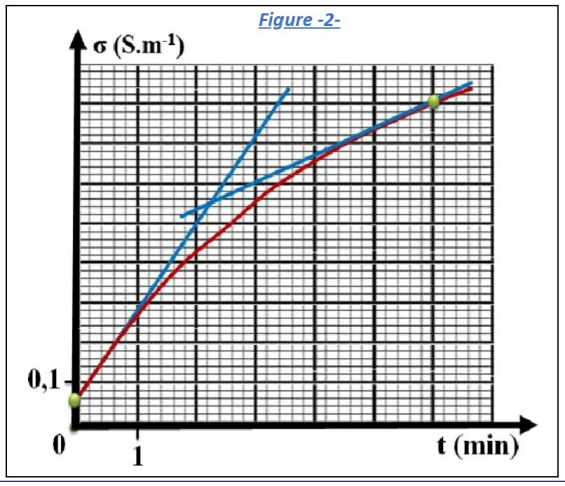
0.5 (2) Montrer qu'on a à un instant $\boldsymbol{t : \sigma(t) = 0,063 + 856.x(t)}$.

0.5 (3) Déduire l'expression de la vitesse volumique de la réaction en fonction de $\boldsymbol{V_T}$, et la dérivée $\dfrac{d\sigma(t)}{dt}$.

0.5 (4) Calculer la valeur de la vitesse volumique à l'instant $\boldsymbol{t_0 = 0}$ et $\boldsymbol{t_1 = 6min}$ en $\left(\mathbf{mol \cdot m^{-3} \cdot min^{-1}}\right)$, expliquer le résultat obtenu.

0.25 (5) Comment augmenter la vitesse de cette réaction.

Figure -2-



Physique :1

La médecine nucléaire a une grande importance de nos jours, elle est utilisée dans le diagnostic et le traitement des maladies. Parmi ses technique, la radiothérapie, utilisés dans le traitement des cancers ; la tumeur ou le tissu infecté est extrudé par les rayonnements β^-émis par la désintégration du cobalt $\mathbf{^{60}_{27}Co}$.

Données :

- Un extrait du tableau périodique : $\mathbf{_{25}M, _{26}Fe, _{27}Co, _{28}Ni, _{29}Cu}$.
- Masse du noyau de cobalt $\mathbf{60}$: $\boldsymbol{m\left(^{60}_{27}Co\right) = 59,8523u}$
- Masse du noyau fils : $\boldsymbol{m\left(^{A}_{z}X\right) = 59,8493.u}$
- Masse de l'électron : $\mathbf{m\left(e^-\right) = 0,00055.u}$
- $\boldsymbol{1u = 931,5Mev \cdot C^{-2}}$
- Masse molaire du cobalt : $\mathbf{M(^{60}_{27}Co) = 60,0\ g \cdot mol^{-1}}$;
- Constante d'Avogadro : $\mathbf{N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}}$;
- $\mathbf{1an = 3,15 \cdot 10^7\ s}$.

I -Désintégration du nucléide cobalt :

Le nucléide cobalt $\mathbf{^{60}_{27}Co}$ est radioactif de type β^-.

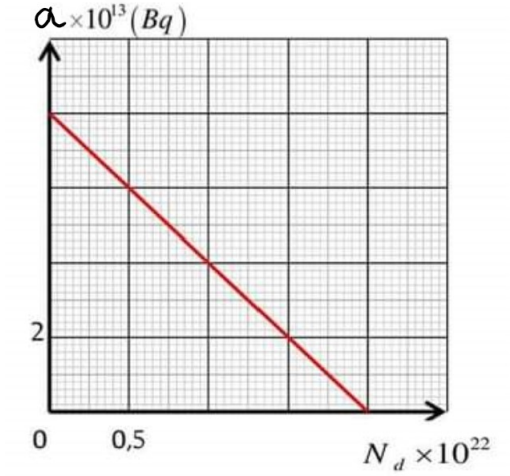
0.5 (1) Écrire l'équation de désintégration de $\mathbf{^{60}_{27}Co}$ en précisant le noyau fils $\boldsymbol{^{A}_{Z}X}$ résultant.

0.5 (2) Calculer en **MeV** la valeur de l'énergie $\mathbf{\Delta E}$ de cette réaction nucléaire.

II -Application de loi de décroissance radioactive :

Un centre d'hospitalisation a reçu un échantillon do cobalt $^{60}_{27}\mathbf{Co}$ à un instant que nous considérons origine des temps.

La courbe suivante représente l'évolution de l'activité $\boldsymbol{a(t)}$ en fonction de nombre de noyaux désintégrée $\boldsymbol{N_d}$ dans un échantillon de cobalt $^{60}_{27}\mathbf{Co}$ de masse $\boldsymbol{m_0}$.



0.75 (1) Montrer que : $\boldsymbol{a = -\lambda \cdot N_d + a_0}$

(2) On exploitant la courbe déterminer :

0.25 (a) La valeur de la constante radioactive $\boldsymbol{\lambda}$ et celle de $\mathbf{t_{1/2}}$.

0.25 (b) La valeur de $\boldsymbol{m_0}$.

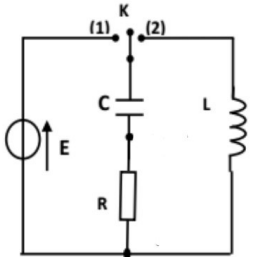
(3) On admet que l'échantillon reçu devient non efficace dans le traitement lorsque $\dfrac{\boldsymbol{N_d(t)}}{\boldsymbol{N(t)}} = \mathbf{3}$, avec $\boldsymbol{N(t)}$ nombre de noyaux $^{60}_{27}\mathbf{Co}$ restant à l'instant t.

0.5 (a) Montrer que : $\dfrac{\boldsymbol{N_d(t)}}{\boldsymbol{N(t)}} = \boldsymbol{e^{\lambda t} - 1}$

0.25 (b) A quelle date doit-on fournir au centre d'hospitalisation un nouvel échantillon de cobalt $^{60}_{27}\mathbf{Co}$?

Physique :2

Le montage ci-contre comporte :
- un générateur idéal de tension continue $\mathbf{E = 6\ V}$,
- un condensateur de capacité $\mathbf{C}$,
- un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R}$,
- une bobine d'inductance $\boldsymbol{L}$ et de résistance nulle,
- un commutateur $\mathbf{K}$.



Partie I :

À un instant pris comme origine du temps $\mathbf{(t = 0)}$, on ferme le commutateur $\mathbf{K}$ à la position 1 , le circuit est désormais traversé par un courant d'intensité i variable en fonction du temps comme l'indique le graphe de la figure -1-. (La droite $\mathbf{(T)}$ représente la tangente à la courbe à l'origine des temps)

0.5 (1) Établir l'équation différentielle vérifiée par $\mathbf{i(t)}$.

0.5 (2) On admet que la solution de cette équation différentielle est de la forme $\mathbf{i(t) = Ke^{-\alpha t}}$.
Exprimer $\mathbf{K}$ et $\boldsymbol{\alpha}$ en fonction de $\mathbf{E, R}$ et $\mathbf{C}$.

0.5 (3) En utilisant le graphe $\mathbf{i = f(t)}$, déterminer la résistance $\mathbf{R}$ et la capacité $\mathbf{C}$.

Partie II :

Une fois le condensateur est totalement chargé, on bascule l'interrupteur $\boldsymbol{K}$ vers la position (2) à un instant que l'on choisira comme nouvelle origine des dates $\boldsymbol{(t = 0)}$.

La courbe de la figure -2-, représente les variations de la tension $\boldsymbol{u_R(t)}$ aux bornes du conducteur ohmique en fonction du temps.

0.25 (1) Nommer le type des oscillations obtenues dans la figure 2. Préciser le régime de ces oscillations.

0.5 (2) Établir l'équation différentielle vérifiée par $\mathbf{u_c}$.

0.5 3 Par application de la loi d"additivité des tensions à l'instant $t = 0$ montrer que $E = -\frac{L}{R} \cdot \left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$ où $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$ représente la dérivée par rapport au temps de $u_R(t)$ à t=0.Calculer L.

0.5 4 Retrouver la valeur de la capacité C du condensateur, sachant que la pseudo-période de l'oscillateur T est égale à la période propre T_0 de l'oscillateur .

0.5 5 Montrer que $\frac{dE_T}{dt} = -R \cdot i^2$, avec E_T l'énergie totale de l'oscillateur électrique .Déduire.

6

0.25 a Déterminer la valeur de l'énergie totale $E_T(t_0)$ à l'instant $t_0 = 0$ ms.

0.5 b Déterminer la valeur de l'énergie totale $E_T(t_1)$ à l'instant $t_1 = \frac{3\pi}{2}$ ms.

0.5 c Calculer la perte d'énergie entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = \frac{3\pi}{2}$ ms.

Figure -1-

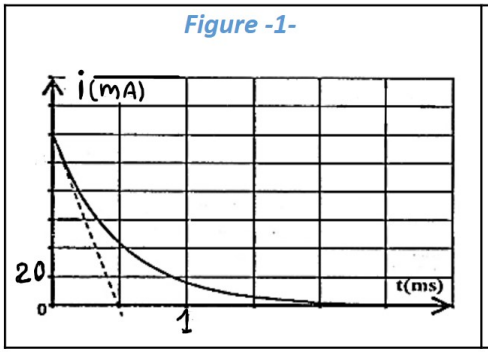
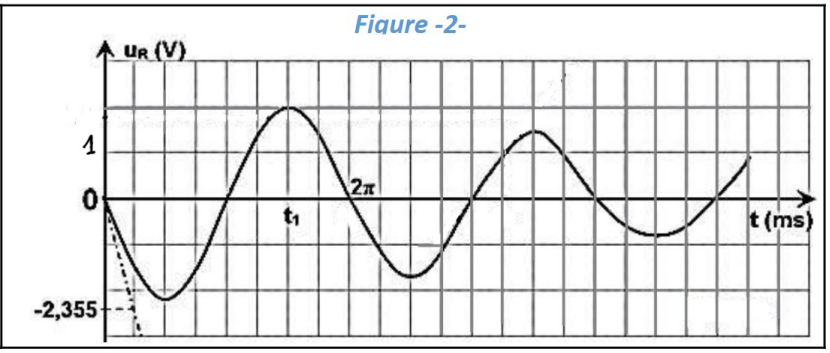


Figure -2-



Physique :3

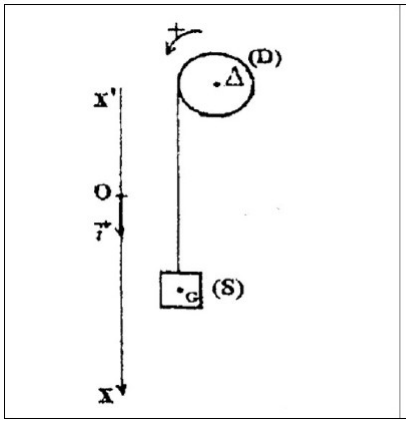
Partie I :

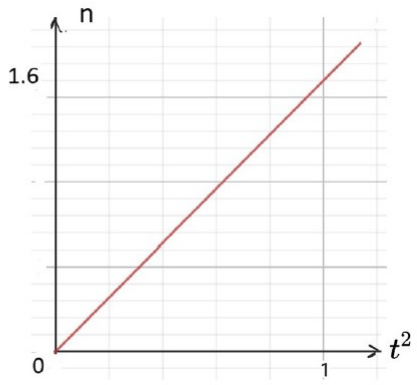
Le montage de la figure (1) est constitué :

- d'un disque **D** de masse $m_1 = 1Kg$, de rayon $r = 10$ cm et de moment d'inertie $J_\Delta = 5.10^{-3}$ kg·m² pouvant tourner atour d'un axe fixe (Δ) passant par son centre I.
- un solide **S** de masse $m = 128$ g.
- un fil (f) inextensible, de masse négligeable et ne glisse pas sur la gorge de la poulie, son autre extrémité est fixée au corps **S**.

On considère les frottements entre le disque et son axe de rotation sont équivalentes à un couple de moment M_c constant.

- On libère le système { disque ; solide (S) ; fil } sans vitesse initiale à un instant pris comme origine des dates $(t_0 = 0)$.





0.75 1 Montrer que l'accélération angulaire de disque s'écrit : $\ddot{\theta} = \frac{M_c + mgr}{mr^2 + J_\Delta}$

2 L'étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentant la variation de nombre de tours **n** effectuée par le disque en fonction de t^2 (figure 2).

0.5 a Donner la relation entre l'angle de rotation θ de disque et **n**.

0.5 b Déterminer la nature du mouvement de disque et et calculer l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$.

0.5 c En déduire la valeur de M_c.

Partie II :

On fixe le disque **D** à l'extrémité B de la tige d'une tige AB homogène de masse $\mathbf{m_2 = 1.5Kg}$ et de longueur $L = AB$.

Le système { disque ; tige } constitue un pendule pesant de centre d'inertie $\mathbf{G'}$, pouvant tourner dans un plan vertical autour d'un axe fixe (Δ) horizontal passant par l'extrémité A.Le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe (Δ) est $J_{\Delta'}$. On pose $l = AG'$.

On écarte le pendule de sa position d'équilibre stable d'un angle θ_m petit et on le libère sans vitesse initiale à un instant considéré comme origine des temps $(t = 0\ s)$, le pendule effectue alors un mouvement oscillatoire autour de sa position d'équilibre.

0.5 (1) En appliquant la relation fondamentale de la dynamique de rotation, établir l'équation différentielle du mouvement du pendule.

(2) On choisie le plan horizontal passant par $\mathbf{G_0}$, la position du centre d'inertie **G** de la barre **AB** à l'équilibre stable, comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur $(E_{PP}(0) = 0)$.

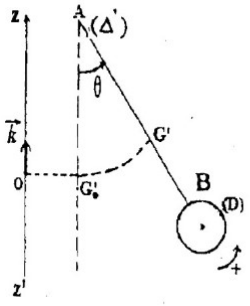
0.75 (a) Déterminer l'expression de l'énergie mécanique du pendule en fonction de $\theta, \dot{\theta}, J_{\Delta'}, m_1, m_2, l$ et g.on prend : $1 - \cos\theta \approx \frac{\theta^2}{2}$

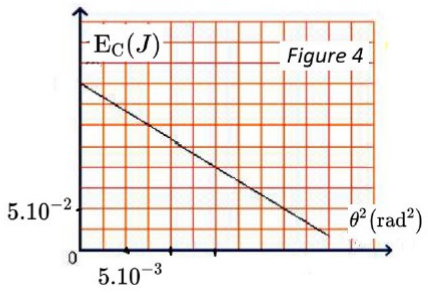
0.5 (b) Montrer que l'énergie mécanique de du pendule se conserve.

(3) La figure 3 représente la courbe de l'évolution de l'énergie cinétique E_c du pendule pesant en fonction du carré de l'abscisse angulaire θ^2.

0.5 (a) Trouver la valeur de $l = AG'$.

0.5 (b) Calculer la valeur de $J_{\Delta'}$ de la poulie (P), sachant que la durée de 10 oscillations est $\Delta t = 9,2s$.





Exercice 1 : Chimie (7 points) - Propriétés de l'acide méthanoïque

Partie I : Étude de quelques réactions de l'acide méthanoïque

I - Exploitation des courbes :

1. Association des courbes aux pourcentages des espèces :
Au cours du dosage par la solution d'hydroxyde de sodium, l'ajout des ions HO^- consomme l'acide méthanoïque HCOOH pour former sa base conjuguée $HCOO^-$. Par conséquent, la proportion de la forme acide %HCOOH diminue, tandis que la proportion de la base conjuguée $\%HCOO^-$ augmente au fur et à mesure de l'ajout de volume V_B.

$\Longrightarrow$ **La courbe** correspond à %HCOOH et **La courbe** correspond à $\%HCOO^-$

2. Détermination graphique des valeurs :
a. Valeur du pK_A du couple $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$:
À la demi-équivalence, les concentrations en acide et en base conjuguée sont égales ($[HCOOH] = [HCOO^-]$), ce qui correspond à l'intersection des courbes et à une ordonnée de 50%. L'abscisse de ce point d'intersection est $V_B = 7,75$ mL. En projetant verticalement ce point sur la courbe de dosage $pH = f(V_B)$ (courbe verte), on lit la valeur du pH à la demi-équivalence, qui est strictement égale au pK_A.

$$\Longrightarrow \quad pK_A = 3,8.$$

b. Valeur du pH de la solution aqueuse d'acide méthanoïque :
Avant le début du titrage, c'est-à-dire pour un volume versé $V_B = 0$ mL, l'ordonnée à l'origine de la courbe de pH (courbe verte) correspond directement au pH initial de la solution diluée (S_A).

$$\Longrightarrow \quad \text{pH} = 2,8.$$

3. Étude de la solution aqueuse d'acide méthanoïque de concentration C_A :
a. Équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau :

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}.$$

b. Démonstration et calcul du taux d'avancement final τ :
Par définition, la constante d'acidité du couple s'écrit :

$$K_A = \frac{[HCOO^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCOOH]}.$$

D'après le tableau d'avancement de la réaction de l'acide avec l'eau pour un volume de solution V_A :

$$[\mathrm{H_3O^+}] = [\mathrm{HCOO^-}] = \frac{x_f}{V_A} \quad \text{et} \quad [\mathrm{HCOOH}] = C_A - [\mathrm{H_3O^+}]$$

Le taux d'avancement final est défini par la relation $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$. L'eau étant le solvant largement en excès, l'avancement maximal est $x_{\max} = C_A \cdot V_A$, ce qui donne :

$$\tau = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]}{C_A} \implies C_A = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]}{\tau}.$$

En substituant l'expression de C_A dans celle de [HCOOH] :

$$[\mathrm{HCOOH}] = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]}{\tau} - [\mathrm{H_3O^+}] = [\mathrm{H_3O^+}]\left(\frac{1-\tau}{\tau}\right)$$

L'expression de la constante d'acidité K_A devient alors :

$$K_A = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]^2}{[\mathrm{H_3O^+}]\left(\frac{1-\tau}{\tau}\right)} = [\mathrm{H_3O^+}]\left(\frac{\tau}{1-\tau}\right).$$

En introduisant les relations usuelles $K_A = 10^{-pK_A}$ et $[\mathrm{H_3O^+}] = 10^{-\mathrm{pH}}$, l'équation s'écrit :

$$10^{-pK_A} = 10^{-\mathrm{pH}}\left(\frac{\tau}{1-\tau}\right) \implies \frac{1-\tau}{\tau} = \frac{10^{-\mathrm{pH}}}{10^{-pK_A}} = 10^{pK_A-\mathrm{pH}}$$

$$\implies \frac{1}{\tau} - 1 = 10^{pK_A-\mathrm{pH}} \implies \frac{1}{\tau} = 1 + 10^{pK_A-\mathrm{pH}}$$

$$\implies \tau = \frac{1}{1+10^{pK_A-\mathrm{pH}}}.$$

Calcul numérique de sa valeur :

$$\tau = \frac{1}{1+10^{3,8-2,8}} = \frac{1}{1+10^1} = \frac{1}{11} \approx 0,0909$$

$$\implies \boxed{\tau \approx 0,091 \quad (\text{soit } 9,1\%)}.$$

c. Déduction de la concentration molaire C_A :
À partir de la relation $\tau = \frac{10^{-\mathrm{pH}}}{C_A}$, on isole directement la concentration apportée C_A :

$$C_A = \frac{10^{-\mathrm{pH}}}{\tau} = \frac{10^{-2,8}}{\frac{1}{11}} = 11 \times 10^{-2,8} \approx 1,74 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\implies \boxed{C_A \approx 1,74 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}}.$$

II - Étude du dosage de l'acide méthanoïque par la soude :

1. Équation de la réaction du dosage :

L'acide méthanoïque est dosé par les ions hydroxyde HO^- provenant de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium :

$$HCOOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow HCOO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}.$$

2. Calcul de la constante d'équilibre K et conclusion :

Par définition, la constante d'équilibre associée à l'équation de dosage s'écrit :

$$K = \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH] \cdot [HO^-]}$$

En multipliant le numérateur et le dénominateur par la concentration en ions oxonium $[H_3O^+]$:

$$K = \frac{[HCOO^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCOOH] \cdot ([HO^-] \cdot [H_3O^+])} = \frac{K_A}{K_e}.$$

Application numérique en utilisant le produit ionique de l'eau $K_e = 10^{-14}$ à 25°C :

$$K = \frac{10^{-3,8}}{10^{-14}} = 10^{14-3,8} = 10^{10,2} \approx 1,58 \cdot 10^{10}$$

$$\Longrightarrow \quad K \approx 1,58 \cdot 10^{10}.$$

Conclusion : La valeur de la constante d'équilibre étant extrêmement grande ($K \gg 10^4$), la réaction du dosage est **totale** et rapide, ce qui justifie parfaitement son utilisation pour réaliser un titrage.

3. Coordonnées du point d'équivalence E et valeur de C_A :

En appliquant la méthode des tangentes (représentées par les droites en pointillés bleus sur la Figure -1-), le point d'inflexion repérant l'équivalence E a pour coordonnées graphiques :

$$\Longrightarrow \quad V_{BE} = 15,0 \text{ mL} \quad \text{et} \quad \text{pH}_E \approx 8,0.$$

À l'équivalence du titrage, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stchiométriques de l'équation :

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE} \Longrightarrow C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A}.$$

Application numérique avec le volume prélevé $V_A = 10$ mL et $C_B = 1,16 \cdot 10^{-2}$ mol.L^{-1} :

$$C_A = \frac{1,16 \cdot 10^{-2} \times 15,0}{10,0} = 1,74 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Longrightarrow \quad C_A = 1,74 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.$$

Cette valeur est rigoureusement identique à celle retrouvée précédemment à la question I.3.c.

4. Déduction de C_0 et vérification du pourcentage massique P :
La solution commerciale (S_0) a été diluée 1000 fois pour obtenir la solution (S_A). La concentration molaire initiale C_0 de la bouteille est donc :

$$C_0 = 1000 \times C_A = 1000 \times 1,74 \cdot 10^{-2} = 17,4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Longrightarrow \quad C_0 = 17,4 \text{ mol.L}^{-1}.$$

La relation générale liant la concentration molaire C_0, la densité d, la masse molaire M et le pourcentage massique $P(\%)$ s'exprime par :

$$C_0 = \frac{P(\%) \cdot d \cdot \rho_{\text{eau}}}{M} \times 10 \implies P(\%) = \frac{C_0 \cdot M}{10 \cdot d}.$$

Application numérique avec les données de l'étiquette $d = 1,22$ et $M = 46$ g/mol :

$$P(\%) = \frac{17,4 \times 46}{10 \times 1,22} = \frac{800,4}{12,2} \approx 65,6\%$$

$$\Longrightarrow \quad P \approx 65,6\%.$$

Vérification : La valeur calculée $(65,6\%)$ correspond très précisément, aux incertitudes de verrerie et de lecture graphique près, au pourcentage massique porté sur l'étiquette de la solution commerciale $(P = 66\%)$.

Partie II : Étude cinétique de la réaction de l'acide formique avec le

L'étude cinétique porte sur la réaction lente et totale entre l'acide formique HCOOH et le dibrome Br_2 en solution aqueuse. L'équation de la réaction s'écrit :

$$\text{HCOOH}_{(aq)} + \text{Br}_{2(aq)} \longrightarrow 2\text{Br}^-_{(aq)} + 2\text{H}^+_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)}$$

1. Tableau d'avancement et recherche du réactif limitant :
Calcul des quantités de matière initiales des réactifs dans le volume total $V_T = 1,00 \cdot 10^{-4}$ m^3 :

— Pour l'acide méthanoïque :

$$n_1(\text{HCOOH}) = C_1 \cdot V_1 = 30,0 \times 5,00 \cdot 10^{-5} = 1,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

— Pour le dibrome :

$$n_2(\text{Br}_2) = C_2 \cdot V_2 = 24,0 \times 5,00 \cdot 10^{-5} = 1,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

E. Réaction		$HCOOH + Br_2 \longrightarrow 2Br^- + 2H^+ + CO_2$				
état	avanc.	Quantité de matière (mol)				
initial	0	$1,50 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-3}$	0	0	0
en cours	x	$1,50 \cdot 10^{-3} - x$	$1,20 \cdot 10^{-3} - x$	$2x$	$2x$	x
final	x_{max}	$0,30 \cdot 10^{-3}$	0	$2,40 \cdot 10^{-3}$	$2,40 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-3}$

Détermination du réactif limitant et de l'avancement maximal x_{max} :

- Si HCOOH est totalement consommé : $1,50 \cdot 10^{-3} - x_{max} = 0 \implies x_{max} = 1,50 \cdot 10^{-3}$ mol.
- Si Br_2 est totalement consommé : $1,20 \cdot 10^{-3} - x_{max} = 0 \implies x_{max} = 1,20 \cdot 10^{-3}$ mol.

Puisque $1,20 \cdot 10^{-3}$ mol $< 1,50 \cdot 10^{-3}$ mol, le réactif limitant est le dibrome Br_2.

$$\implies \boxed{x_{max} = 1,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}$$

2. Démonstration de la relation $\sigma(t) = 0,063 + 856 \cdot x(t)$:

La conductivité du mélange réactionnel à un instant t s'exprime en fonction des concentrations des ions présents :

$$\sigma(t) = \sigma_0 + \lambda_{H^+}[H^+] + \lambda_{Br^-}[Br^-]$$

D'après le tableau d'avancement, les quantités de matière des ions formés à l'instant t sont égales :

$$n(H^+) = 2x(t) \quad \text{et} \quad n(Br^-) = 2x(t)$$

Leurs concentrations molaires dans le mélange de volume V_T sont :

$$[H^+] = \frac{2x(t)}{V_T} \quad \text{et} \quad [Br^-] = \frac{2x(t)}{V_T}$$

En remplaçant ces expressions dans la formule de la conductivité :

$$\sigma(t) = \sigma_0 + (\lambda_{H^+} + \lambda_{Br^-})\frac{2x(t)}{V_T} = \sigma_0 + \frac{2(\lambda_{H^+} + \lambda_{Br^-})}{V_T} \cdot x(t)$$

Application numérique avec les valeurs données à 25°C :

$$\frac{2\left(35,0 \cdot 10^{-3} + 7,81 \cdot 10^{-3}\right)}{1,00 \cdot 10^{-4}} = \frac{2 \times 42,81 \cdot 10^{-3}}{1,00 \cdot 10^{-4}} = \frac{85,62 \cdot 10^{-3}}{1,00 \cdot 10^{-4}} = 856,2 \text{ S.m}^{-1}\text{.mol}^{-1}$$

Sachant que $\sigma_0 = 0,063$ S.m^{-1}, on obtient la relation demandée :

$$\implies \boxed{\sigma(t) = 0,063 + 856 \cdot x(t)}$$

3. Expression de la vitesse volumique de la réaction :

Par définition, la vitesse volumique v d'une réaction s'écrit en fonction du volume total V_T et de la dérivée de l'avancement :

$$v = \frac{1}{V_T}\frac{dx(t)}{dt}$$

En dérivant la relation $\sigma(t) = 0,063 + 856 \cdot x(t)$ par rapport au temps :

$$\frac{d\sigma(t)}{dt} = 856 \cdot \frac{dx(t)}{dt} \implies \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{856}\frac{d\sigma(t)}{dt}$$

En remplaçant dans l'expression de la vitesse volumique :

$$\implies v = \frac{1}{856 \cdot V_T}\frac{d\sigma(t)}{dt}$$

En substituant $V_T = 1,00 \cdot 10^{-4}$ m^3, la relation devient numériquement :

$$v = \frac{1}{0,0856}\frac{d\sigma(t)}{dt} \approx 11,68 \cdot \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

4. Calcul et explication des valeurs de la vitesse volumique :

a. À l'instant initial $t_0 = 0$:

La dérivée $\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_{t=0}$ correspond graphiquement à la pente de la tangente à la courbe à l'origine. En choisissant deux points de cette droite, par exemple $M_1(0 \text{ min}; 0,063 \text{ S.m}^{-1})$ et $M_2(2,0 \text{ min}; 0,66 \text{ S.m}^{-1})$:

$$\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_{t=0} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta t} = \frac{0,66 - 0,063}{2,0 - 0} \approx 0,2985 \text{ S.m}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

$$v(0) = 11,68 \times 0,2985 \approx 3,5 \text{ mol.m}^{-3}\text{.min}^{-1}$$

$$\implies v(0) \approx 3,5 \text{ mol.m}^{-3}\text{.min}^{-1}$$

b. À l'instant $t_1 = 6$ min :

À cet instant, la courbe atteint un palier horizontal (la pente de la tangente est quasiment nulle) :

$$\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_{t=6 \text{ min}} \approx 0 \implies v(6) \approx 0 \text{ mol.m}^{-3}\text{.min}^{-1}$$

c. Explication cinétique :

La vitesse volumique de la réaction diminue au cours du temps ($v(6) < v(0)$). Cette évolution s'explique par la consommation progressive des réactifs. La concentration des réactifs étant un **facteur cinétique**, sa diminution entraîne

une baisse de la fréquence des chocs efficaces entre les entités réactives, ce qui ralentit la transformation chimique jusqu'à son arrêt.

5. Comment augmenter la vitesse de cette réaction :

Pour accélérer cette transformation chimique, il convient d'agir sur les facteurs cinétiques. On peut notamment :

- **Augmenter la température** du mélange réactionnel (en utilisant un bain-marie chaud).
- **Augmenter les concentrations initiales** des réactifs (en introduisant des solutions plus concentrées d'acide formique ou de dibrome).
- **Utiliser un catalyseur** approprié permettant d'accélérer la réaction sans apparaître dans le bilan.

Exercice 2 : Physique 1 (3 points) - Nucléaire : Radiothérapie au Co

I - Désintégration du nucléide cobalt $^{60}_{27}\text{Co}$:

1. Équation de désintégration de type β^- :

Le cobalt 60 est un émetteur β^-, ce qui correspond à l'émission d'un électron $^{0}_{-1}e$. L'équation générale s'écrit :

$$^{60}_{27}\text{Co} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{0}_{-1}e$$

D'après les lois de conservation de Soddy (conservation du nombre de charge et du nombre de masse) :

- **Conservation de masse :** $60 = A + 0 \implies A = 60$
- **Conservation de charge :** $27 = Z - 1 \implies Z = 28$

D'après l'extrait du tableau périodique fourni, l'élément chimique ayant pour numéro atomique $Z = 28$ est le nickel (Ni). L'équation complète est donc :

$$\implies {}^{60}_{27}\text{Co} \longrightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^{0}_{-1}e$$

2. Calcul de l'énergie ΔE de la réaction nucléaire :

La variation d'énergie ΔE associée à cette désintégration s'exprime par la relation d'Einstein :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = \left[m(^{60}_{28}\text{Ni}) + m(e^-) - m(^{60}_{27}\text{Co})\right] \cdot c^2$$

En utilisant les masses données dans l'énoncé :

$$\Delta m = 59,8493 + 0,00055 - 59,8523 = -0,00245 \text{ u}$$

Sachant que $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV.c}^{-2}$, on obtient l'énergie en MeV :

$$\Delta E = -0,00245 \times 931,5 \approx -2,282 \text{ MeV}$$

$\Longrightarrow$ $\Delta E \approx -2,28$ MeV (L'énergie libérée est $E_{\text{lib}} = |\Delta E| \approx 2,28$ MeV)

II - Application de la loi de décroissance radioactive :

1. Démonstration de la relation $a = -\lambda \cdot N_d + a_0$:
Par définition, l'activité à un instant t est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs restants $N(t)$:

$$a(t) = \lambda \cdot N(t)$$

La conservation du nombre total de noyaux dans l'échantillon impose que le nombre initial de noyaux N_0 est égal à la somme des noyaux restants $N(t)$ et des noyaux désintégrés $N_d(t)$:

$$N_0 = N(t) + N_d(t) \implies N(t) = N_0 - N_d(t)$$

En substituant cette expression dans la formule de l'activité :

$$a(t) = \lambda \left(N_0 - N_d(t)\right) = -\lambda \cdot N_d(t) + \lambda \cdot N_0$$

À l'instant initial $t = 0$, aucun noyau ne s'est encore désintégré ($N_d = 0$), l'activité initiale s'écrit donc $a_0 = \lambda \cdot N_0$. L'équation devient par conséquent :

$$\Longrightarrow \quad a(t) = -\lambda \cdot N_d(t) + a_0$$

2. Exploitation de la courbe $a = f(N_d)$:
a. Détermination de la constante radioactive λ et du temps de demi-vie $t_{1/2}$:
La courbe fournie est une fonction affine de coefficient directeur égal à $-\lambda$. Graphiquement, on relève l'ordonnée à l'origine (pour $N_d = 0$) :

$$a_0 = 4,0 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

La droite coupe l'axe des abscisses (activité nulle $a = 0$) pour un nombre total de noyaux désintégrés correspondant au nombre initial de noyaux N_0 :

$$N_0 = 1,0 \cdot 10^{22} \text{ noyaux}$$

On en déduit directement la valeur de la constante radioactive λ :

$$\lambda = \frac{a_0}{N_0} = \frac{4,0 \cdot 10^{13}}{1,0 \cdot 10^{22}} = 4,0 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1} \implies \lambda = 4,0 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ se calcule par la relation usuelle :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{4,0 \cdot 10^{-9}} \approx 1,733 \cdot 10^{8} \text{ s}$$

En convertissant cette durée en années (1 an $= 3,15 \cdot 10^7$ s) :

$$t_{1/2} = \frac{1,733 \cdot 10^8}{3,15 \cdot 10^7} \approx 5,5 \text{ ans} \implies \boxed{t_{1/2} \approx 5,5 \text{ ans}}$$

b. Calcul de la masse initiale m_0 de l'échantillon :
La quantité de matière initiale en cobalt 60 est $n_0 = \frac{N_0}{N_A} = \frac{m_0}{M}$. On en déduit :

$$m_0 = \frac{N_0 \cdot M}{N_A}$$

Application numérique avec $M = 60,0$ g.mol^{-1} et $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1} :

$$m_0 = \frac{1,0 \cdot 10^{22} \times 60,0}{6,02 \cdot 10^{23}} = \frac{600}{602} \approx 0,997 \text{ g} \implies \boxed{m_0 \approx 1,00 \text{ g}}$$

3. Efficacité du traitement de radiothérapie :
a. Démonstration de la relation $\frac{N_d(t)}{N(t)} = e^{\lambda t} - 1$:
D'après la loi de décroissance radioactive, le nombre de noyaux restants s'écrit :

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \implies N_0 = N(t) \cdot e^{\lambda t}$$

En remplaçant N_0 par $N(t) + N_d(t)$ dans cette égalité :

$$N(t) + N_d(t) = N(t) \cdot e^{\lambda t} \implies N_d(t) = N(t) \cdot e^{\lambda t} - N(t) = N(t)\left(e^{\lambda t} - 1\right)$$

En divisant les deux membres par $N(t)$, on retrouve la relation demandée :

$$\implies \frac{N_d(t)}{N(t)} = e^{\lambda t} - 1$$

b. Date de renouvellement de l'échantillon :
L'échantillon doit être remplacé lorsque le rapport $\frac{N_d(t)}{N(t)} = 3$. En exploitant l'équation précédente :

$$e^{\lambda t} - 1 = 3 \implies e^{\lambda t} = 4$$

En appliquant le logarithme népérien :

$$\lambda t = \ln(4) \implies \lambda t = \ln(2^2) = 2\ln(2)$$

On isole la date t :

$$t = 2 \cdot \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Or, par définition, $\frac{\ln 2}{\lambda} = t_{1/2}$. La durée de validité de l'échantillon correspond donc exactement à deux demi-vies :

$$t = 2 \times t_{1/2} = 2 \times 5,5 \text{ ans} = 11 \text{ ans}$$

$$\implies \boxed{t = 11 \text{ ans} \quad (\text{soit } \approx 3,47 \cdot 10^8 \text{ s})}$$

Le centre hospitalier devra se procurer un nouvel échantillon de Cobalt 60 au bout de **11 ans**.

Exercice 3 : Physique 2 (5 points) - Électricité : Circuit RL et RLC

Partie I : Charge du condensateur (Position 1)

1. Équation différentielle vérifiée par l'intensité $i(t)$:
En fermant l'interrupteur K à la position 1, le circuit est constitué du générateur de tension continue E, du condensateur C et du conducteur ohmique R en série. D'après la loi d'additivité des tensions :

$$E = u_R + u_C$$

Sachant que $u_R = R \cdot i$ et que $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$, on dérive l'équation par rapport au temps (E étant une constante, sa dérivée est nulle) :

$$\frac{dE}{dt} = \frac{du_R}{dt} + \frac{du_C}{dt} \implies 0 = R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i$$

En divisant par R, on obtient l'équation différentielle régissant l'évolution du courant $i(t)$:

$$\implies \boxed{\frac{di}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot i = 0}$$

2. Expression des constantes K et α :
On remplace la solution proposée $i(t) = Ke^{-\alpha t}$ et sa dérivée $\frac{di}{dt} = -\alpha K e^{-\alpha t}$ dans l'équation différentielle :

$$-\alpha K e^{-\alpha t} + \frac{1}{RC} K e^{-\alpha t} = 0 \implies K e^{-\alpha t}\left(-\alpha + \frac{1}{RC}\right) = 0$$

Pour que cette égalité soit vérifiée à tout instant t, il faut que :

$$\alpha = \frac{1}{RC}$$

Pour déterminer K, on utilise la condition initiale à $t = 0$. Le condensateur étant initialement déchargé ($u_C(0) = 0$) :

$$E = u_R(0) + u_C(0) = R \cdot i(0) + 0 \implies i(0) = \frac{E}{R}$$

Puisque $i(0) = Ke^0 = K$, on en déduit les expressions finales :

$$\implies \boxed{K = \frac{E}{R}} \quad \text{et} \quad \boxed{\alpha = \frac{1}{RC}}$$

3. Détermination graphique de la résistance R et de la capacité C :
D'après la figure 1, l'ordonnée à l'origine donne l'intensité initiale du courant à $t = 0$:

$$i(0) = 60 \text{ mA} = 0,06 \text{ A}$$

On en déduit la valeur de la résistance R :

$$R = \frac{E}{i(0)} = \frac{6}{0,06} = 100\ \Omega \implies \boxed{R = 100\ \Omega}$$

La constante de temps $\tau = RC$ correspond graphiquement à l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine (T) avec l'axe des temps. Sur la figure 1, on lit :

$$\tau = 0,5\ \text{ms} = 0,5 \cdot 10^{-3}\ \text{s}$$

On en déduit la valeur de la capacité C du condensateur :

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{100} = 5 \cdot 10^{-6}\ \text{F} \implies \boxed{C = 5\ \mu\text{F}}$$

Partie II : Décharge oscillante (Position 2)

1. Type et régime des oscillations :
Les variations de la tension $u_R(t)$ sur la figure 2 montrent des oscillations dont l'amplitude diminue progressivement au cours du temps.

$\implies$ **Type :** Oscillations électriques libres amorties.

$\implies$ **Régime :** Régime pseudo-périodique.

2. Équation différentielle vérifiée par u_C :
En basculant le commutateur K en position 2, le circuit forme une maille RLC série. D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_L + u_R + u_C = 0$$

La bobine ayant une résistance nulle ($r = 0$), la tension à ses bornes s'écrit $u_L = L\frac{di}{dt}$. Sachant que $u_R = R \cdot i$ et $i = C\frac{du_C}{dt}$, la dérivée de l'intensité s'exprime par $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$. En substituant ces relations, on obtient l'équation différentielle :

$$LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + RC\frac{du_C}{dt} + u_C = 0 \implies \boxed{\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0}$$

3. Démonstration de la relation à $t = 0$ et calcul de L :
À tout instant t, la loi d'additivité des tensions s'écrit :

$$L\frac{di}{dt} + u_R + u_C = 0$$

Comme $i = \frac{u_R}{R}$, on a $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$. L'équation devient :

$$\frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + u_R + u_C = 0$$

À la nouvelle origine des dates $t = 0$, le condensateur est totalement chargé sous la tension du générateur ($u_C(0) = E$). Par continuité du courant dans la bobine, l'intensité initiale est nulle ($i(0) = 0$), ce qui entraîne $u_R(0) = R \cdot i(0) = 0$. L'équation évaluée à $t = 0$ donne donc :

$$\frac{L}{R}\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0} + 0 + E = 0 \implies E = -\frac{L}{R} \cdot \left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$$

Calcul de l'inductance L :
La dérivée $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}$ représente la pente de la tangente à l'origine (représentée en pointillés sur la figure 2). Cette droite passe par l'origine (0 ms; 0 V) et par le point repéré de coordonnées ($t = \frac{\pi}{4}$ ms $\approx 0,785$ ms; $u_R = -2,355$ V).

$$\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0} = \frac{-2,355 - 0}{0,785 \cdot 10^{-3} - 0} = -3000 \text{ V.s}^{-1}$$

En isolant L dans la relation démontrée ci-dessus :

$$L = -\frac{R \cdot E}{\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t=0}} = -\frac{100 \times 6}{-3000} = \frac{600}{3000} = 0,2 \text{ H} \implies \boxed{L = 0,2 \text{ H}}$$

4. Vérification de la capacité C via la pseudo-période :
Sur la figure 2, la durée d'une oscillation complète permet de lire la pseudo-période T repérée par la graduation 2π :

$$T = 2\pi \text{ ms} = 2\pi \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

En assimilant la pseudo-période T à la période propre T_0 de l'oscillateur non amorti :

$$T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \implies T^2 = 4\pi^2 LC \implies C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$$

Application numérique :

$$C = \frac{\left(2\pi \cdot 10^{-3}\right)^2}{4\pi^2 \times 0,2} = \frac{4\pi^2 \cdot 10^{-6}}{4\pi^2 \times 0,2} = \frac{10^{-6}}{0,2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F} \implies \boxed{C = 5 \ \mu\text{F}}$$

Cette valeur confirme parfaitement celle obtenue lors de l'étude de la charge.

5. Dérivée de l'énergie totale E_T et interprétation :
L'énergie totale du circuit RLC est la somme de l'énergie électrique du condensateur et de l'énergie magnétique de la bobine :

$$E_T = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

En dérivant par rapport au temps :

$$\frac{dE_T}{dt} = Cu_C\frac{du_C}{dt} + Li\frac{di}{dt}$$

Puisque $i = C\frac{du_C}{dt}$, on peut mettre i en facteur :

$$\frac{dE_T}{dt} = u_C \cdot i + Li\frac{di}{dt} = i\left(u_C + L\frac{di}{dt}\right)$$

Or, la loi d'additivité des tensions $u_L + u_R + u_C = 0$ s'écrit $L\frac{di}{dt} + Ri + u_C = 0 \implies u_C + L\frac{di}{dt} = -Ri$. En substituant cette relation, on obtient :

$$\implies \frac{dE_T}{dt} = -R \cdot i^2$$

Déduction : Puisque $R > 0$ et $i^2 \geq 0$, la dérivée $\frac{dE_T}{dt}$ est toujours négative ou nulle. L'énergie totale du circuit **diminue au cours du temps** en se dissipant sous forme de chaleur par **effet Joule** dans le conducteur ohmique.

6. Bilan énergétique :

a. Énergie totale à l'instant $t_0 = 0$ ms :

À $t_0 = 0$, $u_C(0) = E = 6$ V et $i(0) = 0$.

$$E_T(t_0) = \frac{1}{2}Cu_C(0)^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 5 \cdot 10^{-6} \times 6^2 = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ J} \implies E_T(t_0) = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

b. Énergie totale à l'instant $t_1 = \frac{3\pi}{2}$ ms :

L'instant $t_1 = \frac{3\pi}{2}$ ms correspond à $\frac{3}{4}T$. Sur la figure 2, la tension u_R atteint à cet instant son premier sommet positif (maximum) repéré par t_1, de valeur lue :

$$u_R(t_1) = 1,5 \text{ V} \implies i(t_1) = \frac{u_R(t_1)}{R} = \frac{1,5}{100} = 0,015 \text{ A}$$

Puisque u_R est à un extremum, sa dérivée est nulle ($\frac{du_R}{dt} = 0$), ce qui implique que $\frac{di}{dt} = 0$. La tension aux bornes de la bobine est donc nulle ($u_L(t_1) = 0$). D'après la loi d'additivité des tensions :

$$0 + u_R(t_1) + u_C(t_1) = 0 \implies u_C(t_1) = -u_R(t_1) = -1,5 \text{ V}$$

On calcule alors les deux composantes de l'énergie :

- Énergie électrique : $E_e = \frac{1}{2} \times 5 \cdot 10^{-6} \times (-1,5)^2 = 5,625 \cdot 10^{-6}$ J
- Énergie magnétique : $E_m = \frac{1}{2} \times 0,2 \times (0,015)^2 = 2,25 \cdot 10^{-5}$ J $= 22,5 \cdot 10^{-6}$ J

$E_T(t_1) = E_e + E_m = (5,625 + 22,5) \cdot 10^{-6} = 2,8125 \cdot 10^{-5}$ J $\implies E_T(t_1) \approx 2,81 \cdot 10^{-5}$ J

c. Perte d'énergie entre les instants t_0 et t_1 :

La variation (perte) d'énergie dissipée par effet Joule vaut :

$$|\Delta E_T| = E_T(t_0) - E_T(t_1) = 9,0 \cdot 10^{-5} - 2,8125 \cdot 10^{-5} = 6,1875 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

$$\implies |\Delta E_T| \approx 6,19 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

Exercice 4 : Physique 3 (5 points) - Mécanique : Rotation d'un solide

Partie I : Étude du mouvement du système {disque ; solide S ; fil}

1. Démonstration de l'expression de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$:

On étudie les deux solides séparément en appliquant les lois de Newton :

— **Pour le solide (S) en translation :**

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le solide de masse m est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la tension du fil $\vec{T}$. D'après la deuxième loi de Newton orientée vers le bas (sens du mouvement) :

$$P - T = m \cdot a$$

Puisque le fil est inextensible, l'accélération linéaire a du solide est liée à l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$ du disque par $a = r \cdot \ddot{\theta}$. On en déduit la tension du fil :

$$T = m \cdot g - m \cdot r \cdot \ddot{\theta}$$

— **Pour le disque (D) en rotation :**

D'après la relation fondamentale de la dynamique (RFD) en rotation autour de l'axe fixe (Δ) :

$$M_{\Delta}(\vec{T'}) + M_c = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$$

Le fil ne glissant pas sur la gorge de la poulie et sa masse étant négligeable, on a $T' = T$. Le moment de la force exercée par le fil est $M_{\Delta}(\vec{T'}) = T \cdot r$. L'équation devient :

$$T \cdot r + M_c = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$$

En substituant l'expression de la tension T dans l'équation du disque :

$$(m \cdot g - m \cdot r \cdot \ddot{\theta}) \cdot r + M_c = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} \implies m \cdot g \cdot r - m \cdot r^2 \cdot \ddot{\theta} + M_c = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$$

En regroupant les termes en $\ddot{\theta}$:

$$\ddot{\theta}\left(m \cdot r^2 + J_{\Delta}\right) = M_c + m \cdot g \cdot r$$

$$\implies \boxed{\ddot{\theta} = \frac{M_c + m \cdot g \cdot r}{m \cdot r^2 + J_{\Delta}}}$$

2. Exploitation de la courbe $n = f(t^2)$:

a. Relation entre l'angle de rotation θ et le nombre de tours n :

Puisque un tour complet correspond à un angle de 2π rad, l'abscisse angulaire θ (en prenant $\theta_0 = 0$ à $t = 0$) s'écrit :

$$\implies \boxed{\theta = 2\pi \cdot n}$$

b. Nature du mouvement, calcul de $\ddot{\theta}$ et déduction de M_c :
D'après la figure 2, la courbe représentative de $n = f(t^2)$ est une fonction linéaire qui passe par l'origine. Son équation s'écrit $n = K \cdot t^2$. Graphiquement, la droite passe par le point de coordonnées $(t^2 = 1\ \text{s}^2; n = 1,6\ \text{tours})$. Le coefficient directeur K vaut donc :

$$K = \frac{1,6}{1} = 1,6\ \text{tours.s}^{-2}$$

En remplaçant dans l'expression de θ :

$$\theta(t) = 2\pi \times 1,6 \cdot t^2 = 3,2\pi \cdot t^2$$

Cette équation horaire est de la forme $\theta(t) = \frac{1}{2}\ddot{\theta} \cdot t^2$. On en déduit :

$$\Longrightarrow \textbf{Nature :}\ \text{Mouvement de rotation uniformément accéléré.}$$

$$\frac{1}{2}\ddot{\theta} = 3,2\pi \implies \ddot{\theta} = 6,4\pi\ \text{rad.s}^{-2} \approx 20,1\ \text{rad.s}^{-2}$$

$$\Longrightarrow \ddot{\theta} = 6,4\pi\ \text{rad.s}^{-2}$$

Déduction du moment du couple de frottement M_c :
À partir de la relation établie à la question 1, on isole M_c :

$$M_c = \ddot{\theta}\left(m \cdot r^2 + J_\Delta\right) - m \cdot g \cdot r$$

Application numérique avec $g = 10\ \text{m.s}^{-2}$ et $\pi^2 = 10$:

- $m \cdot r^2 + J_\Delta = 0,128 \times (0,10)^2 + 5 \cdot 10^{-3} = 1,28 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} = 6,28 \cdot 10^{-3}\ \text{kg.m}^2 \approx 2\pi \cdot 10^{-3}\ \text{kg.m}^2$
- $\ddot{\theta}\left(m \cdot r^2 + J_\Delta\right) = 6,4\pi \times 2\pi \cdot 10^{-3} = 12,8\pi^2 \cdot 10^{-3} = 0,128\ \text{N.m}$
- $m \cdot g \cdot r = 0,128 \times 10 \times 0,10 = 0,128\ \text{N.m}$

$$M_c = 0,128 - 0,128 = 0\ \text{N.m} \implies M_c = 0\ \text{N.m}$$

Les frottements sont donc parfaitement négligeables.

Partie II : Étude du pendule pesant

1. Équation différentielle du mouvement du pendule :
Le pendule de masse totale $M_T = m_1 + m_2$ est soumis à son poids $\vec{P}$ appliqué en G' et à la réaction $\vec{R}$ de l'axe (Δ'). D'après la RFD en rotation :

$$M_{\Delta'}(\vec{P}) + M_{\Delta'}(\vec{R}) = J_{\Delta'} \cdot \ddot{\theta}$$

L'axe passant par A, le moment de la réaction est nul $(M_{\Delta'}(\vec{R}) = 0)$. Le moment du poids s'écrit :

$$M_{\Delta'}(\vec{P}) = -M_T \cdot g \cdot \ell \cdot \sin\theta = -(m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot \sin\theta$$

L'équation devient :

$$J_{\Delta'} \cdot \ddot{\theta} + (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot \sin\theta = 0$$

Dans le cas des petites oscillations (θ_m petit), on utilise l'approximation $\sin\theta \approx \theta$:

$$\Longrightarrow \quad \ddot{\theta} + \frac{(m_1+m_2)\cdot g\cdot \ell}{J_{\Delta'}} \cdot \theta = 0$$

2. Énergie mécanique et sa conservation :

a. Expression de l'énergie mécanique E_m :

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur :

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

$$E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta'} \cdot \dot{\theta}^2$$

En prenant l'origine de l'énergie potentielle à la position d'équilibre stable ($\theta = 0$) :

$$E_{pp} = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot (1 - \cos\theta)$$

En utilisant l'approximation $1 - \cos\theta \approx \frac{\theta^2}{2}$ fournie par l'énoncé :

$$\Longrightarrow \quad E_m = \tfrac{1}{2} J_{\Delta'} \cdot \dot{\theta}^2 + \tfrac{1}{2}(m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot \theta^2$$

b. Conservation de l'énergie mécanique :

En dérivant l'expression de l'énergie mécanique par rapport au temps :

$$\frac{dE_m}{dt} = J_{\Delta'} \cdot \dot{\theta} \cdot \ddot{\theta} + (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot \theta \cdot \dot{\theta} = \dot{\theta} \left[J_{\Delta'} \cdot \ddot{\theta} + (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot \theta \right]$$

Or, d'après l'équation différentielle établie à la question 1, le terme entre crochets est rigoureusement nul.

$$\Longrightarrow \quad \frac{dE_m}{dt} = 0 \quad \Longrightarrow \quad E_m = \text{Cte}$$

L'énergie mécanique du pendule se conserve au cours du temps.

3. Exploitation du diagramme énergétique (Figure 4) :

La figure 4 représente une droite d'équation $E_c = E_m - \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot \theta^2$. Graphiquement, on relève les extremums sur les axes :

— L'ordonnée à l'origine (pour $\theta = 0$) correspond à l'énergie cinétique maximale, qui est égale à l'énergie mécanique totale E_m. Sachant que la première graduation majeure vaut $5 \cdot 10^{-2}$ J, la droite démarre à 3 divisions :

$$E_m = E_{c,\max} = 3 \times 5 \cdot 10^{-2} = 0,15 \text{ J}$$

— L'intersection avec l'axe des abscisses (pour $E_c = 0$) correspond à l'élongation angulaire maximale θ_m^2. La première graduation majeure valant $5 \cdot 10^{-3}$ rad^2, la droite coupe l'axe à 6 divisions :

$$\theta_m^2 = 6 \times 5 \cdot 10^{-3} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ rad}^2 = 0,03 \text{ rad}^2$$

a. Calcul de la distance $\ell = AG'$:
À l'élongation maximale, toute l'énergie est sous forme potentielle :

$$E_m = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \cdot \theta_m^2 \implies \ell = \frac{2 \cdot E_m}{(m_1 + m_2) \cdot g \cdot \theta_m^2}$$

Application numérique avec $m_1 = 1$ kg, $m_2 = 1,5$ kg ($M_T = 2,5$ kg) et $g = 10$ m.s^{-2} :

$$\ell = \frac{2 \times 0,15}{2,5 \times 10 \times 0,03} = \frac{0,30}{0,75} = 0,40 \text{ m} \implies \boxed{\ell = 40 \text{ cm}}$$

b. Calcul du moment d'inertie $J_{\Delta'}$:
La durée de 10 oscillations étant $\Delta t = 9,2$ s, la période propre T_0 vaut :

$$T_0 = \frac{\Delta t}{10} = \frac{9,2}{10} = 0,92 \text{ s}$$

L'expression de la période propre des petites oscillations est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{}$$

$(\text{m}_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell \implies T_0^2 = 4\pi^2$
$(\text{m}_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell Onisolelemomentd'inertie\text{J}_{\Delta'}$:

$$J_{\Delta'} = \frac{T_0^2 \cdot (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \ell}{4\pi^2}$$

Application numérique avec $\pi^2 = 10$ et $(m_1+m_2)g\ell = 2,5\times10\times0,40 = 10$ N.m :

$$J_{\Delta'} = \frac{(0,92)^2 \times 10}{4 \times 10} = \frac{0,8464}{4} = 0,2116 \text{ kg.m}^2 \implies \boxed{J_{\Delta'} \approx 0,212 \text{ kg.m}^2}$$

من انجاز ذ.
محمد سعيد

امتحان وطني تجريبي رقم 12 للبكالوريا

المسالك الدولية

الدورة العادية 2026

- الموضوع -

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة

GROUPE SCOLAIRE AZ

المادة	الفيزياء و الكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	المعامل	7

INSTRUCTIONS GENERALES

- L'utilisation de la calculatrice non programmable est autorisée ;
- Le candidat peut traiter les exercices de l'épreuve suivant l'ordre qui lui convient ;
- L'utilisation de la couleur rouge lors de la rédaction des solutions est à éviter.

COMPOSANTES DU SUJET

L'épreuve est composée de quatre exercices indépendants entre eux et répartis suivant les domaines comme suit :

Exercice 1	Chimie	7 points
Exercice 2	Ondes	3 points
Exercice 3	Électricité	4.5points
Exercice 4	Mécanique	5.5points

WhatsApp :0661260738

Chimie :

Partie I :

L'hydrazine est un type chimique liquide de formule chimique $\mathbf{N_2H_4}$. Il est utilisé pour prévenir la corrosion dans les chauffe-eau (les chaudières) et les tuyaux de chauffage central en en ajoutant une quantité à l'eau à l'intérieur du chauffe-eau.

Données :

- Couple acidobasique : $\mathbf{N_2H_5^+/N_2H_4}$
- Toutes les mesures sont effectuées à $\mathbf{25°C}$
- Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$
- Les conductivités molaires ioniques en $\mathbf{mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$: $\lambda_{HO^-} = 19,9, \lambda_{N_2H_5^+} = 5,9$;
- Les zones de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur coloré	hélianthine	rouge de méthyle	phénolphtaléine
Zone de virage	$3,1-4,4$	$4,2-6,2$	$8,2-10$

1 Réaction de l'hydrazine N_2H_4 avec l'eau :

On dissout une quantité d'hydrazine $\mathbf{N_2H_4}$ dans de l'eau distillée pour obtenir une solution (S) de concentration $C = 2.10^{-3}\ \mathbf{mol.L^{-1}}$. La mesure du **pH** de cette solution donne à $\mathbf{25°C}$, la valeur : $pH = 9,7$

0.5 1.1 Écrire l'équation de l'hydrazine $\mathbf{N_2H_4}$ avec l'eau.

0.5 1.2 Construire le tableau d'avancement de cette réaction, puis Calculer le taux d'avancement final τ de cette transformation. Conclure.

0.5 1.3 Montrer que le quotient de la réaction à l'équilibre $Q_{r,eq}$ s'écrit sous la forme : $Q_{r,eq} = \dfrac{C \cdot \tau^2}{1-\tau}$

0.5 1.4 Vérifier que la valeur de la constante pK_A du couple $\mathbf{N_2H_5^+/N_2H_4}$ est :$pK_A = 8,1$

0.75 1.5 Par dilution de la solution $\mathbf{(S)}$, on obtient une nouvelle solution ($\mathbf{S'}$). La mesure de son conductivité donne $\sigma = 1,29.10^{-1}\ \mathbf{mS}$.

- Calculer la nouvelle valeur du taux d'avancement de la réaction.
- Déduire l'effet de la dilution sur la valeur du taux d'avancement final.

2 Étude du dosage de L'hydrazine par l'acide chlorhydrique :

On prélève un échantillon d'eau du radiateur du chauffage central dont le volume est $V_B = 25\mathbf{ml}$, puis on le titre avec une solution de l'acide chlorhydrique $\left(\mathbf{H_3O^+ + Cl^-}\right)_{aq}$ dont la concentration molaire est $C_A = 5 \times 10^{-3}\ \mathbf{mol/}l$, les résultats expérimentaux obtenus ont permis de tracer la courbe $pH = f\,(V_A)$ de la figure ci-dessus.

Figure-1-

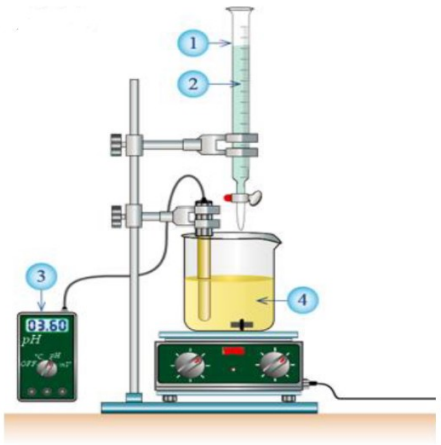
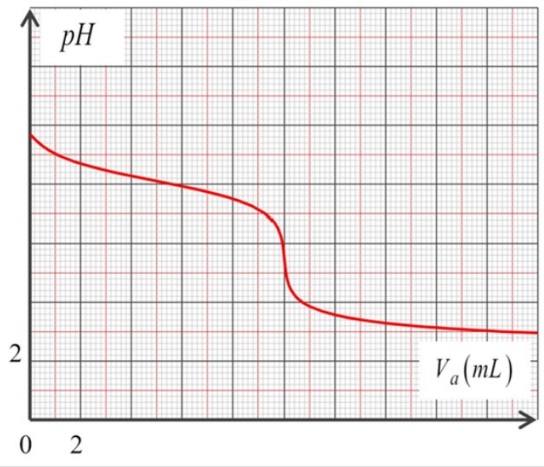


Figure-2-



0.25 2.1 Légender le dispositif expérimental utilisé pour effectuer ce titrage figure 1.

0.5 2.2 Écrire l'équation de la réaction du dosage.

0.5 2.3 Déterminer les coordonnées du point d'équivalence $E\,(pH_E, V_{AE})$. Déduire la concentration C_B de la solution (S_B).

0.25 2.4 Indiquer, en justifiant, l'indicateur coloré convenable à la réalisation de ce dosage en l'absence du **pH** mètre.

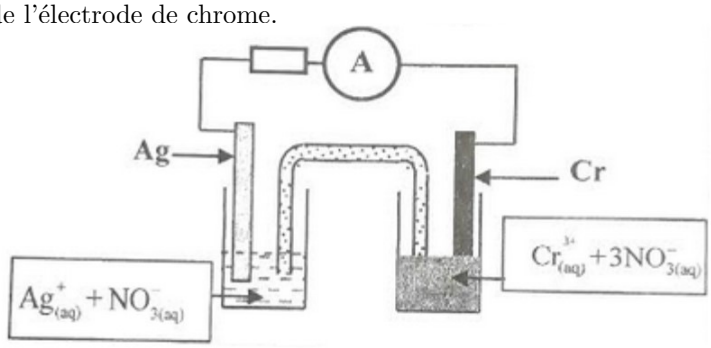
0.5 2.5 Déterminer le volume $\mathbf{V_{A1}}$ d'acide chlorhydrique qu'il faut ajouter pour que : $\left[\mathbf{N_2H_5^+}\right] = 10.\,[\mathbf{N_2H_4}]$ se réalise dans le mélange réactionnel.

Partie II :Étude de la pile argent-chrome

On se propose d'étudier une pile électrochimique, cette pile est constituée :

- D'une électrode en chrome (Cr) plongée dans une solution aqueuse de nitrate de chrome (III) $Cr^{3+}_{(aq)} + 3NO^{-}_{3(aq)}$
- D'une électrode en argent (Ag) plongée dans une solution aqueuse de nitrate d'argent $Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)}$
- D'un pont salin qui relie les deux solutions. On branche un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre, et on place le dipôle, ainsi constitué, entre les pôles de la pile .

L'ampèremètre indique le passage d'un courant électrique, d'intensité constante $I = 1,6\ mA$, dans le circuit. Après une durée $\Delta t = 1h$ de fonctionnement de la pile, on observe un dépôt sur l'électrode d'argent et une diminution de la masse de l'électrode de chrome.



Données :
- Masse molaire du chrome : $M(Cr) = 52\ g \cdot mol^{-1}$;
- $1\mathcal{F} = 96500C \cdot mol^{-1}$.

0.5 (1) Préciser la polarité de la pile.

0.5 (2) Représenter le schéma conventionnel de la pile.

0.5 (3) Écrire les équations aux électrodes ainsi que l'équation bilan lors du fonctionnement de la pile.

0.75 (4) Déterminer la variation Δm de la masse de l'électrode de chrome.

Physique :1

I -Détermination expérimentale de la vitesse de propagation du son

Pour déterminer la vitesse de propagation d'une onde sonore dans la salle de **TP**, l'enseignant a préparé le montage expérimental de la figure (1) qui comporte :

- deux microphones M_1 et M_2 séparés par une distance d ;
- un oscilloscope
- un haut-parleur
- un GBF réglé à une fréquence N.

La figure (2) donne les oscillogrammes observés pour une distance $d_1 = 21\ cm$. La sensibilité horizontale est $S_h = 1,0 \cdot 10^{-4}\ s \cdot div^{-1}$.

Figure -1-

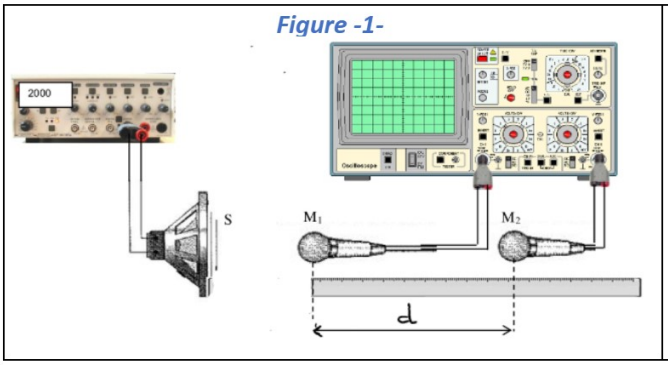
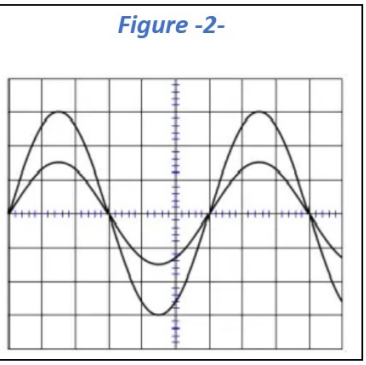


Figure -2-



0.5 (1) Calculer la fréquence N de l'onde émise.

(2) On déplace horizontalement le microphone M_2 progressivement par rapport à M_1 jusqu'à ce que les deux courbes soient en opposition de phase pour la première fois. La distance entre les deux microphones est alors $d_2 = 31,25\ cm$

0.5 (a) Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ de l'onde sonore.

0.75 (b) Calculer la valeur de la vitesse de propagation v du son dans l'air.

I - Application à l'échographie :

Avec l'échographie de datation il est désormais plus facile pour les équipes médicales de prévoir avec précision la date d'accouchement.

Cet exercice se propose de déterminer l'épaisseur du fœtus d'une femme enceinte grâce à l'échographie.

Une sonde d'un appareil d'échographie, posée sur le ventre d'une femme enceinte, envoie, à un instant de date $\mathbf{t = 0}$, des ondes ultrasonores vers le fœtus (figure 1). L'onde ultrasonore se propage dans le corps de la femme enceinte avec une célérité $\boldsymbol{v}$, puis s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu de propagation. Les signaux réfléchis sont détectés par la sonde.

La figure 2 permet de connaître l' âge du fœtus par des semaines durant la première période de la grossesse.

la figure 3 montre l'enregistrement des signaux reçus par la sonde à ultrasons lors de l'échographie du fœtus.

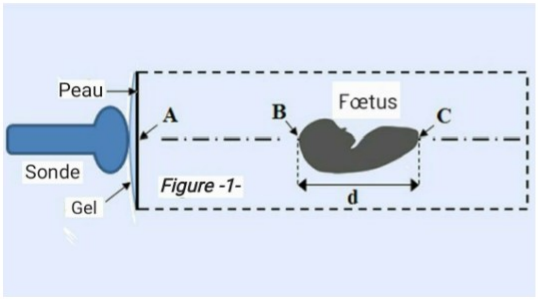


Figure -1-

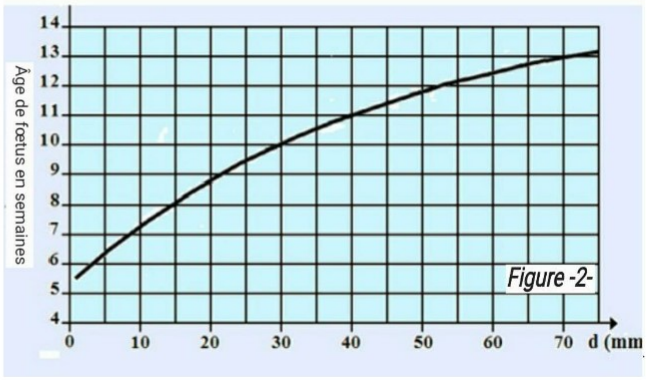


Figure -2-

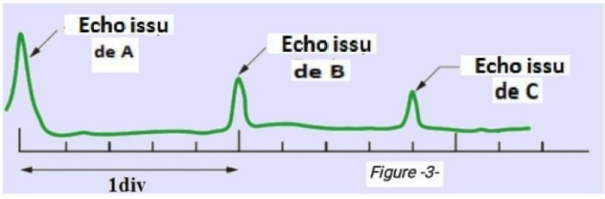


Figure -3-

0.5 (1) Déterminer la durée qui s'écoule entre la réception des échos issus de B et de C.Sachant que $\mathbf{1}\boldsymbol{div}$ correspond à une durée de $\mathbf{50}\boldsymbol{\mu}\mathbf{s}$.

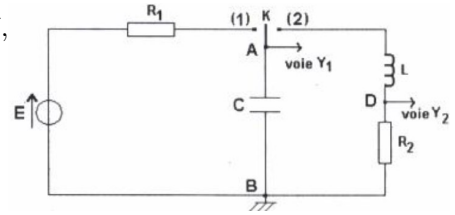
0.75 (2) Calculer l'épaisseur **d** du fœtus, et déduire son âge .

Donnée : On considère que la célérité des ondes ultrasonores dans le corps humain est : $\mathbf{v = 1500\ m \cdot s^{-1}}$

Physique :2

On réalise le montage schématisé sur la figure 1 et comportant :

- un générateur délivrant entre ses bornes une tension constante $\mathbf{E = 5V}$,
- un condensateur de capacité **C** ne portant aucune charge,
- une bobine d'inductance $\boldsymbol{L}$ et de résistance supposée nulle,
- un conducteur ohmique de résistance $\mathbf{R_1}$ inconnue,
- un conducteur ohmique de résistance $\boldsymbol{R_2} = \mathbf{100\Omega}$,
- un commutateur **K**.



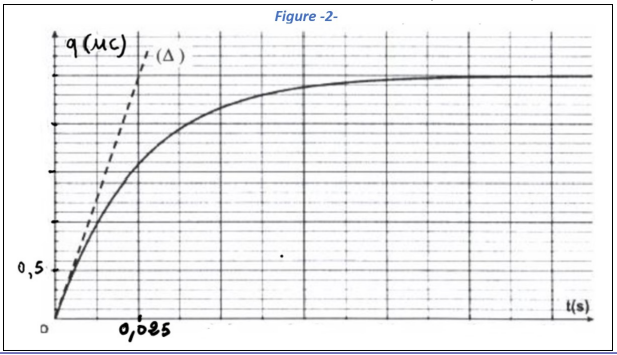
I -Étude de la charge du condensateur :

On met l'interrupteur **K** sur la position (1) à un instant choisi comme origine des dates $\mathbf{(t = 0)}$.

Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe d'évolution de la charge $\mathbf{q(t)}$du condensateur.

La droite **(T)** représente la tangente à la courbe à la date $\mathbf{t = 0}$ (figure 2).

Figure -2-



0.5 (1) Établir l'équation différentielle vérifiée par $q(t)$ au cours de la charge du condensateur.

0.5 (2) Trouver, en fonction des paramètres du circuit, les expressions des constantes **A** et α pour que la solution de cette équation différentielle s'écrive sous la forme : $\mathbf{q(t) = A\left(1 - e^{-\alpha t}\right)}$

0.5 (3) En exploitant la courbe , déterminer la valeur de la constante de temps τ et celle de la valeur de la charge Q_m du condensateur quand le régime permanent est établi.

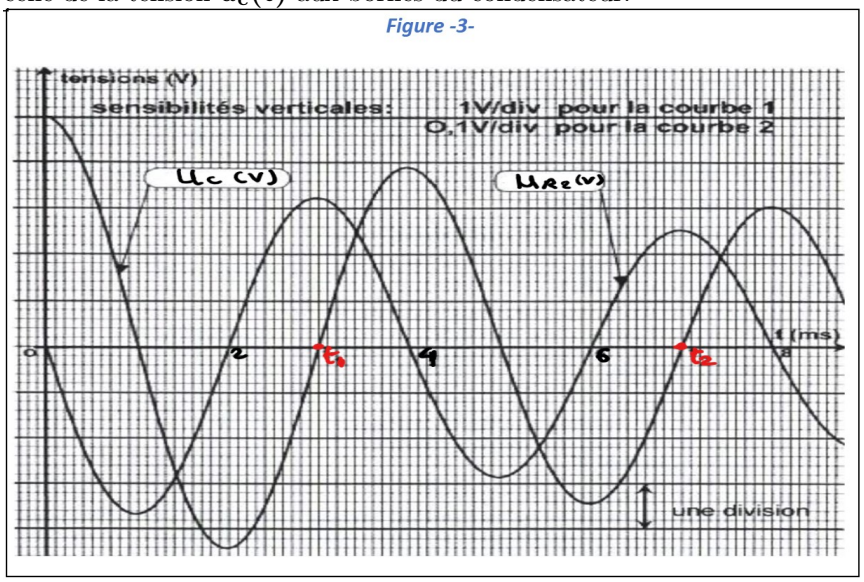
0.5 (4) Montrer que la capacité du condensateur est : $\mathbf{C = 0,5\mu F}$.

0.5 (5) Trouver la valeur de la résistance R_1.

II -Étude des oscillations électriques dans le circuit *RLC* :

Une fois que le régime permanent est établi, on bascule l'interrupteur **K** en position (2) à un instant choisi comme nouvelle origine des dates $(t = 0).(t = 0)$. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé adéquat, on obtient les deux courbes de la figure 3 représentant l'évolution de la tension $u_{R_2}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique ainsi que celle de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.

Figure -3-



0.25 (1) Lequel des régimes d'oscillation représente la courbe de la figure 3 ?

0.5 (2) Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C, entre les bornes du condensateur.

0.5 (3) Sachant que la pseudo-période est approximativement égale à la période propre T_0 de l'oscillateur électrique, déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine . (On prend $\pi^2 = 10$).

0.75 (4) Calculer l'énergie dissipée par effet Joule dans le circuit R_2LC série entre les instants $t_1 = 3ms$ et $t_2 = 7ms$.

Physique :3

Partie I :

On néglige les actions de l'air et on prend $g = 10\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

On considère le système suivant, comportant :

• Une poulie (P) de rayon $r = 10\ \mathrm{cm}$ susceptible de tourner autour de son axe de symétrie (Δ). Son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation (Δ) est $J_\Delta = 3 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Kg \cdot m^2}$.

• Un fil (f) de masse négligeable et inextensible.

• Un solide (S) de masse $m = 200g$ qui peut glisser sans frottement sur un rail constitué de trois parties :

- Une partie **AB** rectiligne et inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale.
- Une partie **AC** circulaire.
- Une partie CO rectiligne et horizontale.

• Un lac de largeur $L = 1.5\ \mathrm{m}$ situé à un profondeur $h = 5\ \mathrm{m}$ de O.

Un moteur applique un couple de moment constant $\mathcal{M}$, sur la poulie. Le système part sans vitesse initiale à $t = 0$, de façon que le solide (S) part du point A pour remonter le plan incliné vers le point B. La figure (2) représente la courbe des variations de la vitesse du centre d'inertie de (S), lors de sa montée sur AB, en fonction du temps.

0.25 (1) Déterminer, graphiquement, la nature du mouvement du centre d'inertie de (S) sur AB et calculer son accélération.

0.75 (2) En appliquant la deuxième loi de Newton sur (S) et le R.F.D sur la poulie montrer que l'expression de l'accélération du centre d'inertie de (S) s'écrit sous la forme : $a_G = \dfrac{\mathcal{M} \cdot r - m \cdot g \cdot r^2 \cdot \sin\alpha}{m \cdot r^2 + J_\Delta}$

0.5 (3) Calculer le moment $\mathcal{M}$ du couple moteur.

(4) A une date donnée, le fil se coupe et le solide (S) poursuit son mouvement et revient pour repasser par le point O avec une vitesse $V_0 = 2\ \mathbf{m.s^{-1}}$. On choisit l'instant du passage de (S) par O comme origine des dates et à cet instant le solide (S) quitte la partie horizontale.

0.5 (a) Établir dans le repère $(0;\vec{i};\vec{j})$, les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du centre d'inertie de (S).

0.5 (b) En déduire l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de (S).

0.5 (c) Montrer que le corps (S) ne tombe pas dans le lac.

0.5 (d) Calculer la valeur de la vitesse du centre d'inertie de (S) au point de chut P.

Figure-1-

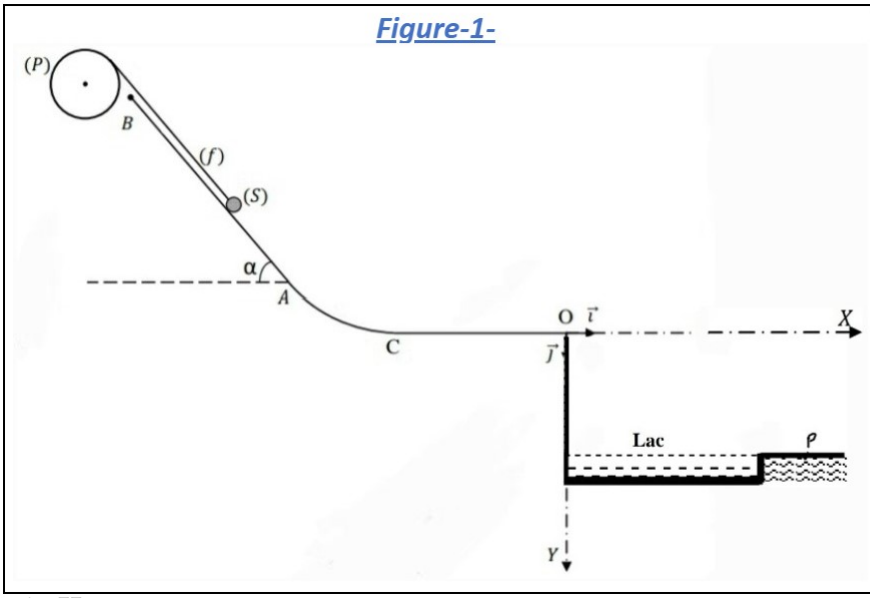
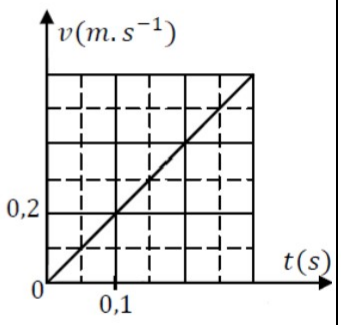


Figure-2-



Partie II :

On considère un pendule simple, constitué d'un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $L = 0,4m$ dont l'extrémité A est fixée à un support et l'autre attachée à un corps ponctuel **S** de masse m. La masse du fil est négligeable par rapport à la masse de l'objet.

On incline le fil de la verticale d'un angle petit et on abandonne le système(voir figure-3-). La position du système oscillant est repérée par l'angle θ que fait le fil avec la verticale.

Le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe (Δ) est $J_\Delta = m.L^2$.

On néglige les frottements et les actions de l'air et on prend $g = 10\ \mathbf{m.s^{-2}}$.

Pour un angle θ petit, on considère $\sin\theta \simeq \theta$ et $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$.

On choisit le plan horizontal passant par la position de **S** à l'état d'équilibre stable, comme état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

Figure-3-

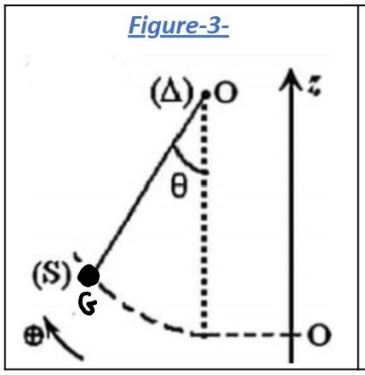
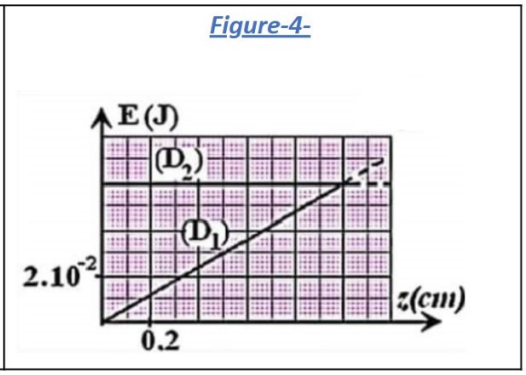


Figure-4-



0.5 (1) Déterminer, pour un angle θ petit, l'expression de l'énergie mécanique du pendule à un instant en fonction de $m; g; L; \theta$ et $\dot{\theta}$.

0.5 (2) Établir l'équation différentielle du mouvement du pendule.

(3) La figure 4 représente les variations de l'énergie potentielle de pesanteur $\mathbf{E_{Pp}}$ (droite D_1) et l'énergie mécanique $\mathbf{E_m}$ (droite D_2) en fonction de l'abscisse z.

0.5 (a) Montrer que $m = 0,6Kg$

0.5 (b) Trouver la valeur absolue de la vitesse angulaire pour $z = 0,5\ \mathbf{cm}$.

Chimie (7 points) : Étude de l'hydrazine et pile électrochimique

Partie I : Étude des solutions d'hydrazine et de son dosage

1. Réaction de l'hydrazine N_2H_4 avec l'eau :

1.1 Équation chimique de la réaction de l'hydrazine avec l'eau :

$$N_2H_{4\,(aq)} + H_2O_{\,(l)} \rightleftharpoons N_2H_{5\,(aq)}^{+} + HO_{(aq)}^{-}$$

1.2 **Tableau d'avancement :**

E. Réaction		$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + HO^-$			
état	avanc.	Quantité de matière (mol)			
initial	0	$C \cdot V$	en excès	0	0
en cours	x	$C \cdot V - x$		x	x
équilibre	x_{eq}	$C \cdot V - x_{eq}$		x_{eq}	x_{eq}

Calcul du taux d'avancement final τ :
Par définition, $\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}}$. Si la réaction était totale, le réactif limitant serait N_2H_4 (l'eau étant en excès), donc $x_{max} = C \cdot V$.
D'après le tableau d'avancement, la quantité d'ions hydroxyde à l'équilibre est $n_{eq}(HO^-) = x_{eq}$, ce qui donne $[HO^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$.
On en déduit que :

$$\tau = \frac{[HO^-]_{eq}}{C}$$

On sait que le produit ionique de l'eau s'écrit $K_e = [H_3O^+] \cdot [HO^-] = 10^{-14}$.
Donc $[HO^-] = \frac{K_e}{10^{-\mathrm{pH}}} = 10^{\mathrm{pH}-pK_e}$.
Numériquement, avec $\mathrm{pH} = 9,7$ et $C = 2 \cdot 10^{-3}$ mol/L :

$$[HO^-]_{eq} = 10^{9,7-14} = 10^{-4,3} \approx 5,01 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\tau = \frac{5,01 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-3}} \approx 0,025$$

$$\Longrightarrow \quad \tau \approx 2,5\%$$

Conclusion : Comme $\tau < 1$ (ou $2,5\% < 100\%$), la transformation de l'hydrazine avec l'eau est **limitée** (l'hydrazine est une base faible).

1.3 **Expression du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,eq}$:**
Par définition :

$$Q_{r,eq} = \frac{[N_2H_5^+]_{eq} \cdot [HO^-]_{eq}}{[N_2H_4]_{eq}}$$

D'après le tableau d'avancement :

$$[N_2H_5^+]_{eq} = [HO^-]_{eq} = \tau \cdot C$$

$$[N_2H_4]_{eq} = \frac{C \cdot V - x_{eq}}{V} = C - [HO^-]_{eq} = C(1-\tau)$$

En remplaçant dans l'expression du quotient de réaction :

$$Q_{r,eq} = \frac{(\tau \cdot C)^2}{C(1-\tau)} \implies \boxed{Q_{r,eq} = \frac{C \cdot \tau^2}{1-\tau}}$$

1.4 Vérification de la constante pK_A :
La constante d'acidité K_A du couple $N_2H_5^+/N_2H_4$ s'écrit :

$$K_A = \frac{[N_2H_4]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[N_2H_5^+]_{eq}}$$

En multipliant le numérateur et le dénominateur par $[HO^-]_{eq}$:

$$K_A = \frac{[N_2H_4]_{eq}}{[N_2H_5^+]_{eq} \cdot [HO^-]_{eq}} \times \left([H_3O^+]_{eq} \cdot [HO^-]_{eq}\right) = \frac{K_e}{Q_{r,eq}}$$

Calculons d'abord la valeur de $Q_{r,eq}$:

$$Q_{r,eq} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \times (0,025)^2}{1 - 0,025} = \frac{1,25 \cdot 10^{-6}}{0,975} \approx 1,28 \cdot 10^{-6}$$

On en déduit K_A puis pK_A :

$$K_A = \frac{10^{-14}}{1,28 \cdot 10^{-6}} \approx 7,81 \cdot 10^{-9}$$

$$pK_A = -\log(K_A) = -\log(7,81 \cdot 10^{-9}) \approx 8,107 \implies \boxed{pK_A \approx 8,1}$$

1.5 Effet de la dilution :
La conductivité σ de la solution diluée s'écrit :

$$\sigma = \lambda_{N_2H_5^+}[N_2H_5^+] + \lambda_{HO^-}[HO^-]$$

Comme $[N_2H_5^+] = [HO^-]$, on obtient :

$$[HO^-] = \frac{\sigma}{\lambda_{N_2H_5^+} + \lambda_{HO^-}}$$

Attention aux unités : $\sigma = 1,29 \cdot 10^{-1}$ mS/m et λ en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$, ce qui donne la concentration en mol/m^3.

$$[HO^-] = \frac{1,29 \cdot 10^{-1}}{5,9 + 19,9} = \frac{0,129}{25,8} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

La constante d'équilibre $Q_{r,eq}$ (qui est égale à la constante de basicité K_b) ne dépend que de la température, sa valeur reste donc $1,28 \cdot 10^{-6}$. La nouvelle concentration de la solution diluée C' vérifie $Q_{r,eq} = \frac{[HO^-]^2}{C' - [HO^-]}$:

$$C' - [HO^-] = \frac{[HO^-]^2}{Q_{r,eq}} \implies C' = 5{\cdot}10^{-6} + \frac{(5 \cdot 10^{-6})^2}{1,28 \cdot 10^{-6}} \approx 5{\cdot}10^{-6} + 1,95{\cdot}10^{-5} = 2,45{\cdot}10^{-5} \text{ m}$$

Le nouveau taux d'avancement est :

$$\tau' = \frac{[HO^-]}{C'} = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{2,45 \cdot 10^{-5}} \approx 0,204 \implies \tau' \approx 20,4\%$$

Déduction : On remarque que $\tau' > \tau$ ($20,4\% > 2,5\%$). **La dilution favorise la dissociation de la base**, augmentant ainsi le taux d'avancement final.

---

2. Étude du dosage de l'hydrazine par l'acide chlorhydrique :

2.1 Légende du dispositif expérimental (Figure 1) :

- **1** : Burette graduée
- **2** : Solution titrante d'acide chlorhydrique $(H_3O^+ + Cl^-)_{aq}$
- **3** : pH-mètre
- **4** : Solution titrée d'hydrazine N_2H_4 (dans le bécher)

2.2 Équation de la réaction de dosage :

$$N_2H_{4\,(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow N_2H^+_{5\,(aq)} + H_2O_{\,(l)}$$

2.3 Coordonnées du point d'équivalence et concentration C_B :

Par la méthode des tangentes (ou saut de pH sur la Figure 2), on lit le point d'inflexion :

$$\implies E(V_{AE} = 10 \text{ mL}; \text{pH}_E \approx 4,7)$$

À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stchiométriques : $C_B \cdot V_B = C_A \cdot V_{AE}$

$$C_B = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V_B} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \times 10}{25} \implies C_B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

2.4 Choix de l'indicateur coloré :

L'indicateur coloré convenable est celui dont la zone de virage encadre le pH à l'équivalence ($\text{pH}_E \approx 4,7$).
D'après le tableau, l'indicateur approprié est le **rouge de méthyle** (sa zone de virage $4,2 - 6,2$ contient la valeur $4,7$).

2.5 **Détermination du volume V_{A1} ajouté :**
D'après la relation d'Henderson-Hasselbalch :

$$\text{pH} = pK_A + \log\left(\frac{[N_2H_4]}{[N_2H_5^+]}\right)$$

Si $[N_2H_5^+] = 10 \cdot [N_2H_4]$, le rapport est $\frac{1}{10} = 0,1$.

$$\text{pH} = 8,1 + \log(0,1) = 8,1 - 1 = 7,1$$

En se reportant sur la courbe $\text{pH} = f(V_A)$ (Figure 2), l'abscisse correspondant à une ordonnée de $\text{pH} = 7,1$ donne :

$$\Longrightarrow \quad V_{A1} \approx 9,1 \text{ mL}$$

(Remarque : Par le calcul théorique exact avant l'équivalence, $V_{A1} = \frac{10}{11}V_{AE} \approx 9,09$ mL).

Partie II : Étude de la pile argent-chrome

1 **Polarité de la pile :**
L'énoncé indique qu'il y a un **dépôt sur l'électrode d'argent** (réduction des ions Ag^+ en Ag, donc c'est la **cathode**, pôle positif $\oplus$) et une **diminution de la masse de l'électrode de chrome** (oxydation de Cr en Cr^{3+}, donc c'est l'**anode**, pôle négatif $\ominus$).

$\Longrightarrow$ Pôle $\oplus$: Électrode d'Argent (Ag) et Pôle $\ominus$: Électrode de Chrome (Cr)

2 **Schéma conventionnel de la pile :**

$$\ominus \quad \text{Cr}_{(s)} \mid \text{Cr}^{3+}_{(aq)} \,\|\, \text{Ag}^+_{(aq)} \mid \text{Ag}_{(s)} \quad \oplus$$

3 **Équations aux électrodes et équation bilan :**

- **À l'anode (pôle $\ominus$ - Oxydation) :** $\text{Cr}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 3e^-$
- **À la cathode (pôle $\oplus$ - Réduction) :** $3 \times \left(\text{Ag}^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}_{(s)}\right)$
- **Équation bilan :**

$$\text{Cr}_{(s)} + 3\text{Ag}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 3\text{Ag}_{(s)}$$

4 **Variation Δm de la masse de l'électrode de chrome :**
La quantité d'électricité qui a traversé le circuit pendant la durée Δt est :

$$Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot \mathcal{F} \implies n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{\mathcal{F}}$$

D'après la demi-équation à l'anode, la quantité de matière de chrome ayant réagi est $n(\text{Cr}) = \frac{n(e^-)}{3}$.
La variation de masse (en valeur absolue) est donc :

$$|\Delta m| = n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr}) = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(\text{Cr})}{3 \cdot \mathcal{F}}$$

Numériquement, avec $I = 1,6$ mA $= 1,6 \cdot 10^{-3}$ A, $\Delta t = 1$ h $= 3600$ s, $M(\text{Cr}) = 52$ g/mol et $\mathcal{F} = 96500$ C/mol :

$$|\Delta m| = \frac{1,6 \cdot 10^{-3} \times 3600 \times 52}{3 \times 96500} = \frac{299,52}{289500} \approx 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

Comme l'électrode est consommée, la variation réelle de masse est négative :

$$\Longrightarrow \quad \Delta m \approx -1,03 \text{ mg}$$

Physique 1 (3 points) : Ondes sonores et ultrasonores

Partie I : Détermination expérimentale de la vitesse de propagation du son

1 Calcul de la fréquence N de l'onde émise :
D'après l'oscillogramme de la Figure 2, la période T correspond à la durée d'un cycle complet. Sur la grille, on observe qu'une période complète s'étale sur exactement 5 divisions. En utilisant la sensibilité horizontale $S_h = 1,0 \cdot 10^{-4}$ s $\cdot$ div^{-1} :

$$T = 5 \text{ div} \times 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ s} \cdot \text{div}^{-1} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

La fréquence N est l'inverse de la période :

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{5,0 \cdot 10^{-4}} \quad \Longrightarrow \quad N = 2000 \text{ Hz}$$

(Remarque : Cette valeur correspond parfaitement à l'affichage numérique ń 2000 ż visible sur le générateur GBF du montage de la Figure 1).

2.a Détermination de la longueur d'onde λ de l'onde sonore :
À la distance initiale $d_1 = 21$ cm, les deux signaux sont **en phase** (les crêtes et les passages par zéro sont parfaitement alignés verticalement sur la Figure 2). Lorsqu'on éloigne progressivement le microphone M_2, les deux courbes se retrouvent en **opposition de phase pour la première fois** à la distance $d_2 = 31,25$ cm. Le décalage spatial supplémentaire correspond par définition à une demi-longueur d'onde :

$$d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = 2 \cdot (d_2 - d_1)$$

$$\lambda = 2 \times (31,25 - 21) = 2 \times 10,25 \implies \boxed{\lambda = 20,5 \text{ cm} = 0,205 \text{ m}}$$

2.b Calcul de la vitesse de propagation v du son dans l'air :
La vitesse de propagation (ou célérité) est liée à la longueur d'onde et à la fréquence par la relation fondamentale :

$$v = \lambda \cdot N$$

En remplaçant par les valeurs calculées précédemment (en unités du système international) :

$$v = 0,205 \text{ m} \times 2000 \text{ Hz} \implies \boxed{v = 410 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Partie II : Application à l'échographie de datation

1 Détermination de la durée Δt entre les échos issus de B et de C :
D'après l'enregistrement de la Figure 3, l'écart horizontal entre la crête de l'écho issu du point B (paroi antérieure du ftus) et celle de l'écho issu du point C (paroi postérieure) correspond à un décalage de $0,8$ division.
Sachant que la sensibilité temporelle est de $50\,\mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$:

$$\Delta t = 0,8 \text{ div} \times 50\,\mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1} = 40\,\mu\text{s}$$

$$\implies \boxed{\Delta t = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ s}}$$

2 Calcul de l'épaisseur d du ftus et déduction de son âge :
Les ondes ultrasonores effectuent un trajet aller-retour de distance $2d$ à travers le ftus pendant la durée Δt à la célérité $v = 1500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La relation s'écrit :

$$2d = v \cdot \Delta t \implies d = \frac{v \cdot \Delta t}{2}$$

Application numérique :

$$d = \frac{1500 \times 4,0 \cdot 10^{-5}}{2} = \frac{0,06}{2} = 0,03 \text{ m}$$

$$\implies \boxed{d = 3,0 \text{ cm} = 30 \text{ mm}}$$

Déduction de l'âge du ftus :
En se reportant sur la courbe d'étalonnage de la Figure 2 (qui donne l'âge en semaines en fonction de l'épaisseur d en mm), on trace une ligne verticale à l'abscisse $d = 30$ mm. L'intersection avec la courbe correspond parfaitement à la ligne horizontale de l'ordonnée :

$$\implies \boxed{\text{Âge du ftus} = 10 \text{ semaines}}$$

Physique 2 (4,5 points) : Dipôle RC et circuit RLC série

I - Étude de la charge du condensateur :

1 Équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$:

D'après la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) lorsque l'interrupteur est en position (1) :

$$u_{R_1} + u_C = E$$

D'après la loi d'Ohm, la tension aux bornes du conducteur ohmique est $u_{R_1} = R_1 \cdot i$. De plus, la tension aux bornes du condensateur s'écrit $u_C = \frac{q}{C}$.
L'intensité du courant électrique étant la dérivée temporelle de la charge ($i = \frac{dq}{dt}$), on obtient :

$$R_1 \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E$$

En multipliant l'ensemble des termes par la capacité C, l'équation différentielle s'écrit :

$$R_1 \cdot C\frac{dq}{dt} + q = C \cdot E$$

2 Expressions des constantes A et α :

La solution proposée pour cette équation différentielle est $q(t) = A(1 - e^{-\alpha t}) = A - Ae^{-\alpha t}$.
Sa dérivée par rapport au temps s'écrit :

$$\frac{dq}{dt} = A\alpha e^{-\alpha t}$$

En remplaçant l'expression de $q(t)$ et de sa dérivée dans l'équation différentielle établie à la question 1 :

$$R_1 C A\alpha e^{-\alpha t} + A - Ae^{-\alpha t} = CE$$

En factorisant les termes comportant l'exponentielle :

$$A(R_1 C\alpha - 1)e^{-\alpha t} + A = CE$$

Pour que cette égalité soit physiquement vérifiée à tout instant t, il est nécessaire que :

$$A = C \cdot E \quad \text{et} \quad R_1 C\alpha - 1 = 0$$

$$\Longrightarrow \quad A = C \cdot E \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{1}{R_1 \cdot C}$$

3 Détermination graphique de τ et de la charge maximale Q_m :

En exploitant la courbe d'évolution de la charge (Figure 2) :

— Lorsque le régime permanent est établi ($t \to \infty$), la charge atteint son palier maximal correspondant à l'asymptote horizontale :

$$\Longrightarrow \quad Q_m = 2,5\,\mu\text{C} = 2,5 \cdot 10^{-6}\ \text{C}$$

— La constante de temps τ correspond à l'abscisse du point d'intersection entre la tangente à l'origine (T) et l'asymptote horizontale $q = Q_m$:

$$\Longrightarrow \quad \tau = 0,025\ \text{s} = 25\ \text{ms}$$

4 **Démonstration de la valeur de la capacité C :**
D'après l'expression en régime permanent, la charge maximale accumulée s'écrit $Q_m = C \cdot E$. On en déduit :

$$C = \frac{Q_m}{E}$$

Application numérique avec la tension constante du générateur $E = 5$ V :

$$C = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}{5\ \text{V}} = 0,5 \cdot 10^{-6}\ \text{F} \Longrightarrow C = 0,5\,\mu\text{F}$$

5 **Calcul de la résistance inconnue R_1 :**
Par définition, la constante de temps du circuit capacitif est $\tau = R_1 \cdot C$. Par conséquent :

$$R_1 = \frac{\tau}{C}$$

Application numérique :

$$R_1 = \frac{0,025\ \text{s}}{0,5 \cdot 10^{-6}\ \text{F}} = 50\,000\,\Omega \Longrightarrow R_1 = 50\ \text{k}\Omega$$

II - Étude des oscillations électriques dans le circuit RLC :

1 **Identification du régime d'oscillation :**
Sur la Figure 3, on constate que l'amplitude des oscillations des tensions diminue progressivement au cours du temps en raison de la dissipation d'énergie par effet Joule dans le conducteur ohmique R_2. La courbe représente donc un **régime pseudo-périodique**.

2 **Équation différentielle vérifiée par la tension u_C :**
D'après la loi d'additivité des tensions dans la maille en position (2) :

$$u_L + u_{R_2} + u_C = 0$$

La résistance de la bobine étant supposée nulle ($r = 0$), la tension à ses bornes est $u_L = L\frac{di}{dt}$. D'autre part, $u_{R_2} = R_2 \cdot i$.
Sachant que la relation courant-tension du condensateur est $i = C\frac{du_C}{dt}$, la dérivée de l'intensité s'écrit $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$.
En injectant ces expressions dans la loi des mailles :

$$L \cdot C\frac{d^2u_C}{dt^2} + R_2 \cdot C\frac{du_C}{dt} + u_C = 0$$

En divisant l'ensemble des termes par le produit $L \cdot C$, on aboutit à l'équation différentielle :

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R_2}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{L \cdot C}u_C = 0$$

3 **Détermination de l'inductance L de la bobine :**
Graphiquement (Figure 3), la pseudo-période T correspond à l'intervalle de temps séparant deux crêtes consécutives de la tension $u_C(t)$. On lit sur l'axe des abscisses un écart de 2 divisions, avec une sensibilité de 1 ms/div :

$$T = 2 \text{ ms} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

En considérant l'approximation $T \approx T_0$ (période propre de l'oscillateur non amorti) :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C} \implies T_0^2 = 4\pi^2 L \cdot C$$

On en isole l'inductance L :

$$L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$$

Application numérique en prenant $\pi^2 = 10$, $C = 0,5 \cdot 10^{-6}$ F et $T_0 = 2 \cdot 10^{-3}$ s :

$$L = \frac{(2 \cdot 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 0,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} = \frac{4}{20} \implies L = 0,2 \text{ H}$$

4 **Calcul de l'énergie dissipée par effet Joule entre $t_1 = 3$ ms et $t_2 = 7$ ms :**
L'énergie totale emmagasinée dans le circuit à un instant t est la somme de l'énergie électrique et de l'énergie magnétique :

$$E_{tot}(t) = E_e(t) + E_m(t) = \frac{1}{2}Cu_C^2(t) + \frac{1}{2}Li^2(t)$$

Sur l'oscillogramme de la Figure 3, aux instants $t_1 = 3$ ms et $t_2 = 7$ ms (indiqués en rouge), la tension aux bornes du conducteur ohmique est nulle ($u_{R_2} = 0$). Par conséquent, le courant est nul ($i = 0$), ce qui entraîne une énergie magnétique nulle ($E_m = 0$). L'énergie totale est alors purement électrique :

— **À l'instant $t_1 = 3$ ms :** la courbe $u_C(t)$ passe par un extremum (minimum) valant exactement $u_C(t_1) = -3$ V (3 divisions sous l'axe, sensibilité verticale de 1 V/div).

$$E_{tot}(t_1) = \frac{1}{2}Cu_C^2(t_1) = \frac{1}{2}\times 0,5{\cdot}10^{-6}\times(-3)^2 = 0,25{\cdot}10^{-6}\times 9 = 2,25{\cdot}10^{-6}\text{ J}$$

— **À l'instant $t_2 = 7$ ms :** la courbe $u_C(t)$ passe par un extremum valant $u_C(t_2) = -1$ V (1 division sous l'axe).

$$E_{tot}(t_2) = \frac{1}{2}Cu_C^2(t_2) = \frac{1}{2}\times 0,5{\cdot}10^{-6}\times(-1)^2 = 0,25{\cdot}10^{-6}\times 1 = 0,25{\cdot}10^{-6}\text{ J}$$

L'énergie dissipée par effet Joule correspond à la diminution de l'énergie totale du système :

$$E_{\text{dissipée}} = E_{tot}(t_1) - E_{tot}(t_2) = 2,25\cdot 10^{-6} - 0,25\cdot 10^{-6}$$

$$\Longrightarrow \boxed{E_{\text{dissipée}} = 2,0\cdot 10^{-6}\text{ J} = 2,0\,\mu\text{J}}$$

Physique 3 (5,5 points) : Mécanique du solide et pendule simple

Partie I : Mouvement d'un solide sur un rail et chute parabolique

1 Nature du mouvement et calcul de l'accélération :

La Figure 2 représente la vitesse $v(t)$ du centre d'inertie du solide (S) lors de sa montée sur la partie AB. La courbe est une fonction linéaire (droite passant par l'origine), ce qui signifie que le mouvement est **rectiligne uniformément accéléré**.

L'accélération a_G correspond à la pente de cette droite :

$$a_G = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,4-0}{0,2-0} \Longrightarrow \boxed{a_G = 2\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}}$$

2 Démonstration de l'expression de l'accélération a_G :

— **Étude du solide (S) en translation :** Le solide de masse $m = 200$ g glisse sans frottement sur le plan incliné d'un angle $\alpha = 30°$. Il est soumis à son poids $\vec{P}$, à la réaction normale du plan $\vec{R}$ et à la tension du fil $\vec{T}$. D'après la deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}_G$$

Par projection sur l'axe du mouvement orienté vers le haut (de A vers

B) :

$$-mg\sin\alpha + 0 + T = ma_G \implies T = ma_G + mg\sin\alpha \quad (1)$$

— **Étude de la poulie (P) en rotation :** La poulie est soumise au couple moteur constant de moment $\mathcal{M}$, à l'action de son axe (moment nul), à son poids (moment nul) et à la tension du fil $\vec{T}'$ de moment $-T' \cdot r$. La relation fondamentale de la dynamique en rotation donne :

$$\mathcal{M} - T' \cdot r = J_\Delta \ddot{\theta}$$

Le fil étant inextensible et sans glissement, on a $T' = T$ et $a_G = r\ddot{\theta} \implies \ddot{\theta} = \frac{a_G}{r}$. L'équation devient :

$$\mathcal{M} - T \cdot r = J_\Delta \frac{a_G}{r} \implies T = \frac{\mathcal{M}}{r} - J_\Delta \frac{a_G}{r^2} \quad (2)$$

En égalant les deux relations (1) et (2) :

$$ma_G + mg\sin\alpha = \frac{\mathcal{M}}{r} - J_\Delta \frac{a_G}{r^2}$$

En multipliant par r^2 et en regroupant les termes en a_G :

$$a_G(mr^2 + J_\Delta) = \mathcal{M} \cdot r - mgr^2\sin\alpha \implies \boxed{a_G = \frac{\mathcal{M} \cdot r - m \cdot g \cdot r^2 \cdot \sin\alpha}{m \cdot r^2 + J_\Delta}}$$

3 Calcul du moment $\mathcal{M}$ du couple moteur :
À partir de la relation précédente, on isole $\mathcal{M}$:

$$\mathcal{M} = \frac{a_G(mr^2 + J_\Delta) + mgr^2\sin\alpha}{r}$$

Application numérique avec $g = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, $r = 0,1\ \text{m}$, $J_\Delta = 3 \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$ et $\sin(30°) = 0,5$:

$$mr^2 + J_\Delta = 0,2 \times (0,1)^2 + 3 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$mgr^2\sin\alpha = 0,2 \times 10 \times 0,01 \times 0,5 = 0,01\ \text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$\mathcal{M} = \frac{2 \times 5 \cdot 10^{-3} + 0,01}{0,1} = \frac{0,02}{0,1} \implies \boxed{\mathcal{M} = 0,2\ \text{N} \cdot \text{m}}$$

4.a Équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ à partir du point O :
Au point O, le solide possède une vitesse initiale purement horizontale $V_0 = 2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et n'est soumis qu'à son poids (chute libre avec $\vec{a}_G = \vec{g}$). L'axe Oy étant orienté vers le bas, on a par intégrations successives :

$$\begin{cases} v_x(t) = V_0 = 2 \\ v_y(t) = g \cdot t = 10t \end{cases} \implies \boxed{\begin{cases} x(t) = 2t \\ y(t) = 5t^2 \end{cases}}$$

4.b **Équation de la trajectoire :**
En isolant $t = \frac{x}{2}$ et en remplaçant dans $y(t)$:

$$y(x) = 5\left(\frac{x}{2}\right)^2 \implies \boxed{y(x) = 1,25x^2}$$

4.c **Vérification de la chute par rapport au lac :**
Le lac se trouve à une profondeur $h = 5$ m et a une largeur $L = 1,5$ m. Cherchons la portée horizontale x_P lorsque le solide atteint l'altitude du lac ($y = 5$ m) :

$$1,25x_P^2 = 5 \implies x_P^2 = 4 \implies x_P = 2 \text{ m}$$

Comme $x_P = 2$ m $> L = 1,5$ m, le solide atterrit sur la rive au-delà de l'eau. **Le corps (S) ne tombe donc pas dans le lac**.

4.d **Vitesse au point de chute P :**
La durée de chute pour atteindre $y = 5$ m est $t_P = 1$ s. Les composantes de la vitesse sont alors $v_x = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_y = 10 \times 1 = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$V_P = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{2^2 + 10^2} = \sqrt{104} \implies \boxed{V_P \approx 10,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Partie II : Étude énergétique du pendule simple

1 **Expression de l'énergie mécanique E_m pour un angle petit :**
Le pendule de longueur $L = 0,4$ m a un moment d'inertie $J_\Delta = mL^2$. Son énergie mécanique s'écrit $E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2 + mgL(1 - \cos\theta)$. Avec l'approximation $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$, on obtient :

$$\boxed{E_m = \tfrac{1}{2}mL^2\dot{\theta}^2 + \tfrac{1}{2}mgL\theta^2}$$

2 **Équation différentielle du mouvement :**
Le système étant conservatif (frottements négligés), $\frac{dE_m}{dt} = 0$:

$$mL^2\dot{\theta}\ddot{\theta} + mgL\theta\dot{\theta} = 0 \implies mL\dot{\theta}\left(L\ddot{\theta} + g\theta\right) = 0 \implies \boxed{\ddot{\theta} + \tfrac{g}{L}\theta = 0}$$

3.a **Détermination de la masse m (Figure 4) :**
La droite linéaire (D_1) passant par l'origine représente $E_{pp}(z) = mgz$, tandis que la droite horizontale (D_2) représente l'énergie mécanique totale E_m.
L'axe vertical indique que 2 divisions valent $2 \cdot 10^{-2}$ J (soit 10^{-2} J/div). La droite (D_2) est à 6 divisions, d'où $E_m = 6 \cdot 10^{-2}$ J.

L'intersection entre (D_1) et (D_2) a lieu à l'écart maximal $z_{max} = 1,0$ cm $= 0,01$ m (10 divisions horizontales). En ce point, $E_{pp} = E_m$:

$$mgz_{max} = E_m \implies m \times 10 \times 0,01 = 6 \cdot 10^{-2} \implies \boxed{m = 0,6 \text{ kg}}$$

3.b **Vitesse angulaire $|\dot{\theta}|$ pour $z = 0,5$ cm :**
À l'abscisse $z = 0,5$ cm $= 5 \cdot 10^{-3}$ m, l'énergie potentielle vaut $E_{pp} = 0,6 \times 10 \times 5 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-2}$ J.
Par conservation, $E_c = E_m - E_{pp} = 3 \cdot 10^{-2}$ J. On en déduit :

$$\frac{1}{2}mL^2\dot{\theta}^2 = E_c \implies |\dot{\theta}| = \sqrt{\frac{2E_c}{mL^2}} = \sqrt{\frac{2 \times 3 \cdot 10^{-2}}{0,6 \times 0,4^2}} = \sqrt{\frac{0,06}{0,096}} \implies \boxed{|\dot{\theta}| \approx 0,79 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Barème

Chimie

partie 1:Chimie organique

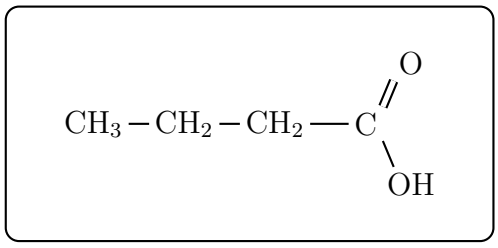
Les transformations chimiques peuvent être **totales ou non totales**. Les chimistes utilisent plusieurs méthodes pour suivre quantitativement les transformations chimiques au cours du temps et les contrôler pour augmenter leur rendement ou diminuer leur vitesse pour limiter leurs effets. Parfois le chimiste change l'un des réactifs pour obtenir le même produit avec plus d'efficacité.

Données :

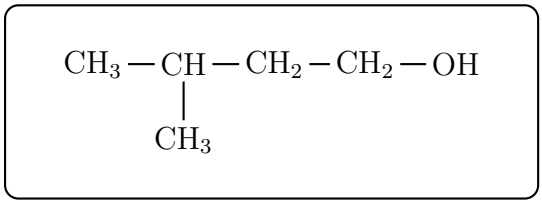
Le composé organique	Masse molaire ($g.mol^{-1}$)	Masse volumique ($g.mL^{-1}$)
L'acide (A)	$M(A) = 88,0$	$\rho(A) = 0,956$
L'alcool (B)	$M(B) = 88,0$	$\rho(B) = 0,810$
Anhydride butanoïque (AN)	$M(AN) = 158,0$	$\rho(AN) = 0,966$

1- Suivi temporel d'une transformation chimique.

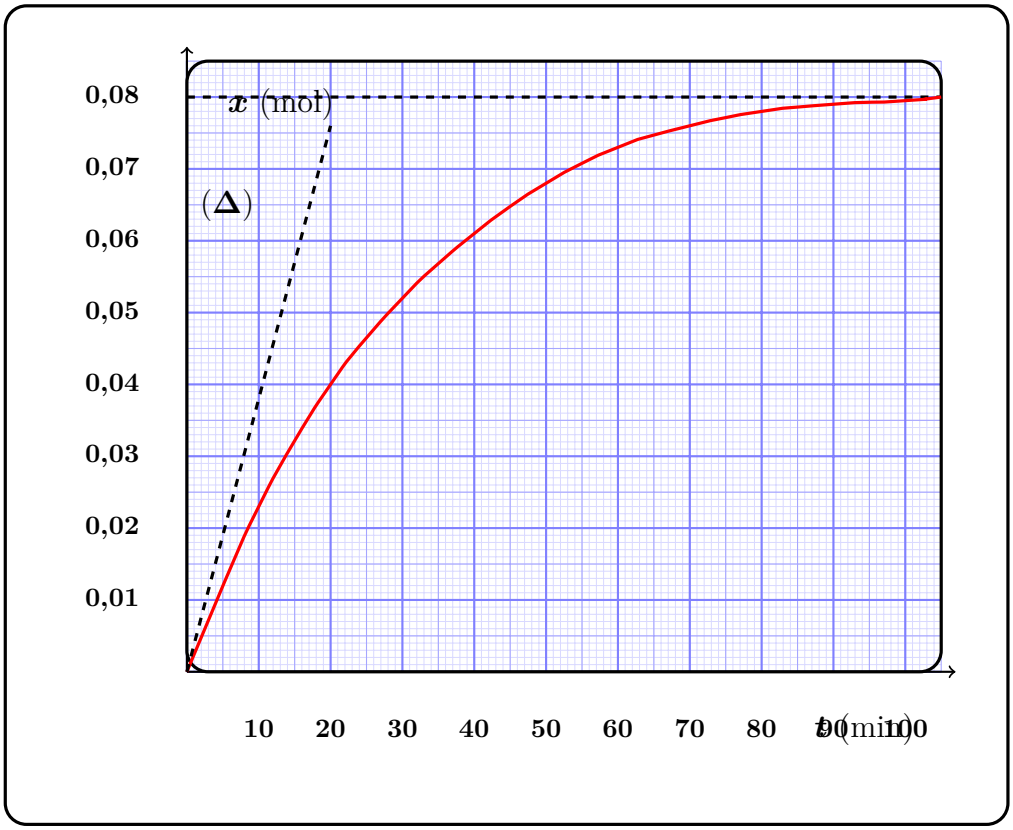
On mélange dans un erlenmeyer un volume $V_A = 11$ mL de l'acide (A) de formule :



et $0,12$ mol de l'alcool (B) de formule :



On ajoute au mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques pierres ponces.
Après chauffage, il se forme un composé (E) de masse molaire $M(E) = 158$ $g.mol^{-1}$.
Le graphe $x = f(t)$ donne l'évolution de l'avancement x de la réaction en fonction du temps t (fig1).



La droite $(\boldsymbol{\Delta})$ représente la tangente à la courbe $\boldsymbol{x = f(t)}$ à l'instant $\boldsymbol{t = 0}$.

1.1- Donner la définition du temps de demi-réaction et déterminer sa valeur.
1.2- Calculer graphiquement la valeur de la vitesse volumique $\boldsymbol{v(0)}$ à l'instant $\boldsymbol{t = 0}$.

2- <u>Rendement de la réaction.</u>

2.1- Écrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation de la synthèse du composé $(\boldsymbol{E})$ à partir de l'acide $(\boldsymbol{A})$ et de l'alcool $(\boldsymbol{B})$ et donner le nom du composé $(\boldsymbol{E})$ suivant la nomenclature officielle.
2.2- Calculer la quantité de matière initiale de l'acide $(\boldsymbol{A})$.
2.3- Calculer la valeur de la constante d'équilibre $\boldsymbol{K}$ associée à l'équation de synthèse du composé $(\boldsymbol{E})$.
2.4- On mélange $\boldsymbol{0,12}$ mol de l'acide $(\boldsymbol{A})$ et $\boldsymbol{0,24}$ mol de l'alcool $(\boldsymbol{B})$:

a- calculer l'avancement final de la réaction qui a lieu.

b- calculer le rendement de la réaction.

3- <u>Contrôle de l'évolution du système chimique.</u>

On peut améliorer également le rendement de la réaction précédente en remplaçant l'acide $(\boldsymbol{A})$ par l'anhydride butanoïque $(\boldsymbol{AN})$.
On mélange un volume $\boldsymbol{V_B = 13}$ mL de l'alcool $(\boldsymbol{B})$ et un volume $\boldsymbol{V_{AN} = 14}$ mL de l'anhydride butanoïque.
On obtient une masse $\boldsymbol{m(E)}$ du composé $(\boldsymbol{E})$.

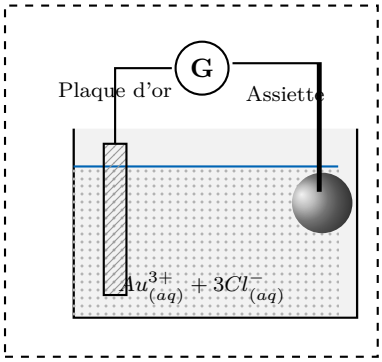
3.1- Écrire l'équation de la réaction dans ce cas en utilisant les formules semi-développées.
3.2- Calculer la masse $\boldsymbol{m(E)}$.

partie 2 Electrolyse

Pour déposer une fine couche brillante d'or métallique d'épaisseur $\boldsymbol{e}$ de masse $\boldsymbol{m}$ sur une pièce métallique de surface totale $\boldsymbol{S = 21,6}$ cm$^{\mathbf{2}}$, on réalise une dorure par électrolyse à l'aide de deux électrodes reliées à un générateur : l'une est constituée d'une plaque d'or l'autre est la pièce à recouvrir (Assiette par exemple).

Données :

- ☐ La masse volumique de l'or : $\boldsymbol{\rho = 19,3}$ g.cm$^{\mathbf{-3}}$
- ☐ La masse molaire de l'or $\boldsymbol{M(Au) = 197}$ g.mol$^{\mathbf{-1}}$
- ☐ Le volume molaire dans les conditions de l'expérience $\boldsymbol{V_m = 25}$ L.mol$^{\mathbf{-1}}$
- ☐ La constante de Faraday : $\mathbf{1}$ F $= \mathbf{9,65.10^4}$ C.mol$^{\mathbf{-1}}$
- ☐ L'électrolyte utilisé est une solution aqueuse de chlorure d'or $(\boldsymbol{Au^{3+}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)}})$ de volume $\boldsymbol{V = 200}$ mL.
- ☐ Les couples mis en jeu sont : $(\boldsymbol{Au^{3+}_{(aq)}/Au_{(s)}})$ et $(\boldsymbol{Cl_{2(g)}/Cl^{-}_{(aq)}})$.



1) L'assiette doit être l'anode ou la cathode ?

2) Ecrire l'équation bilan de l'électrolyse.

3) L'électrolyse a lieu pendant une durée $\boldsymbol{t = 40}$ min avec un courant d'intensité constante $\boldsymbol{I = 31}$ mA

a) Dresser le tableau d'avancement de la transformation qui a lieu au niveau de la cathode.

b) Déduire l'expression de $\boldsymbol{m(Au)}$ la masse d'or déposé en fonction de $\boldsymbol{M(Au)}$, $\boldsymbol{F}$, $\boldsymbol{I}$ et $\boldsymbol{\Delta t}$.

c) Vérifier que la masse d'or déposé est égale $\boldsymbol{m(Au) = 5.10^{-2}}$ g.

d) Calculer $\boldsymbol{e}$ l'épaisseur de la couche d'or déposée sur la surface de la fourchette.

e) Calculer le volume $\boldsymbol{V(Cl_2)}$ de la dichorée formée pendant $\boldsymbol{\Delta t}$.

Physique 1

partie 1:Ondes

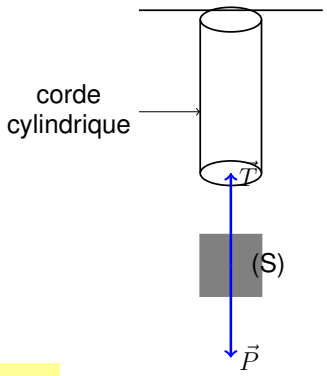
On admet que la vitesse de propagation V d'une onde le long d'une corde homogène de masse M et de longueur L est liée à la tension de cette corde T et sa masse linéique μ par la relation : $V = T^a \mu^b$.

1. Par les équations aux dimensions, déterminer les valeurs de a et b.

2. Soient deux cordes (1) et (2) de même matière, de longueur respectivement L_1 et L_2, de masses M_1 et M_2, et de diamètre de base D_1 et D_2. La corde (1) supporte à son extrémité un solide (S_1) de masse m_1, tandis que la corde (2)

Barème

supporte un solide (S_2) de masse m_2. On donne : $D_1 = 2D_2$ et $m_2 = 0,5m_1$. Déterminer la valeur du rapport $\frac{v_2}{v_1}$ (V la vitesse de propagation de l'onde le long de chaque corde).



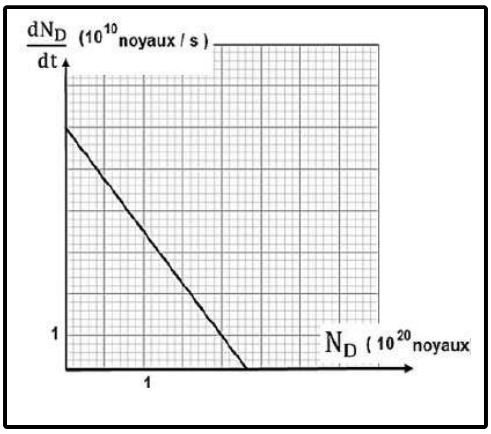
Barème

partie 2 **Nucleaire**

Le noyau de plutonium $^{238}_{94}Pu$ est un noyau radioactif de type α, il est utilisé dans les piles des moteurs de commande pour orienter les satellites.

La courbe ci-dessus représente l'évolution de la dérivée des noyaux désintégrés par rapport au temps en fonction du nombre du noyau désintégrée $\left(\frac{dN_D}{dt} = f(N_D)\right)$ dans un échantillon de ***plutonium 238*** de masse m_0.

Extrait de tableau périodique :
$_{96}Cm$; $_{92}U$; $_{93}Np$



1. Ecrire l'équation de désintégration de $^{238}_{94}Pu$;
2. En se basant sur la loi de décroissance radioactive montrer que : $N_D = N_0(1 - e^{-\lambda.t})$;
3. Déduire $\frac{dN_D}{dt} = f(N_D, \lambda, N_0)$;
4. Déterminer les valeurs de λ et N_0 ;
5. Une pile d'un satellite artificiel contient une masse $m = 875$ g de ***plutonium 238***, la puissance électrique moyenne fournie par cette pile est : $P_e = 2,15$ KW et son rendement est $r = 63\%$.
   - **5.1.** Calculer, en joule, E_T l'énergie totale libérée par cette masse de ***plutonium 238*** ;
   - **5.2.** Déduire, en années, la durée de fonctionnement de la pile.

$\xi_L(^{238}_{94}Pu) = 7,56$ Mev/Nucléon
$\xi_L(^{234}_{92}U) = 7,6$ Mev/Nucléon
$\xi_L(^{4}_{2}He) = 7,07$ Mev/Nucléon
$N_A = 6,02.10^{23}$ mol^{-1}
1 Mev $= 1,61.10^{-13}$ J

Physique 2

partie 1: Étude du dipôle RC

On donne 2 équations différentielles d'un dipôle RC en fonction de la tension u_C aux bornes du condensateur et leurs solutions :

$$\tau\frac{du_C}{dt} + u_C = E \quad ; \quad \frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = 0$$

$$u_C = E(1 - e^{-t/\tau}) \quad ; \quad u_C = E \cdot e^{-t/\tau} \quad (\tau = RC)$$

1. Préciser en justifiant votre réponse, l'équation différentielle et la solution qui correspond à la charge et décharge du condensateur.

2. La courbe (1) ci-jointe donne les variations de $\boldsymbol{du_C/dt}$ en fonction de $\boldsymbol{u_C}$ au cours de la charge, la courbe (2) les variations de $\boldsymbol{\ln(E-u_C)}$ en fonction de $\boldsymbol{t}$ au cours de la charge, la courbe (3) les variations de $\boldsymbol{\ln(u_C)}$ en fonction de $\boldsymbol{t}$ pour la décharge.

2-1 Étude de la courbe (1) :

a) Démontrer que : $\frac{du_C}{dt} = a \cdot u_C + b$, avec a et b deux constantes à préciser.

b) Déterminer l'équation de la courbe et déduire les valeurs de τ et E.

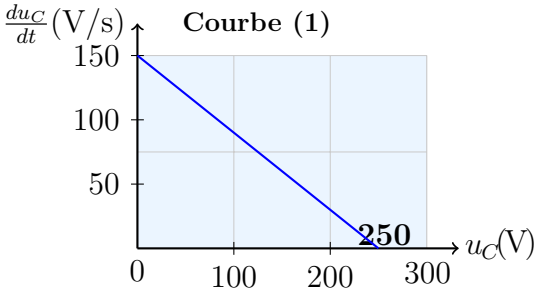
2-2 Étude de la courbe (2) :

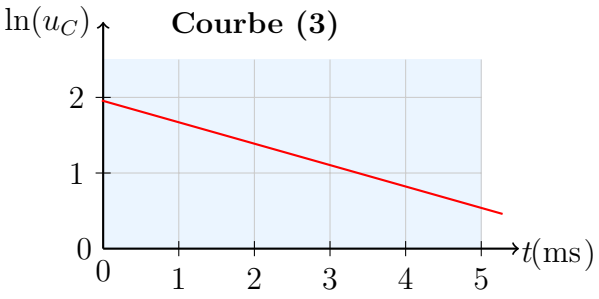
a) Montrer que $\ln(E-u_C) = -\frac{1}{\tau}t + \ln E$.

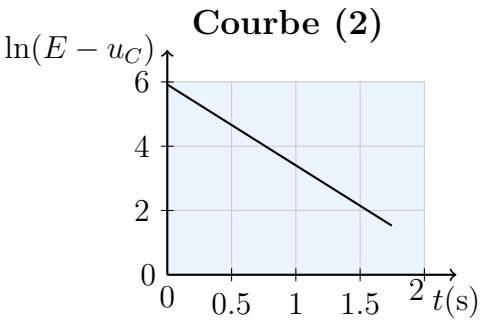
b) Déterminer les valeurs de E et τ.

2-3 Étude de la courbe (3) : Montrer que $\ln u_C = -\frac{1}{\tau}t + \ln E$ puis déterminer les valeurs de E et τ.

3. On définit le temps de montée $\boldsymbol{t_m}$ de la tension $\boldsymbol{u_C}$ au cours de la charge tel que $\boldsymbol{t_m = t_2 - t_1}$. $\boldsymbol{t_1}$ est le temps nécessaire pour que $\boldsymbol{u_C}$ atteigne 10% de sa valeur max et $\boldsymbol{t_2}$ pour atteindre 90% de $\boldsymbol{u_{Cmax}}$. Démontrer que $\boldsymbol{t_m = \tau \ln 9}$.





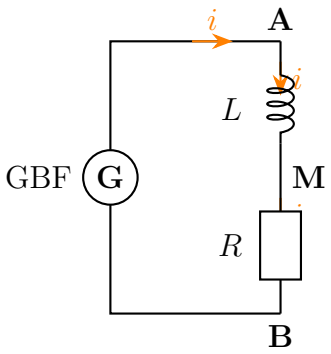


partie 2: Étude du dipôle RL

1- La première partie de cet exercice a pour but de déterminer l'inductance L d'une bobine de résistance négligeable ($r = 0$). Pour cela on réalise le montage suivant (**figure-1**) :

- (G) générateur qui délivre une tension triangulaire.
- (D) conducteur ohmique de résistance $R = 100\ \Omega$.

À l'aide d'un oscillographe, on visualise les tensions u_{AM} aux bornes de la bobine et u_{BM} aux bornes du conducteur ohmique. On obtient l'oscillogramme suivant :



- Sensibilités verticales pour les deux voies : $0,5$ V/div.
- Balayage horizontal : 1 ms/div.

1-1- Représenter sur le schéma le branchement de l'oscilloscope pour visualiser u_{AM} et u_{BM}.

1-2- Écrire, en fonction des données de l'exercice, chacune des tensions u_{AM} et u_{BM}.

1-3- Montrer que : $u_{AM} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{du_{BM}}{dt}$

1-4- Calculer la valeur de l'inductance L de la bobine.

1-5- Calculer la valeur maximale de l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine.

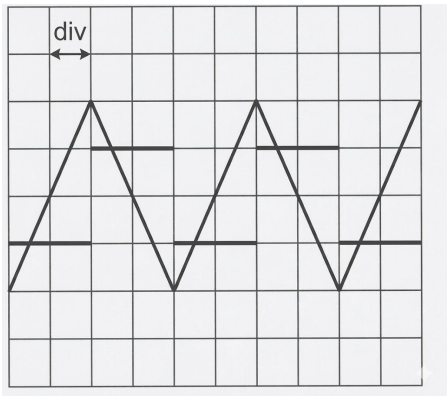


Figure-1

partie 3: Étude du dipôle LC

Le circuit représenté ci-contre est constitué d'un générateur de force électromotrice constante $E = 12$ V, de deux condensateurs non initialement chargés, d'une bobine idéale d'inductance L et d'un interrupteur (K) à double position.
On donne : $C_1 = 3C_2$.

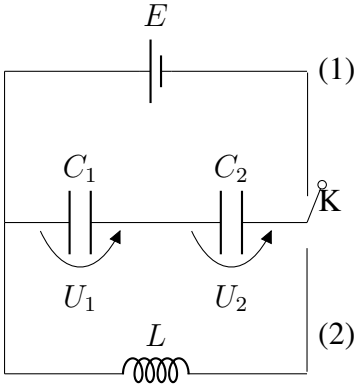


Fig 1

Barème

1. On bascule l'interrupteur (K) en position (1), on charge les condensateurs. Préciser en justifiant votre réponse la valeur de U_1 et U_2 à la charge totale des condensateurs.

2. Après avoir complètement chargé les deux condensateurs, on bascule (K) en position (2).

2-1 Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur équivalent $(u_{C_{eq}})$.

2-2 Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_1 aux bornes du condensateur C_1.

partie 4:Réception d'une onde

Réception d'une onde électromagnétique : Pour capter une onde électromagnétique de fréquence $N_0 = 40$ kHz modulée en amplitude, on utilise le dispositif simplifié représenté sur la figure 6.

1- Choisir la proposition juste parmi les affirmations suivantes :

La fréquence de l'onde porteuse est très petite devant celle de l'onde modulante.

Le rôle de la partie 1 du dispositif est d'éliminer la composante continue.

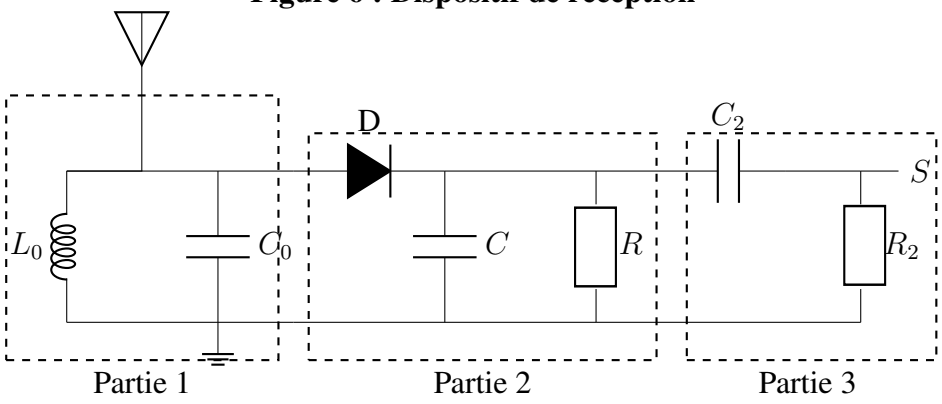
Le rôle des deux parties 2 et 3 du dispositif est de moduler l'onde.

Dans une antenne réceptrice, l'onde électromagnétique engendre un signal électrique de même fréquence.

2 On associe un condensateur de capacité C_0 avec une bobine d'inductance $L_0 = 0,781$ mH dans le circuit d'accord. Peut-on recevoir l'onde de fréquence $N_0 = 40$ kHz si $C_0 = C = 20$ nF ? Justifier la réponse.

3 Pour détecter l'enveloppe de l'onde modulée, on utilise le condensateur de capacité $C = 20$ nF et le conducteur ohmique de résistance $R = 1$ kΩ. Pour avoir une bonne détection d'enveloppe, on monte en parallèle avec le condensateur de capacité C un autre condensateur de capacité C_x. Trouver l'intervalle de valeurs de C_x sachant que la fréquence de l'information émise est $N_1 = 4$ kHz.

Figure 6 : Dispositif de réception



Physique 3

partie 1:Etude mouvement d'un solide

Un solide (S) de centre G et de masse $m = 2$ kg glisse **sans frottement** sur un plan incliné d'un angle α. Le solide (S) est soumis lors de son mouvement à une force motrice $\vec{F}$ constante.
La figure 2 représente les variations de la vitesse du centre d'inertie G de solide (S).
À $t = 0$, le solide part du point O, l'origine de l'axe $(O, \vec{i})$. Lors de son passage par le point A à l'instant $t_A = 10$ s, on élimine la force $\vec{F}$.
On donne : $g = 10$ m/s^2.

fig-1-

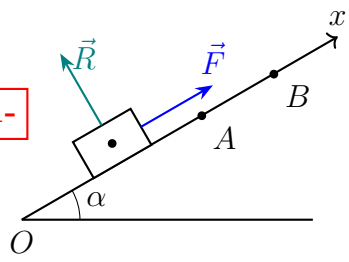
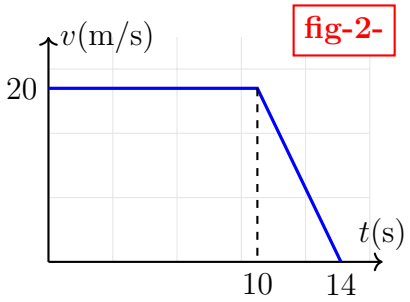


fig-2-



1/ Écrire l'équation horaire de chaque phase.

2/ Déterminer la distance parcourue par le mobile jusqu'à son arrêt au point B à la date $t_B = 14$ s.

3/ Déterminer la valeur de α.

4/ Déterminer l'intensité de la force $\vec{F}$.

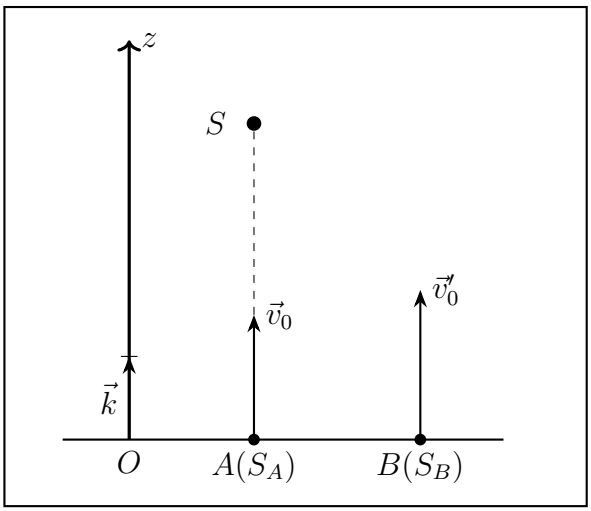
partie 2:Étude de tirs verticaux décalés dans le temps

On étudie le mouvement vertical de deux billes (S_A) et (S_B) dans un repère $(O, \vec{k})$ lié à la Terre, supposé galiléen. L'axe (Oz) est vertical et dirigé vers le haut.

1. Mouvement de la bille (S_A) :
À l'instant $t = 0$, on lance verticalement vers le haut une bille (S_A) à partir d'un point A situé au niveau du sol $(z_A = 0)$ avec une vitesse initiale $v_0 = 40$ m/s. La bille (S_A) atteint son sommet S (point le plus haut de sa trajectoire) à l'instant $t_S = 4$ s.

2. Mouvement de la bille (S_B) :
À un instant t_a $(t_a > 0)$, on lance verticalement vers le haut une seconde bille (S_B) à partir d'un point B (situé au niveau du sol) avec une vitesse initiale $v_0' = 50$ m/s.

Donnée : Les deux billes se croisent au niveau du plan horizontal passant par le sommet S de la trajectoire de (S_A).



Questions :

1- En exploitant les données du mouvement de (S_A), déterminer la valeur de l'intensité de la pesanteur g.

2- Calculer $H_{\max}$, la hauteur maximale atteinte par la bille (S_A) (altitude du point S).

3- Sachant que les billes se croisent à l'altitude du point S, déterminer la valeur de l'instant de lancement t_a de la bille (S_B).

4- Déterminer l'instant t'_S auquel la bille (S_B) atteint son propre sommet.

5- Calculer la hauteur maximale atteinte par la bille (S_B).

6- Calculer la vitesse v_z de la bille (S_B) à l'instant $t_1 = 8$ s.

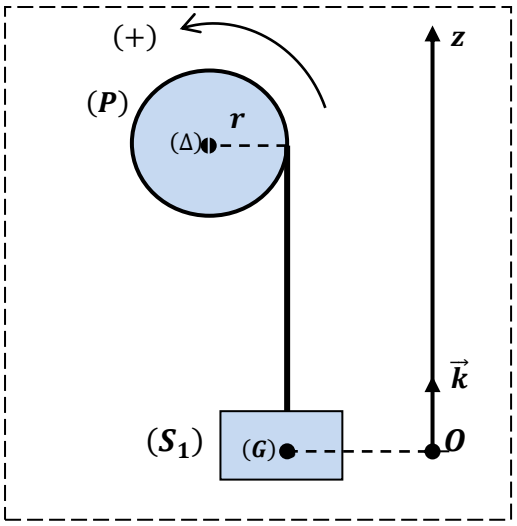
partie 3: Mouvement du rotation

Les études dynamiques et énergétiques des systèmes mécaniques dans différentes situations permettent de déterminer quelques caractéristiques liées aux propriétés du système étudié et la connaissance de son évolution temporel.

Cet exercice a pour objectif l'étude de deux situations mécaniques indépendantes. La poulie joue un rôle essentiel dans un ensemble d'appareils mécaniques et électromécaniques, parmi-elles les grues qui soulèvent des charges que l'homme ne peut soulever manuellement ou avec des moyens rudimentaires. On modélise la grue par une poulie $\boldsymbol{(P)}$ homogène de rayon $\boldsymbol{r = 20}$ cm capable de tourner autours d'un axe horizontal $\boldsymbol{(\Delta)}$ fixe confondu avec son axe de symétrie, et un corps solide $\boldsymbol{(S_1)}$ de masse $\boldsymbol{m_1 = 50}$ kg relié à la poulie $\boldsymbol{(P)}$ par un fil inextensible de masse négligeable passant par la gorge de la poulie et ne glisse pas dessus au cours du mouvement. $\boldsymbol{J_\Delta}$ représente le moment d'inertie de la poulie par rapport à l'axe de rotation $\boldsymbol{\Delta}$. La poulie $\boldsymbol{(P)}$ tourne sous l'action d'un moteur qui applique sur elle un couple moteur de moment constant $\boldsymbol{\mathcal{M} = 104,2}$ N.m, et le corps $\boldsymbol{(S_1)}$ se déplace vers le haut sans vitesse initiale. On repère la position du centre d'inertie $\boldsymbol{G_1}$ du corps $\boldsymbol{(S_1)}$ à un instant $\boldsymbol{t}$ par la cote $\boldsymbol{z}$ dans le référentiel $\boldsymbol{(O, \vec{k})}$ supposé galiléen (***Figure 1***).

1) En appliquant la deuxième loi de Newton et la relation fondamentale de la dynamique de rotation sur le système $(\text{poulie} - (\boldsymbol{S_1}) - \text{fil})$, montrer que l'expression de l'accélération $\boldsymbol{a_{G1}}$ du mouvement de $\boldsymbol{G_1}$ est :

$$a_G = \frac{\mathcal{M}.r - m.g.r^2}{m.r^2 + J_\Delta}$$



2) L'étude expérimentale du mouvement de $\boldsymbol{G_1}$ a permis d'obtenir l'équation horaire : $\boldsymbol{z = 0,2.t^2}$. Déterminer le moment d'inertie $\boldsymbol{J_\Delta}$.

3) Calculer $\boldsymbol{T}$ l'intensité de la tension du fil sur le corps $(\boldsymbol{S})$.

4) Calculer l'accélération tangentielle $\boldsymbol{a_T}$ et l'accélération normale $\boldsymbol{a_N}$ d'un point $\boldsymbol{M}$ du périmètre de la poulie à $\boldsymbol{t = 5}$ s.

5) Calculer la distance $\boldsymbol{d}$ parcourue par le corps $(\boldsymbol{S})$ si la poulie effectue $\boldsymbol{n = 20}$ tours.

On donne : $g = 10$ m.s^{-2}

Partie 1 : Chimie organique (Corrigé type - Méthode ZAHRANE)

1- Suivi temporel d'une transformation chimique.

1.1 Temps de demi-réaction $t_{1/2}$:

Définition : Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement de la réaction atteigne la moitié de sa valeur finale (ou maximale) :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

Détermination graphique : D'après l'asymptote horizontale de la courbe, l'avancement final à l'équilibre est $x_f = 0,08$ mol.

$$x(t_{1/2}) = \frac{0,08}{2} = 0,04 \text{ mol}$$

Par projection de la valeur $0,04$ mol sur la courbe puis sur l'axe des abscisses, on trouve :

$$t_{1/2} = 20 \text{ min}$$

1.2 Calcul de la vitesse volumique $v(0)$ à l'instant $t = 0$:

La vitesse volumique de réaction s'exprime par la relation :

$$v(t) = \frac{1}{V_{tot}} \frac{dx}{dt}$$

Calculons le volume initial de l'alcool (B) pour obtenir le volume total du mélange V_{tot} :

$$m_B = n_B \cdot M(B) = 0,12 \times 88,0 = 10,56 \text{ g}$$

$$V_B = \frac{m_B}{\rho(B)} = \frac{10,56}{0,810} \approx 13,04 \text{ mL}$$

Le volume total est donc :

$$V_{tot} = V_A + V_B = 11 + 13,04 = 24,04 \text{ mL} \approx 24 \times 10^{-3} \text{ L}$$

Le terme $\frac{dx}{dt}(0)$ correspond au coefficient directeur de la tangente (Δ) à l'origine. La droite passe par $(0;0)$ et le point $(20 \text{ min}; 0,08 \text{ mol})$:

$$\frac{dx}{dt}(0) = \frac{0,08 - 0}{20 - 0} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.min}^{-1}$$

On en déduit la vitesse volumique initiale :

$$v(0) = \frac{4 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-3}} \implies v(0) \approx 0,167 \text{ mol.L}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

2- Rendement de la réaction.

2.1 Équation de la réaction et nomenclature

L'acide (A) à 4 atomes de carbone est l'**acide butanoïque**.
L'alcool (B) présente un groupement $-OH$ lié à un carbone primaire et une chaîne principale à 4 atomes de carbone avec une ramification méthyle en position 3. C'est le **3-méthylbutan-1-ol**

l'équation d'estérification s'écrit :

$$\begin{array}{l} \mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-COOH} \;+\; \mathrm{CH_3-\underset{\displaystyle\mathrm{CH_3}}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-OH} \;\rightleftharpoons \\ \mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle\mathrm{CH_3}}{\underset{|}{COO}}-CH_2-CH_2-CH-CH_3} \;+\; \mathrm{H_2O} \end{array}$$

Nom officiel du composé (E) :
On applique la règle de nomenclature des esters $\mathrm{R-COO-R'}$ (Partie Acide *-oate* + de + Nom du groupe alkyle *-yle*) :
$\Longrightarrow$ **butanoate de 3-méthylbutyle**.

2.2 Quantité de matière initiale de l'acide (A) :

$$n_A = \frac{m_A}{M(A)} = \frac{\rho(A)\cdot V_A}{M(A)} = \frac{0,956\times 11}{88,0} = \frac{10,516}{88,0}$$

$$\Longrightarrow \quad n_A \approx 0,12 \text{ mol}$$

Remarque : Le mélange initial est parfaitement équimolaire ($n_A = n_B = 0,12$ mol).

2.3 Calcul de la constante d'équilibre K :

À l'équilibre, l'avancement final lu sur la courbe est $x_f = 0,08$ mol. Le bilan de matière donne :

$$n_A(f) = n_B(f) = 0,12 - 0,08 = 0,04 \text{ mol}$$

$$n_E(f) = n_{H_2O}(f) = 0,08 \text{ mol}$$

L'expression de la constante d'équilibre est :

$$K = \frac{[\mathrm{E}]_f\cdot[\mathrm{H_2O}]_f}{[\mathrm{A}]_f\cdot[\mathrm{B}]_f} = \frac{n_E(f)\cdot n_{H_2O}(f)}{n_A(f)\cdot n_B(f)} = \frac{0,08\times 0,08}{0,04\times 0,04} = \frac{0,0064}{0,0016}$$

$$\Longrightarrow \quad K = 4$$

2.4 **Mélange non équimolaire ($0,12$ mol de A et $0,24$ mol de B) :**
mettre un réactif en excès (ici l'alcool B) déplace l'équilibre vers la droite et augmente le rendement.

a- Avancement final x'_f :
La constante d'équilibre ne dépend que de la température, elle reste inchangée ($K = 4$) :

$$K = \frac{x_f'^2}{(0,12 - x'_f)(0,24 - x'_f)} = 4$$

$$x_f'^2 = 4(0,0288 - 0,36x'_f + x_f'^2) \implies 3x_f'^2 - 1,44x'_f + 0,1152 = 0$$

Le discriminant vaut $\Delta = (-1,44)^2 - 4 \times 3 \times 0,1152 = 2,0736 - 1,3824 = 0,6912 \implies \sqrt{\Delta} \approx 0,8314$.

$$x'_f = \frac{1,44 - 0,8314}{6} \implies \boxed{x'_f \approx 0,1014 \text{ mol}}$$

b- Rendement de la réaction :
Le réactif limitant est l'acide (A) avec $n_A = 0,12$ mol, d'où $x_{max} = 0,12$ mol.

$$r = \frac{x'_f}{x_{max}} = \frac{0,1014}{0,12} \approx 0,845 \implies \boxed{r = 84,5\%}$$

Conclusion : Le rendement est effectivement passé de $66,7\%$ à $84,5\%$.

3- Contrôle de l'évolution du système chimique.

3.1 **Équation de la synthèse à partir de l'anhydride butanoïque :**
D'après la page 13 et 17 du document, remplacer l'acide carboxylique par un anhydride d'acide rend la réaction **totale et rapide**. L'équation semi-développée s'écrit :

$$\begin{array}{l} \mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CO-O-CO-CH_2-CH_2-CH_3} \;+\; \mathrm{CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-OH} \longrightarrow \\ \mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-COO-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3} \;+\; \mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-COOH} \end{array}$$

3.2 **Calcul de la masse $m(E)$ obtenue :**
Déterminons les quantités initiales des réactifs introduits :

$$n_B = \frac{\rho(B) \cdot V_B}{M(B)} = \frac{0,810 \times 13}{88,0} \approx 0,12 \text{ mol}$$

$$n_{AN} = \frac{\rho(AN) \cdot V_{AN}}{M(AN)} = \frac{0,966 \times 14}{158,0} = \frac{13,524}{158,0} \approx 0,0856 \text{ mol}$$

L'anhydride butanoïque est le réactif limitant ($n_{AN} < n_B$). La réaction étant totale ($r = 100\%$), la quantité d'ester formée est strictement égale à l'avancement maximal : $n_E = n_{AN} = 0,0856$ mol.

$$m(E) = n_E \cdot M(E) = 0,0856 \times 158,0 = 13,524 \text{ g}$$

$$\Longrightarrow \quad m(E) \approx 13,5 \text{ g}$$

Partie 2 : Électrolyse (Dorure d'une pièce métallique)

1 **Nature de l'électrode pour l'assiette :**
Pour déposer une couche d'or métallique $Au_{(s)}$ sur l'assiette, les ions $Au^{3+}_{(aq)}$ doivent subir une **réduction** selon la demi-équation :

$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au_{(s)}$$

La réduction ayant toujours lieu à la **cathode** (pôle négatif relié au générateur), l'assiette doit par conséquent constituer la **cathode**.

2 **Équation bilan de l'électrolyse :**
Les couples mis en jeu sont $Au^{3+}_{(aq)}/Au_{(s)}$ et $Cl_{2(g)}/Cl^-_{(aq)}$.

— **À la cathode (réduction) :** $\mathrm{Au}^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow \mathrm{Au}_{(s)} \quad (\times 2)$

— **À l'anode (oxydation) :** $2\mathrm{Cl}^-_{(aq)} \longrightarrow \mathrm{Cl}_{2(g)} + 2e^- \quad (\times 3)$

En équilibrant le nombre d'électrons échangés ($6e^-$), l'équation bilan s'écrit :

$$2\mathrm{Au}^{3+}_{(aq)} + 6\mathrm{Cl}^-_{(aq)} \longrightarrow 2\mathrm{Au}_{(s)} + 3\mathrm{Cl}_{2(g)}$$

3 Étude quantitative de l'électrolyse :

a) Tableau d'avancement à la cathode :

Transformation modélisée par la demi-équation : $\mathrm{Au}^{3+} + 3e^- \longrightarrow \mathrm{Au}_{(s)}$

État	Avancement	$\mathbf{n(Au^{3+})}$	$\mathbf{n(e^-)}$ **échangé**	$\mathbf{n(Au)}$ **déposé**
Initial	**0**	$n_0(\mathrm{Au}^{3+})$	0	0
En cours	**x**	$n_0(\mathrm{Au}^{3+}) - x$	$3x$	x

b) Expression de la masse $m(Au)$ déposée :

La quantité d'électricité Q traversant le circuit pendant la durée Δt est :

$$Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$$

D'après le tableau d'avancement, la quantité d'électrons échangés est $n(e^-) = 3x$, et la quantité d'or déposée est $n(\mathrm{Au}) = x$. On en déduit :

$$n(e^-) = 3 \cdot n(\mathrm{Au}) = 3 \cdot \frac{m(\mathrm{Au})}{M(\mathrm{Au})}$$

En remplaçant dans l'expression de la charge électrique :

$$3 \cdot \frac{m(\mathrm{Au})}{M(\mathrm{Au})} \cdot F = I \cdot \Delta t \implies \boxed{m(\mathrm{Au}) = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(\mathrm{Au})}{3F}}$$

c) Vérification de la valeur de la masse d'or $m(Au)$:

Données : $I = 31\ \mathrm{mA} = 31 \times 10^{-3}\ \mathrm{A}$, $\Delta t = 40\ \mathrm{min} = 40 \times 60 = 2400\ \mathrm{s}$, $M(\mathrm{Au}) = 197\ \mathrm{g.mol^{-1}}$, et $F = 9,65 \times 10^4\ \mathrm{C.mol^{-1}}$.

$$m(\mathrm{Au}) = \frac{31 \times 10^{-3} \times 2400 \times 197}{3 \times 9,65 \times 10^4} = \frac{74,4 \times 197}{289500} = \frac{14656,8}{289500}$$

$$\implies \boxed{m(\mathrm{Au}) \approx 5,06 \times 10^{-2}\ \mathrm{g} \approx 5 \times 10^{-2}\ \mathrm{g}}$$

d) Calcul de l'épaisseur e de la couche d'or :

Le volume d'or déposé s'exprime par $V = S \cdot e = \frac{m(\mathrm{Au})}{\rho}$.

$$e = \frac{m(\mathrm{Au})}{\rho \cdot S}$$

Avec $S = 21,6\ \text{cm}^2$ et $\rho = 19,3\ \text{g.cm}^{-3}$:

$$e = \frac{5,06 \times 10^{-2}}{19,3 \times 21,6} = \frac{0,0506}{416,88} \approx 1,21 \times 10^{-4}\ \text{cm}$$

$$\Longrightarrow \quad e \approx 1,21\ \mu\text{m}$$

e) Calcul du volume de dichlore $V(Cl_2)$ formé :
D'après la demi-équation à l'anode ($2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$), on a la relation :

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{n(e^-)}{2} = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$$

Le volume de gaz formé est donc $V(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot V_m$:

$$V(\text{Cl}_2) = \frac{I \cdot \Delta t \cdot V_m}{2F} = \frac{31 \times 10^{-3} \times 2400 \times 25}{2 \times 9,65 \times 10^4} = \frac{1860}{193000}$$

$$\Longrightarrow \quad V(\text{Cl}_2) \approx 9,64 \times 10^{-3}\ \text{L} = 9,64\ \text{mL}$$

Physique 1 - Partie 1 : Ondes

1 Analyse dimensionnelle (Détermination de a et b) :
Les dimensions des différentes grandeurs physiques intervenant dans la formule sont :

- **Vitesse de propagation V :** $[V] = L \cdot T^{-1}$
- **Tension de la corde T (homogène à une force) :** $[T] = M \cdot L \cdot T^{-2}$
- **Masse linéique μ ($\mu = M/L$) :** $[\mu] = M \cdot L^{-1}$

On exprime la dimension du produit $T^a\mu^b$:

$$[T^a\mu^b] = [T]^a \cdot [\mu]^b = \left(M \cdot L \cdot T^{-2}\right)^a \cdot \left(M \cdot L^{-1}\right)^b = M^{a+b} \cdot L^{a-b} \cdot T^{-2a}$$

Par principe d'homogénéité, la dimension de la vitesse doit être égale à celle du terme $T^a\mu^b$, soit $[V] = [T^a\mu^b]$:

$$M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-1} = M^{a+b} \cdot L^{a-b} \cdot T^{-2a}$$

Par identification des exposants pour chaque dimension de base (M, L, et T), on obtient le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} a + b = 0 \\ a - b = 1 \\ -2a = -1 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} b = -a \\ 2a = 1 \Longrightarrow a = \frac{1}{2} \\ a = \frac{1}{2} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} a = \frac{1}{2} \\ b = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

La relation liant la vitesse, la tension et la masse linéique s'écrit donc :

$$V = T^{1/2} \cdot \mu^{-1/2} \implies \boxed{V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}}$$

2 Calcul du rapport des vitesses $\frac{v_2}{v_1}$:
La tension T de chaque corde suspendue verticalement correspond au poids du solide qu'elle supporte à son extrémité :

$$T = m_{\text{solide}} \cdot g$$

La masse linéique μ d'une corde homogène de masse M_{corde} et de longueur L s'exprime par :

$$\mu = \frac{M_{\text{corde}}}{L}$$

En remplaçant ces expressions dans la formule de la vitesse établie à la question précédente :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{m_{\text{solide}} \cdot g}{\frac{M_{\text{corde}}}{L}}} = \sqrt{\frac{m_{\text{solide}} \cdot g \cdot L}{M_{\text{corde}}}}$$

Or, la masse d'une corde cylindrique de diamètre D s'obtient à partir de sa masse volumique ρ et de son volume V_{corde} :

$$M_{\text{corde}} = \rho \cdot V_{\text{corde}} = \rho \cdot \left(\pi \cdot r^2 \cdot L\right) = \rho \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot L = \frac{\rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L}{4}$$

L'expression de la vitesse devient alors :

$$v = \sqrt{\frac{m_{\text{solide}} \cdot g \cdot L}{\frac{\rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L}{4}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot m_{\text{solide}} \cdot g}{\rho \cdot \pi \cdot D^2}}$$

Appliquons cette formule pour les deux cordes (1) et (2) :

$$v_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot m_1 \cdot g}{\rho_1 \cdot \pi \cdot D_1^2}} \quad \text{et} \quad v_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot m_2 \cdot g}{\rho_2 \cdot \pi \cdot D_2^2}}$$

Puisque les deux cordes sont constituées de la **même matière**, leurs masses volumiques sont identiques ($\rho_1 = \rho_2 = \rho$). Exprimons le rapport $\frac{v_2}{v_1}$:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot m_2 \cdot g}{\rho \cdot \pi \cdot D_2^2}}}{\sqrt{\frac{4 \cdot m_1 \cdot g}{\rho \cdot \pi \cdot D_1^2}}} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2}}$$

D'après l'énoncé, nous disposons des relations $m_2 = 0,5 \cdot m_1$ et $D_1 = 2 \cdot D_2$. Remplaçons ces termes :

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot m_1}{m_1} \cdot \frac{(2 \cdot D_2)^2}{D_2^2}} = \sqrt{0,5 \cdot \frac{4 \cdot D_2^2}{D_2^2}} = \sqrt{0,5 \times 4}$$

$$\Longrightarrow \quad \boxed{\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2}}$$

Physique 1 - Partie 2 : Nucléaire

1 Équation de désintégration du Plutonium 238 :

Le noyau de plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$ subit une désintégration de type α (émission d'un noyau d'hélium $^{4}_{2}\text{He}$). L'équation s'écrit de manière générale :

$$^{238}_{94}\text{Pu} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

D'après les lois de conservation de Soddy :

- Conservation du nombre de nucléons A : $238 = A + 4 \implies A = 234$
- Conservation du nombre de charges Z : $94 = Z + 2 \implies Z = 92$

D'après l'extrait du tableau périodique fourni, l'élément ayant un numéro atomique $Z = 92$ est l'Uranium (U). L'équation nucléaire complète s'écrit :

$$\boxed{^{238}_{94}\text{Pu} \longrightarrow {}^{234}_{92}\text{U} + {}^{4}_{2}\text{He}}$$

2 Démonstration de l'expression de $N_D(t)$:

D'après la loi de décroissance radioactive, le nombre de noyaux restants à un instant t est :

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

La conservation du nombre total de noyaux dans l'échantillon impose que le nombre initial de noyaux N_0 est la somme des noyaux restants $N(t)$ et des noyaux désintégrés $N_D(t)$:

$$N_0 = N(t) + N_D(t) \implies N_D(t) = N_0 - N(t)$$

En remplaçant $N(t)$ par son expression :

$$N_D(t) = N_0 - N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \implies \boxed{N_D(t) = N_0 \left(1 - e^{-\lambda \cdot t}\right)}$$

3 Déduction de l'expression de $\frac{dN_D}{dt}$:

Dérivons la fonction $N_D(t)$ par rapport au temps :

$$\frac{dN_D}{dt} = \frac{d}{dt}\left(N_0 - N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}\right) = 0 - N_0 \cdot (-\lambda) \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Or, nous savons que $N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N(t)$, et d'après la question précédente, $N(t) = N_0 - N_D(t)$. En substituant ce terme, on obtient :

$$\frac{dN_D}{dt} = \lambda\,(N_0 - N_D) \implies \boxed{\frac{dN_D}{dt} = -\lambda \cdot N_D + \lambda \cdot N_0}$$

4 Détermination graphique des valeurs de λ et N_0 :

La relation précédente montre que la courbe $\frac{dN_D}{dt} = f(N_D)$ est une droite affine décroissante de la forme $y = a \cdot x + b$, avec :

- Une pente (coefficient directeur) $a = -\lambda$
- Une ordonnée à l'origine $b = \lambda \cdot N_0$

Par lecture graphique sur le document :

- L'ordonnée à l'origine (pour $N_D = 0$) vaut : $\lambda \cdot N_0 = 6 \times 10^{10}$ noyaux/s
- L'abscisse à l'origine (lorsque $\frac{dN_D}{dt} = 0$) correspond à : $-\lambda \cdot N_D + \lambda \cdot N_0 = 0 \implies N_D = N_0$.
  Graphiquement, cette valeur est : $\boxed{N_0 = 2,25 \times 10^{20} \text{ noyaux}}$

Calculons la constante radioactive λ à partir de la pente de la droite :

$$-\lambda = \frac{\Delta\left(\frac{dN_D}{dt}\right)}{\Delta N_D} = \frac{0 - 6 \times 10^{10}}{2,25 \times 10^{20} - 0} \implies \lambda = \frac{6 \times 10^{10}}{2,25 \times 10^{20}}$$

$$\implies \boxed{\lambda \approx 2,67 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}}$$

5 Étude énergétique de la pile du satellite :

5.1. Énergie totale libérée E_T en joules :

Calculons d'abord l'énergie libérée par la désintégration d'un seul noyau de Plutonium 238 (E_{lib}) :

$$E_{\text{lib}} = |\Delta E| = \left|E_L\left(^{238}\text{Pu}\right) - E_L\left(^{234}\text{U}\right) - E_L\left(^{4}\text{He}\right)\right|$$

Sachant que l'énergie de liaison totale d'un noyau s'exprime par $E_L = A \cdot \xi_L$:

$$E_{\text{lib}} = |238 \times 7,56 - 234 \times 7,60 - 4 \times 7,07| = |1799,28 - 1778,4 - 28,28| = |-7,4| \text{ MeV}$$

$$\implies E_{\text{lib}} = 7,4 \text{ MeV} = 7,4 \times 1,60 \times 10^{-13} \text{ J} = 1,184 \times 10^{-12} \text{ J}$$

Le nombre total N de noyaux présents dans la masse $m = 875$ g de Plutonium 238 est :

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{875}{238} \times 6,02 \times 10^{23} \approx 2,213 \times 10^{24} \text{ noyaux}$$

L'énergie totale libérée s'en déduit par le produit :

$$E_T = N \times E_{\text{lib}} = 2,213 \times 10^{24} \times 1,184 \times 10^{-12} \implies \boxed{E_T \approx 2,62 \times 10^{12} \text{ J}}$$

5.2. Durée de fonctionnement Δt de la pile en années :
Le rendement de la pile est défini par le rapport entre l'énergie électrique fournie E_e et l'énergie nucléaire totale libérée E_T :

$$r = \frac{E_e}{E_T} = \frac{P_e \cdot \Delta t}{E_T} \implies \Delta t = \frac{r \cdot E_T}{P_e}$$

Application numérique avec $P_e = 2,15 \text{ kW} = 2,15 \times 10^3 \text{ W}$ et $r = 0,63$:

$$\Delta t = \frac{0,63 \times 2,62 \times 10^{12}}{2,15 \times 10^3} \approx 7,677 \times 10^8 \text{ s}$$

Convertissons cette durée en années (en divisant par le nombre de secondes dans une année non bissextile de 365 jours) :

$$\Delta t = \frac{7,677 \times 10^8}{365 \times 24 \times 3600} \implies \boxed{\Delta t \approx 24,3 \text{ ans}}$$

Physique 2 - Partie 1 : Étude du dipôle RC

1 Identification des équations et des solutions :

— **Charge du condensateur :** À l'instant initial $t = 0$, le condensateur est déchargé ($u_C(0) = 0$). En régime permanent ($t \to \infty$), la tension atteint la valeur de la force électromotrice du générateur ($u_C(\infty) = E$). L'équation différentielle et la solution correspondantes sont :

$$\tau \frac{du_C}{dt} + u_C = E \quad \text{et} \quad u_C(t) = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

— **Décharge du condensateur :** À l'instant initial $t = 0$, le condensateur est initialement chargé ($u_C(0) = E$). Au cours du temps, il se décharge totalement ($u_C(\infty) = 0$).
L'équation différentielle et la solution correspondantes sont :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = 0 \quad \text{et} \quad u_C(t) = E \cdot e^{-t/\tau}$$

2 Exploitation des courbes graphiques :

2-1 Étude de la Courbe (1) :

a) Démonstration de la relation :
Partons de l'équation différentielle de la charge :

$$\tau \frac{du_C}{dt} + u_C = E \implies \tau \frac{du_C}{dt} = -u_C + E$$

En divisant l'ensemble par τ, on isole la dérivée :

$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{\tau} \cdot u_C + \frac{E}{\tau}$$

Par identification avec la forme proposée $\frac{du_C}{dt} = a \cdot u_C + b$, on obtient les expressions des deux constantes :

$$a = -\tfrac{1}{\tau} \quad \text{et} \quad b = \tfrac{E}{\tau}$$

b) Détermination de l'équation de la courbe et déduction de τ et E :
La Courbe (1) est une droite affine d'équation $y = a \cdot x + b$ avec $y = \frac{du_C}{dt}$ et $x = u_C$.

— L'ordonnée à l'origine (pour $u_C = 0$) se lit directement sur l'axe vertical :

$$b = \frac{E}{\tau} = 150 \text{ V/s}$$

— L'abscisse à l'origine (lorsque $\frac{du_C}{dt} = 0$) donne la valeur maximale de la tension :

$$-\frac{1}{\tau} \cdot u_C + \frac{E}{\tau} = 0 \implies u_C = E \implies E = 250 \text{ V}$$

Connaissant E et la valeur de b, on en déduit la constante de temps τ :

$$\frac{250}{\tau} = 150 \implies \tau = \frac{250}{150} = \frac{5}{3} \text{ s} \implies \tau \approx 1,67 \text{ s}$$

Le coefficient directeur de la droite vaut par conséquent $a = -\frac{1}{\tau} = -0,6 \text{ s}^{-1}$.
L'équation numérique de la courbe est :

$$\frac{du_C}{dt} = -0,6 \cdot u_C + 150$$

2-2 Étude de la Courbe (2) :

a) Démonstration de la relation :
À partir de la solution analytique de la charge :

$$u_C(t) = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right) = E - E \cdot e^{-t/\tau} \implies E - u_C = E \cdot e^{-t/\tau}$$

En appliquant le logarithme népérien aux deux membres :

$$\ln(E - u_C) = \ln\left(E \cdot e^{-t/\tau}\right) = \ln\left(e^{-t/\tau}\right) + \ln E$$

$$\implies \ln(E - u_C) = -\tfrac{1}{\tau} \cdot t + \ln E$$

b) Déduction des valeurs de E et τ :
Le graphe $\ln(E - u_C) = f(t)$ est une droite de pente $-\frac{1}{\tau}$ et d'ordonnée à l'origine $\ln E$.

— À $t = 0$, la lecture graphique donne l'ordonnée à l'origine :

$$\ln E = 6 \implies E = e^{6} \implies \boxed{E \approx 403,4 \text{ V}}$$

— Calcul de la pente à l'aide des points $(0 \text{ s}; 6)$ et $(1,5 \text{ s}; 2)$:

$$-\frac{1}{\tau} = \frac{2-6}{1,5-0} = \frac{-4}{1,5} \implies \tau = \frac{1,5}{4} \implies \boxed{\tau = 0,375 \text{ s}}$$

2-3 Étude de la Courbe (3) :

Démonstration et détermination des paramètres pour la décharge :
La solution de la décharge s'écrit :

$$u_C(t) = E \cdot e^{-t/\tau}$$

En passant au logarithme népérien :

$$\ln u_C = \ln\left(E \cdot e^{-t/\tau}\right) \implies \boxed{\ln u_C = -\tfrac{1}{\tau} \cdot t + \ln E}$$

Graphiquement, l'axe des temps est gradué en millisecondes (ms).

— Ordonnée à l'origine à $t = 0$:

$$\ln E = 2 \implies E = e^{2} \implies \boxed{E \approx 7,39 \text{ V}}$$

— Calcul de la pente en utilisant les points $(0 \text{ ms}; 2)$ et $(5 \text{ ms}; 0,5)$:

$$-\frac{1}{\tau} = \frac{0,5-2}{(5-0)\times 10^{-3}} = \frac{-1,5}{5\times 10^{-3}} = -300 \text{ s}^{-1}$$

$$\implies \tau = \frac{1}{300} \text{ s} \implies \boxed{\tau \approx 3,33 \text{ ms}}$$

---

3 Démonstration de l'expression du temps de montée t_m :
Par définition, la valeur maximale atteinte par la tension lors de la charge est $u_{Cmax} = E$. Exprimons les instants t_1 et t_2 à partir de la solution $u_C(t) = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$:

— À l'instant t_1, la tension atteint 10% de sa valeur maximale :

$$u_C(t_1) = 0,1 \cdot E \implies E\left(1 - e^{-t_1/\tau}\right) = 0,1 \cdot E \implies 1 - e^{-t_1/\tau} = 0,1$$

$$e^{-t_1/\tau} = 0,9 \implies -\frac{t_1}{\tau} = \ln(0,9) \implies t_1 = -\tau \ln(0,9)$$

— À l'instant t_2, la tension atteint 90% de sa valeur maximale :

$$u_C(t_2) = 0,9 \cdot E \implies E\left(1 - e^{-t_2/\tau}\right) = 0,9 \cdot E \implies 1 - e^{-t_2/\tau} = 0,9$$

$$e^{-t_2/\tau} = 0,1 \implies -\frac{t_2}{\tau} = \ln(0,1) \implies t_2 = -\tau \ln(0,1)$$

Le temps de montée est défini par la différence $t_m = t_2 - t_1$:

$$t_m = -\tau \ln(0,1) - (-\tau \ln(0,9)) = \tau\,(\ln(0,9) - \ln(0,1))$$

En appliquant les propriétés des logarithmes ($\ln a - \ln b = \ln \frac{a}{b}$) :

$$t_m = \tau \ln\left(\frac{0,9}{0,1}\right) \implies \boxed{t_m = \tau \ln 9}$$

Physique 2 - Partie 2 : Étude du dipôle RL

1-1 Branchement de l'oscilloscope :
Pour visualiser simultanément la tension u_{AM} aux bornes de la bobine et la tension u_{BM} aux bornes du conducteur ohmique, on relie :

- La **masse** de l'oscilloscope au point commun **M**.
- La **voie 1** (Y_A) au point **A** (pour visualiser u_{AM}).
- La **voie 2** (Y_B) au point **B** (pour visualiser u_{BM}).

1-2 Expressions des tensions u_{AM} et u_{BM} :

- **Tension aux bornes de la bobine :** La bobine ayant une résistance interne négligeable ($r = 0$), la loi d'Ohm en convention récepteur s'écrit :

$$u_{AM} = L\frac{di}{dt} \quad (1)$$

- **Tension aux bornes du conducteur ohmique :** Sur le schéma, la flèche représentant la tension u_{BM} est orientée dans le même sens que le courant i (convention générateur). L'expression de la tension présente donc un signe négatif :

$$u_{BM} = -R \cdot i \quad (2)$$

1-3 Démonstration de la relation entre u_{AM} et u_{BM} :
À partir de l'équation (2), on exprime l'intensité du courant i :

$$i = -\frac{1}{R} \cdot u_{BM}$$

En dérivant cette expression par rapport au temps t :

$$\frac{di}{dt} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{du_{BM}}{dt}$$

On substitue ensuite ce terme dans l'équation (1) de la tension u_{AM} :

$$u_{AM} = L\left(-\frac{1}{R} \cdot \frac{du_{BM}}{dt}\right) \implies \boxed{u_{AM} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{du_{BM}}{dt}}$$

1-4 **Calcul de la valeur de l'inductance L :**
D'après la relation établie à la question précédente, on isole l'inductance L :

$$L = \frac{-R \cdot u_{AM}}{\left(\frac{du_{BM}}{dt}\right)}$$

Exploitons l'oscillogramme sur une demi-période où la tension u_{BM} est croissante, par exemple sur l'intervalle $t \in [0\text{ ms}; 2\text{ ms}]$:

— **Lecture de la tension u_{AM} :** Sur cet intervalle, u_{AM} est constante et négative. Sachant que la sensibilité verticale est $S_V = 0,5$ V/div :

$$u_{AM} = -1 \text{ div} \times 0,5 \text{ V/div} = -0,5 \text{ V}$$

— **Calcul de la dérivée $\frac{du_{BM}}{dt}$ (pente de la droite) :** Sachant que le balayage horizontal est $S_H = 1$ ms/div :

$$\frac{du_{BM}}{dt} = \frac{\Delta u_{BM}}{\Delta t} = \frac{U_{BM}(\text{finale}) - U_{BM}(\text{initiale})}{t_{\text{final}} - t_{\text{initial}}}$$

La tension u_{BM} varie de -2 div à $+2$ div sur une durée de 2 div :

$$\frac{du_{BM}}{dt} = \frac{[2-(-2)] \times 0,5}{(2-0) \times 10^{-3}} = \frac{4 \times 0,5}{2 \times 10^{-3}} = \frac{2}{2 \times 10^{-3}} = 10^3 \text{ V/s}$$

On remplace ces valeurs numériques dans l'expression de L avec $R = 100\ \Omega$:

$$L = \frac{-100 \times (-0,5)}{10^3} = \frac{50}{1000} \implies \boxed{L = 0,05 \text{ H} = 50 \text{ mH}}$$

1-5 **Calcul de l'énergie magnétique maximale E_m emmagasinée :**
L'énergie magnétique emmagasinée dans une bobine s'exprime par :

$$E_m = \frac{1}{2} L \cdot i^2 \implies E_{m_{max}} = \frac{1}{2} L \cdot I_{max}^2$$

Sachant que l'intensité du courant est liée à la tension par la relation $i = -\frac{u_{BM}}{R}$, sa valeur maximale est :

$$I_{max} = \frac{U_{BM_{max}}}{R}$$

D'après l'oscillogramme, l'amplitude maximale de la tension u_{BM} est $U_{BM_{max}} = 2 \text{ div} \times 0,5 \text{ V/div} = 1 \text{ V}$.

$$I_{max} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ A}$$

On en déduit la valeur maximale de l'énergie magnétique :

$$E_{m_{max}} = \frac{1}{2} \times 0,05 \times \left(10^{-2}\right)^2 = 0,025 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$\implies \boxed{E_{m_{max}} = 2,5 \times 10^{-6} \text{ J} = 2,5\ \mu\text{J}}$$

Physique 2 - Partie 3 : Étude du dipôle LC

1 Tensions U_1 et U_2 à la charge totale des condensateurs :

Lorsque l'interrupteur (K) est basculé en position (1), les deux condensateurs C_1 et C_2, initialement déchargés, se chargent en **série** sous la tension du générateur $E = 12$ V.

— La loi des mailles en fin de charge (régime permanent) s'écrit :

$$U_1 + U_2 = E$$

— Puisque les condensateurs sont en série et initialement non chargés, ils portent à chaque instant la même charge électrique Q :

$$Q_1 = Q_2 = Q \implies C_1 \cdot U_1 = C_2 \cdot U_2$$

D'après l'énoncé, on a la relation $C_1 = 3C_2$. En remplaçant dans l'égalité des charges :

$$3C_2 \cdot U_1 = C_2 \cdot U_2 \implies U_2 = 3U_1$$

Substituons cette expression dans la loi des mailles :

$$U_1 + 3U_1 = 12 \implies 4U_1 = 12 \implies \boxed{U_1 = 3 \text{ V}}$$

On en déduit immédiatement la tension aux bornes de C_2 :

$$U_2 = 3 \times 3 \implies \boxed{U_2 = 9 \text{ V}}$$

2 Bascule en position (2) - Oscillations libres :

2-1 Équation différentielle vérifiée par $u_{C_{eq}}$:

L'association en série des deux condensateurs correspond à un condensateur équivalent de capacité C_{eq}. En appliquant la loi des mailles au circuit fermé $L - C_{eq}$:

$$u_L + u_{C_{eq}} = 0$$

La bobine étant idéale (résistance interne nulle, $r = 0$), la tension à ses bornes est $u_L = L\frac{di}{dt}$.
En convention récepteur, l'intensité du courant s'exprime par :

$$i = \frac{dq}{dt} = C_{eq}\frac{du_{C_{eq}}}{dt} \implies \frac{di}{dt} = C_{eq}\frac{d^2u_{C_{eq}}}{dt^2}$$

En remplaçant dans la loi des mailles, on obtient :

$$LC_{eq}\frac{d^2u_{C_{eq}}}{dt^2} + u_{C_{eq}} = 0 \implies \boxed{\frac{d^2u_{C_{eq}}}{dt^2} + \frac{1}{LC_{eq}}u_{C_{eq}} = 0}$$

2-2 Équation différentielle vérifiée par u_1 :
Exprimons d'abord la capacité équivalente C_{eq} en fonction de C_1 :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1} + \frac{3}{C_1} = \frac{4}{C_1} \implies C_{eq} = \frac{C_1}{4}$$

À tout instant t, les condensateurs étant en série, la relation entre les tensions reste valable :

$$u_2(t) = 3u_1(t) \implies u_{C_{eq}}(t) = u_1(t) + u_2(t) = 4u_1(t)$$

En remplaçant $u_{C_{eq}} = 4u_1$ et $C_{eq} = \frac{C_1}{4}$ dans l'équation différentielle précédente :

$$L \cdot \left(\frac{C_1}{4}\right) \cdot \frac{d^2(4u_1)}{dt^2} + 4u_1 = 0 \implies LC_1\frac{d^2u_1}{dt^2} + 4u_1 = 0$$

En divisant par LC_1, l'équation différentielle finale s'écrit :

$$\frac{d^2u_1}{dt^2} + \frac{4}{LC_1}u_1 = 0$$

Physique 2 - Partie 4 : Réception d'une onde

1 Proposition correcte :
La seule affirmation exacte parmi les choix proposés est :
"Dans une antenne réceptrice, l'onde électromagnétique engendre un signal électrique de même fréquence."

2 Réception de l'onde de fréquence $N_0 = 40$ kHz :
Pour que le circuit d'accord (Partie 1) capte l'onde, sa fréquence propre de résonance N doit être égale à la fréquence de l'onde N_0. Calculons la fréquence propre N avec $L_0 = 0,781$ mH et $C_0 = 20$ nF (en prenant $\pi^2 \approx 10$) :

$$N = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 \cdot C_0}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 \cdot L_0 \cdot C_0}}$$

$$N = \frac{1}{\sqrt{4 \times 10 \times 0,781 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{\sqrt{624,8 \times 10^{-12}}} = \frac{10^6}{\sqrt{624,8}}$$

$$\implies N \approx 40006 \text{ Hz} \approx 40 \text{ kHz}$$

Puisque $N \approx N_0 = 40$ kHz, le circuit est parfaitement accordé. **Oui**, on peut recevoir cette onde.

3 Intervalle de valeurs de la capacité C_x :
Pour obtenir une bonne détection d'enveloppe (éviter à la fois la décharge trop

rapide et la coupure de crête), la constante de temps $\tau = R \cdot C_{eq}$ du circuit parallèle doit vérifier la double condition :

$$T_0 \ll \tau < T_1 \implies \frac{1}{N_0} \ll R(C + C_x) < \frac{1}{N_1}$$

Calculons les bornes de la capacité équivalente totale $C_{eq} = C + C_x$ avec $R = 1\ \text{k}\Omega = 10^3\ \Omega$:

— **Borne inférieure (période de la porteuse T_0) :**

$$C_{eq,min} = \frac{1}{R \cdot N_0} = \frac{1}{10^3 \times 40 \times 10^3} = 2,5 \times 10^{-8}\ \text{F} = 25\ \text{nF}$$

— **Borne supérieure (période du signal modulant T_1) :**

$$C_{eq,max} = \frac{1}{R \cdot N_1} = \frac{1}{10^3 \times 4 \times 10^3} = 2,5 \times 10^{-4}\ \text{F} = 250\ \text{nF}$$

La capacité totale doit donc se situer dans l'intervalle :

$$25\ \text{nF} \ll C + C_x < 250\ \text{nF}$$

Sachant que $C = 20$ nF, on retranche cette valeur pour isoler C_x :

$$25 - 20 \ll C_x < 250 - 20$$

$$\implies \boxed{5\ \text{nF} \ll C_x < 230\ \text{nF}}$$

Physique 3 - Partie 1 : Étude du mouvement d'un solide

1 Équation différentielle du mouvement :

Le système étudié est le solide (S) de masse $m = 2$ kg[cite : 235]. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, il est soumis à trois forces[cite : 235, 236] :

— Son poids : $\vec{P}$
— La réaction normale du plan (sans frottement) : $\vec{R}$
— La force motrice constante : $\vec{F}$

D'après la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F} = m\vec{a} \implies \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}$.
En projetant cette relation sur l'axe (Ox) parallèle au plan et dirigé vers le haut :

$$F - P_x = m \cdot a \implies F - mg\sin\alpha = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

L'équation différentielle du mouvement s'écrit donc :

$$\boxed{\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m} - g\sin\alpha}$$

2 Distance parcourue AB jusqu'à l'arrêt :
Le solide passe par le point A à $t_A = 10$ s et s'arrête au point B à $t_B = 14$ s[cite : 239, 253]. La distance AB correspond à l'aire sous la courbe $v = f(t)$ entre ces deux instants (triangle) :

$$AB = \text{Aire} = \frac{(t_B - t_A) \times v_A}{2}$$

D'après la figure 2, $v_A = 20$ m/s[cite : 249] :

$$AB = \frac{(14 - 10) \times 20}{2} = \frac{4 \times 20}{2} \implies \boxed{AB = 40 \text{ m}}$$

3 Valeur de l'angle α du plan incliné :
Entre $t_A = 10$ s et $t_B = 14$ s, la force F est supprimée ($F = 0$)[cite : 239]. L'accélération a_2 est constante (pente de la droite) :

$$a_2 = \frac{0 - 20}{14 - 10} = -5 \text{ m/s}^2$$

L'équation différentielle devient : $a_2 = -g \sin \alpha$.

$$-5 = -10 \sin \alpha \implies \sin \alpha = 0,5$$

$$\implies \boxed{\alpha = 30°}$$

4 Intensité de la force motrice F :
D'après la figure 2, entre $t = 0$ et $t = 10$ s, la vitesse est constante ($v = 20$ m/s), donc l'accélération est nulle : $a_1 = 0$[cite : 249, 250]. L'équation de la question 1 devient :

$$\frac{F}{m} - g \sin \alpha = 0 \implies F = m \cdot g \sin \alpha$$

En utilisant $m = 2$ kg, $g = 10$ m/s^2 [cite : 240] et $\sin \alpha = 0,5$:

$$F = 2 \times 10 \times 0,5 \implies \boxed{F = 10 \text{ N}}$$

Physique 3 - Partie 2 : Tirs verticaux décalés dans le temps

1 Intensité de la pesanteur g :
La bille (S_A) est lancée verticalement vers le haut à $t = 0$ depuis l'origine $z_A(0) = 0$ avec une vitesse initiale $v_0 = 40$ m/s. Dans le repère $(O, \vec{k})$ dirigé vers le haut, l'accélération est $a_z = -g$.

Les équations horaires de la vitesse et de la position s'écrivent :

$$v_{Az}(t) = -g \cdot t + v_0$$

$$z_A(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot t$$

La bille atteint son sommet S à l'instant $t_S = 4$ s. Au sommet de la trajectoire, la vitesse s'annule ($v_{Az}(t_S) = 0$) :

$$-g \cdot t_S + v_0 = 0 \implies g = \frac{v_0}{t_S} = \frac{40}{4}$$

$$\implies \boxed{g = 10 \text{ m/s}^2}$$

2 Hauteur maximale H_{max} atteinte par la bille (S_A) :
L'altitude du sommet S correspond à la position z_A à l'instant $t_S = 4$ s :

$$H_{max} = z_A(t_S) = -\frac{1}{2} \times 10 \times 4^2 + 40 \times 4 = -5 \times 16 + 160 = -80 + 160$$

$$\implies \boxed{H_{max} = 80 \text{ m}}$$

3 Instant de lancement t_a de la bille (S_B) :
La bille (S_B) est lancée depuis le sol ($z_B = 0$) à l'instant $t_a > 0$ avec une vitesse initiale $v_0' = 50$ m/s. Pour $t \geq t_a$, l'équation horaire de sa position est :

$$z_B(t) = -\frac{1}{2} g (t - t_a)^2 + v_0'(t - t_a) = -5(t - t_a)^2 + 50(t - t_a)$$

D'après l'énoncé, les deux billes se croisent au niveau du plan horizontal passant par le sommet S de la trajectoire de (S_A), c'est-à-dire à l'altitude $z = 80$ m. Puisque S est le point culminant de (S_A), la bille (S_A) ne passe par cette altitude qu'à l'unique instant $t_S = 4$ s. Le croisement a donc nécessairement lieu à cet instant précis ($t = 4$ s), ce qui impose $z_B(4) = 80$ m :

$$-5(4 - t_a)^2 + 50(4 - t_a) = 80$$

En posant $\Delta t = 4 - t_a$ (la durée de mouvement de la bille S_B) et en divisant par 5 :

$$-\Delta t^2 + 10\Delta t = 16 \implies \Delta t^2 - 10\Delta t + 16 = 0$$

Le discriminant réduit vaut $\Delta' = (-5)^2 - 16 = 9 \implies \sqrt{\Delta'} = 3$. Les solutions sont :

$$\Delta t_1 = 5 - 3 = 2 \text{ s} \quad \text{et} \quad \Delta t_2 = 5 + 3 = 8 \text{ s}$$

- Si $\Delta t = 2$ s, alors $4 - t_a = 2 \implies t_a = 2$ s.
- Si $\Delta t = 8$ s, alors $4 - t_a = 8 \implies t_a = -4$ s (valeur rejetée car $t_a > 0$).

L'instant de lancement de la seconde bille est donc :

$$t_a = 2 \text{ s}$$

4 Instant t'_S auquel la bille (S_B) atteint son propre sommet :
L'équation de la vitesse de la bille (S_B) s'écrit :

$$v_{Bz}(t) = -g(t - t_a) + v'_0 = -10(t - 2) + 50$$

Au sommet de sa trajectoire, sa vitesse s'annule $(v_{Bz}(t'_S) = 0)$:

$$-10(t'_S - 2) + 50 = 0 \implies 10(t'_S - 2) = 50 \implies t'_S - 2 = 5$$

$$\implies t'_S = 7 \text{ s}$$

5 Hauteur maximale atteinte par la bille (S_B) :
Cette hauteur correspond à la position z_B à l'instant $t'_S = 7$ s :

$$H'_{max} = z_B(7) = -5(7 - 2)^2 + 50(7 - 2) = -5 \times 5^2 + 50 \times 5 = -125 + 250$$

$$\implies H'_{max} = 125 \text{ m}$$

6 Vitesse v_z de la bille (S_B) à l'instant $t_1 = 8$ s :
En remplaçant $t = 8$ s dans l'expression de la vitesse $v_{Bz}(t)$:

$$v_{Bz}(8) = -10(8 - 2) + 50 = -10 \times 6 + 50 = -60 + 50$$

$$\implies v_{Bz}(8) = -10 \text{ m/s}$$

Le signe négatif confirme qu'à cet instant, la bille (S_B) a dépassé son sommet et se trouve en phase de descente.

Physique 3 - Partie 3 : Mouvement de rotation

1 Démonstration de l'expression de l'accélération a_{G1} :
Le système global est constitué de deux sous-systèmes liés par un fil inextensible et de masse négligeable.

— **Étude du corps solide (S_1) :**
Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le corps (S_1) en translation verticale vers le haut est soumis à deux forces :
— Son poids : $\vec{P}_1 = -m_1 g\vec{k}$
— La tension exercée par le fil : $\vec{T}_1 = T_1\vec{k}$
En appliquant la deuxième loi de Newton $(\sum \vec{F} = m_1\vec{a}_{G1})$ et en projetant

sur l'axe vertical orienté vers le haut :

$$T_1 - m_1 g = m_1 a_{G1} \implies T_1 = m_1(g + a_{G1})$$

— **Étude de la poulie (P) :**
La poulie est en mouvement de rotation autour de son axe horizontal fixe (Δ). Elle est soumise à :
— L'action de son axe de rotation (réaction et poids, dont les moments par rapport à (Δ) sont nuls).
— Le couple moteur constant favorisant la rotation dans le sens positif $(+)$: $\mathcal{M} > 0$.
— La tension du fil $\vec{T}_1'$ qui s'oppose à la rotation, créant un moment résistant : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_1') = -T_1' \cdot r$.
En appliquant la relation fondamentale de la dynamique de rotation (RFD) :

$$\sum \mathcal{M}_\Delta = J_\Delta \cdot \ddot{\theta} \implies \mathcal{M} - T_1' \cdot r = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$$

— **Mise en relation (absence de glissement) :**
Le fil étant idéal (masse négligeable et inextensible), la tension conserve la même intensité : $T_1' = T_1$.
De plus, l'absence de glissement du fil sur la gorge de la poulie impose la relation cinématique :

$$a_{G1} = r \cdot \ddot{\theta} \implies \ddot{\theta} = \frac{a_{G1}}{r}$$

Substituons les expressions de T_1' et de $\ddot{\theta}$ dans l'équation de la poulie :

$$\mathcal{M} - m_1(g + a_{G1}) \cdot r = J_\Delta \cdot \frac{a_{G1}}{r}$$

Développons et multiplions l'ensemble par le rayon r :

$$\mathcal{M} \cdot r - m_1 g r^2 - m_1 r^2 a_{G1} = J_\Delta a_{G1}$$

En regroupant les termes liés à l'accélération a_{G1} :

$$\mathcal{M} \cdot r - m_1 g r^2 = (m_1 r^2 + J_\Delta) a_{G1}$$

On obtient finalement l'expression recherchée :

$$a_{G1} = \frac{\mathcal{M} \cdot r - m_1 g r^2}{m_1 r^2 + J_\Delta}$$

2 Détermination du moment d'inertie J_Δ :
L'équation horaire expérimentale est $z(t) = 0,2t^2$. Par identification avec l'expression théorique de la position d'un mouvement uniformément accéléré sans vitesse initiale ($z(t) = \frac{1}{2} a_{G1} t^2$), on en déduit la valeur de l'accélération :

$$\frac{1}{2} a_{G1} = 0,2 \implies a_{G1} = 0,4 \text{ m/s}^2$$

À partir de la formule établie à la question 1, isolons le moment d'inertie J_Δ :

$$m_1 r^2 + J_\Delta = \frac{\mathcal{M} \cdot r - m_1 g r^2}{a_{G1}} \implies J_\Delta = \frac{\mathcal{M} \cdot r - m_1 g r^2}{a_{G1}} - m_1 r^2$$

Application numérique avec $m_1 = 50$ kg, $r = 20$ cm $= 0,2$ m, $g = 10$ m/s^2 et $\mathcal{M} = 104,2$ N.m :

$$J_\Delta = \frac{104,2 \times 0,2 - 50 \times 10 \times (0,2)^2}{0,4} - 50 \times (0,2)^2$$

$$J_\Delta = \frac{20,84 - 20}{0,4} - 2 = \frac{0,84}{0,4} - 2 = 2,1 - 2$$

$$\implies \boxed{J_\Delta = 0,1 \text{ kg.m}^2}$$

3 Calcul de l'intensité de la tension du fil T :
En utilisant l'expression issue de la deuxième loi de Newton sur le corps (S_1) :

$$T = m_1(g + a_{G1})$$

$$T = 50 \times (10 + 0,4) = 50 \times 10,4$$

$$\implies \boxed{T = 520 \text{ N}}$$

4 Calcul des accélérations tangentielle a_T et normale a_N à $t = 5$ s :
Pour un point M situé sur le périmètre de la poulie à la distance r de l'axe de rotation :

— **Accélération tangentielle a_T :**
Puisque le fil ne glisse pas, l'accélération tangentielle d'un point de la périphérie est strictement égale à l'accélération linéaire du fil (et du solide) :

$$a_T = r \cdot \ddot{\theta} = a_{G1} \implies \boxed{a_T = 0,4 \text{ m/s}^2}$$

— **Accélération normale a_N :**
L'accélération normale s'exprime par $a_N = \frac{v^2}{r}$.
Calculons d'abord la vitesse linéaire acquise par le fil à l'instant $t = 5$ s :

$$v(5) = a_{G1} \cdot t = 0,4 \times 5 = 2 \text{ m/s}$$

On en déduit l'accélération normale :

$$a_N = \frac{v(5)^2}{r} = \frac{2^2}{0,2} = \frac{4}{0,2} \implies \boxed{a_N = 20 \text{ m/s}^2}$$

5 **Calcul de la distance d parcourue pour $n = 20$ tours :**
La distance linéaire d parcourue par le fil en l'absence de glissement correspond à l'arc de cercle décrit par la poulie :

$$d = r \cdot \Delta\theta$$

Pour effectuer $n = 20$ tours complets, l'angle total de rotation en radians est :

$$\Delta\theta = n \times 2\pi = 20 \times 2\pi = 40\pi \text{ rad}$$

La distance parcourue par le corps (S_1) s'en déduit :

$$d = 0,2 \times 40\pi = 8\pi \text{ m}$$

$$\Longrightarrow \quad d \approx 25,13 \text{ m}$$

Examen du Baccalauréat Blanc – Session 2026

Matière : Sciences Physiques // Filières SM : **Zahrane**

Chimie

Partie 1:

L'iode est un oligo-élément essentiel dans l'alimentation humaine, utilisé par la glande thyroïde pour produire les hormones qui régulent le métabolisme du corps. Lors d'un accident nucléaire, la glande thyroïde est particulièrement exposée au danger car elle ne fait pas la différence entre l'iode stable (non radioactif) et l'iode 131 radioactif, ce qui augmente son absorption et accroit le risque de cancer de la thyroïde.

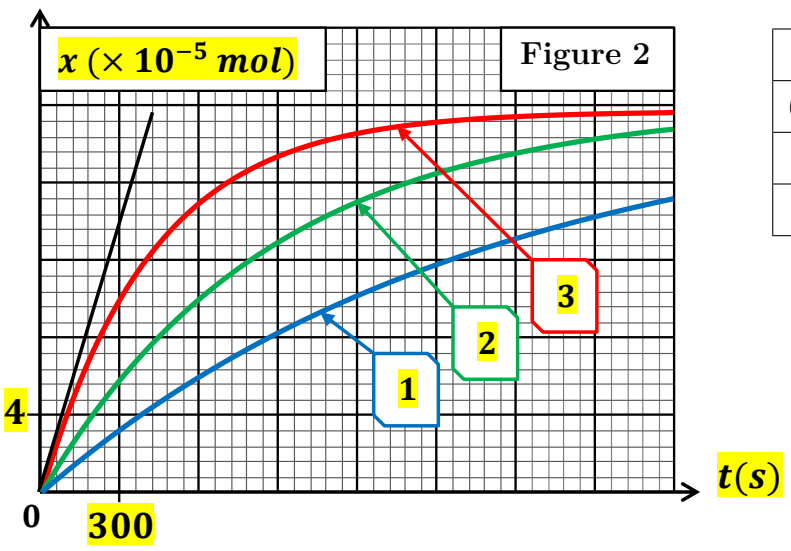
Pour la protéger des rayonnements, on procède à sa saturation par de l'iode stable. Cette mesure préventive, appelée **blocage thyroïdien par l'iode (ITB)**, consiste à administrer des comprimés d'iodure de potassium (**Figure 1**). Ainsi saturée, la glande thyroïde n'absorbera ni ne stockera l'iode radioactif.

On dissout un comprimé de la boîte (**Figure 1**) dans un volume $V_1 = 100$ mL d'eau distillée pour obtenir une solution aqueuse d'iodure de potassium $(K^+ + I^-)_{aq}$ de concentration molaire C_1.

À l'instant $t = 0$, on mélange un volume $V_2 = 100$ mL d'une solution aqueuse d'eau oxygénée $(H_2O_2)_{aq}$ de concentration molaire C_2 avec la solution d'iodure de potassium préparée précédemment, en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{aq}$. La réaction totale qui se produit est modélisée par l'équation chimique suivante :

$$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

On réalise trois expériences en modifiant certaines conditions initiales précisées dans le tableau ci-dessous. Le suivi temporel a permis de tracer les courbes (1), (2) et (3) de la **Figure 2**, représentant l'évolution de l'avancement x de la réaction en fonction du temps t, mettant en évidence l'influence des facteurs cinétiques.



(3)	(2)	(1)	Expérience
0,05	0,01	0,1	C_2 (mol/L)
20	20	25	θ (°C)
oui	non	oui	Catalyseur

1. Écrire les deux demi-équations électroniques d'oxydoréduction.

2. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

3. Citer les facteurs cinétiques mis en évidence dans les différentes expériences et préciser leur effet sur la vitesse volumique de la réaction.

4. Associer, en justifiant votre réponse, chaque courbe à l'expérience correspondante.

5. En exploitant la courbe (3), déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final x_{max} et en déduire le réactif limitant de cette expérience.

6. Calculer la concentration molaire C_1 de la solution d'iodure de potassium.

7. En déduire la masse d'iodure de potassium dissoute dans la solution, puis vérifier l'indication portée sur l'étiquette de la boîte.

8. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et déterminer graphiquement sa valeur pour l'expérience (3).

9. Écrire l'expression de la vitesse volumique de disparition de l'espèce chimique I^-, puis calculer sa valeur maximale au cours du temps.

Données :

- Masse molaire moléculaire de l'iodure de potassium : $\boldsymbol{M(\mathrm{KI}) = 166}$ g · mol^{-1}

II - Réaction d'hydrolyse d'un ester :

L'ester 2-méthylpropanoate d'éthyle, de formule semi-développée représentée sur la **Figure 1**, possède une odeur caractéristique de fraise. L'hydrolyse de cet ester, que l'on notera E, produit un acide et un alcool. On réalise deux mélanges équimolaires d'ester E et d'eau. Le volume de chaque mélange est V_0.

Les courbes (1) et (2) de la **Figure 2** représentent l'évolution de la quantité de matière de l'ester E au cours du temps à une même température constante θ. L'une de ces deux courbes a été obtenue en réalisant l'hydrolyse sans ajout de catalyseur.

1. Écrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation de la réaction modélisant la transformation qui se produit.

2. Calculer le rendement r de cette réaction d'hydrolyse.

3. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K.

4. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction dans le cas de la transformation modélisée par la courbe (1).

5. Identifier, en justifiant votre réponse, la courbe correspondant à la réaction réalisée sans catalyseur.

6. En exploitant la courbe (2), calculer la vitesse volumique de la réaction à l'instant $\boldsymbol{t_1 = 5}$ min, sachant que le volume du mélange est $\boldsymbol{V_0 = 71}$ mL.

Figure 1

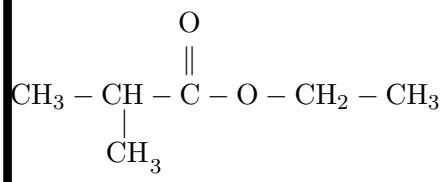
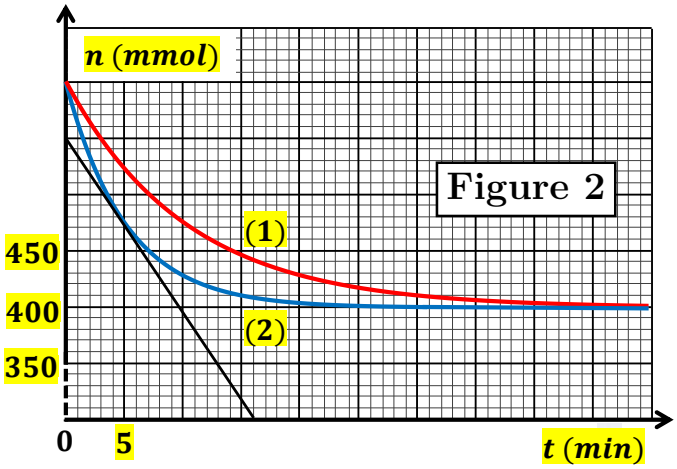


Figure 2



Partie 2 :L'Électrode Normale Hydrogène

La pile dite Électrode Normale (Standard) à Hydrogène est constituée de deux compartiments :

- **Compartiment 1 :** Contient une plaque de cuivre immergée dans une solution d'ions cuivre II (Cu^{2+}/Cu).
- **Compartiment 2 :** Est constituée d'une plaque en platine Pt (électrode standard à hydrogène) (H^+/H_2). Le volume de la solution du deuxième compartiment est $\boldsymbol{V = 100}$ cm^3.

1) On relie les électrodes de la pile à un voltmètre de très haute résistance, celui-ci indique la valeur $0,5$ V. Que représente $0,5$ V pour la pile ? La pile fonctionne-t-elle ?

2) On remplace le voltmètre par un conducteur ohmique de résistance R, la pile débite un courant électrique d'intensité constante $I = 200$ mA. À l'instant $t_1 = 2,5$ h de fonctionnement, la masse de l'électrode en cuivre varie d'une masse $m_1 = 600$ mg.

1-1 Écrire les demi-équations des réactions qui se produisent au niveau de chaque électrode et déduire l'équation globale.

2-1 Préciser en justifiant votre réponse la polarité de la pile puis donner son schéma conventionnel.

3) À l'instant $t_2 = 5$ h de fonctionnement de la pile, la masse de la plaque de cuivre varie d'une valeur m_2.

1-3 Déterminer l'expression de m_2 en fonction de m_1, t_1 et t_2. Calculer la valeur de m_2.

2-3 Déterminer la valeur de l'avancement de la réaction x_2 à l'instant t_2.

3-3 Déterminer la quantité de matière d'électrons échangés entre les électrodes à la date t_2, déduire une valeur approximative de la constante de Faraday.

4-3 Déterminer le volume d'hydrogène gazeux épuisé à l'instant t_2.

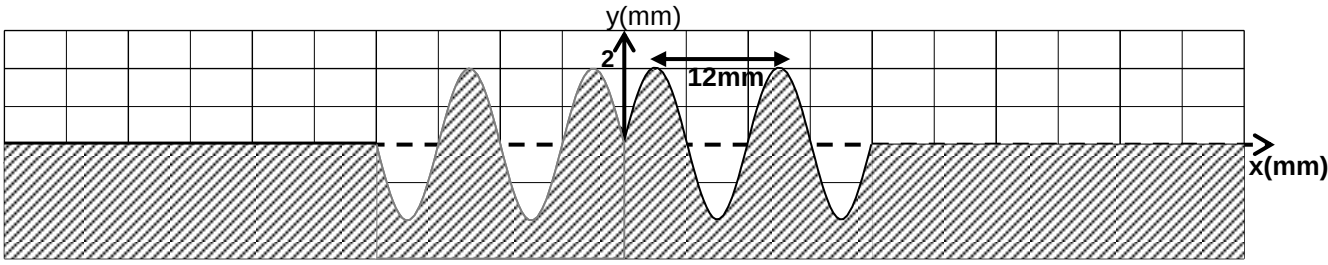
5-3 Calculer la variation de la concentration des ions hydrogène à la date t_2.

Données :

- Masse molaire de cuivre : $\boldsymbol{M}(Cu) = \mathbf{63,5}$ $g \cdot mol^{-1}$
- Volume molaire de gaz : $\boldsymbol{V_m} = \mathbf{24}$ $L \cdot mol^{-1}$

Physique 1 : Ondes Mécaniques à la surface de l'eau

Une source ponctuelle S produit en un point de la surface libre de l'eau d'une cuve à onde des oscillations sinusoïdales verticales d'amplitude a et de fréquence N. La célérité de l'onde est $v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La source S débute son mouvement à $t = 0$ s. Une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S à l'instant t_F est représentée par la figure ci-dessous :



1. En exploitant la courbe, les valeurs de la longueur d'onde λ, la fréquence N et la date t_F sont :

Choisir la (les) réponse(s)

A	$\lambda = 12$ mm ; $N = 33,34$ Hz et $t_F = 6 \cdot 10^{-2}$ s
B	$\lambda = 24$ mm ; $N = 16,67$ Hz et $t_F = 6 \cdot 10^{-2}$ s
C	$\lambda = 12$ mm ; $N = 50$ Hz et $t_F = 5 \cdot 10^{-2}$ s
D	$\lambda = 6$ mm ; $N = 66,67$ Hz et $t_F = 3 \cdot 10^{-2}$ s

2. L'équation horaire du mouvement de la source S (pour $t \geq 0$) est :

Choisir la (les) réponse(s)

A	$y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3} t\right)$ (m)
B	$y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3} t + \pi\right)$ (m)
C	$y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{100\pi}{3} t + \frac{\pi}{2}\right)$ (m)
D	$y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3} t - \frac{\pi}{2}\right)$ (m)

3. À l'instant t_F, les positions des points de la surface du liquide vibrant en opposition de phase avec la source S forment des cercles de rayons respectifs :

Choisir la (les) réponse(s)

A	12 mm et 24 mm	**B**	6 mm et 18 mm
C	8 mm et 20 mm	**D**	3 mm et 15 mm

4. Soit un point M_1 de la surface de l'eau se trouvant à une distance $x_1 = 45$ mm de S. L'équation du mouvement du point M_1 (pour $t \geq 3,75T$) est :

Choisir la (les) réponse(s)

A	$y_{M_1}(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3}t - \frac{\pi}{2}\right)$ (m)
B	$y_{M_1}(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3}t + \pi\right)$ (m)
C	$y_{M_1}(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3}t - \pi\right)$ (m)
D	$y_{M_1}(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3}t\right)$ (m)

5. La valeur algébrique de la vitesse du point M_1 aux instants $t_1 = 6 \cdot 10^{-2}$ s et $t_2 = 15,75 \cdot 10^{-2}$ s est respectivement de :

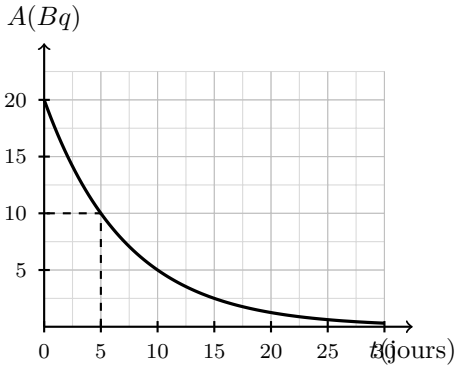
Choisir la (les) réponse(s)

A	$v(t_1) = \frac{0,4\pi}{3}$ m $\cdot$ s^{-1} et $v(t_2) = 0$ m $\cdot$ s^{-1}
B	$v(t_1) = 0$ m $\cdot$ s^{-1} et $v(t_2) = -\frac{0,4\pi}{3}$ m $\cdot$ s^{-1}
C	$v(t_1) = 0$ m $\cdot$ s^{-1} et $v(t_2) = \frac{0,4\pi}{3}$ m $\cdot$ s^{-1}
D	$v(t_1) = 0,4$ m $\cdot$ s^{-1} et $v(t_2) = 0,4$ m $\cdot$ s^{-1}

Physique 2 : Transformations Nucléaires

Le 1er, le 11, le 21 et le 31 mai 2020, Samir consomme à midi, une même quantité d'un aliment contenant un élément radioactif X dont l'évolution de l'activité A en fonction du temps est donnée ci-dessous.
On suppose que l'élément se fixe dans l'organisme. Le jour de sa consommation, l'activité de cet élément est de 20 Bq.
On donne $\ln(2) = 0,7$.

Q1. Le 6 mai vers midi, l'organisme de Samir contient des noyaux radioactifs à l'ordre de :



A	10^5	**B**	10^6	**C**	10^7	**D**	10^8

Q2. Le 6 mai 2020, le nombre de désintégrations est :

A	20	**B**	10	**C**	5	**D**	0

Q3. Le 16 mai 2020 à midi, l'activité est :

A	22,5 Bq	**B**	12,5 Bq	**C**	6,75 Bq	**D**	2,5 Bq

Q4. Le 26 mai 2020 à midi, l'activité est :

A	0,625 Bq	**B**	10 Bq	**C**	13,1 Bq	**D**	16,2 Bq

Q5. L'activité de l'élément X dans l'organisme de Samir le 31 mai 2020 juste après 12h est voisine de celle :

A	du 21 mai 2020 juste après 12h.
B	du 11 mai 2020 juste après 12h.
C	du 1er mai 2020 juste après 12h.
D	Autre réponse.

Physique 3 : Électricité

Partie 1 : Étude d'un défibrillateur cardiaque implantable (DAI)

Le **défibrillateur automatique implantable (ICD)** est un appareil médical implanté dans le thorax du patient. Il est utilisé pour interrompre un trouble grave du rythme cardiaque appelé **fibrillation ventriculaire**. Il s'agit d'une anomalie où les signaux électriques du cœur deviennent anarchiques, faisant perdre au muscle cardiaque sa capacité à pomper le sang efficacement vers les autres organes du corps, ce qui peut entraîner des lésions cérébrales irréversibles ou un arrêt cardiaque (mort subite).

L'appareil est implanté sous la peau en dessous de la clavicule (**Figure 1**) et est relié au cœur par des sondes. Il surveille en permanence le rythme cardiaque ; en cas d'accélération dangereuse ou de battements chaotiques, les sondes transmettent des signaux à l'appareil qui délivre alors des chocs électriques brefs et de haute énergie au muscle cardiaque pour l'aider à retrouver un rythme électrique naturel et régulier. Pour obtenir une tension élevée, le défibrillateur repose sur la charge d'associations de condensateurs montés en série.

On modélise le circuit électrique de l'appareil par le schéma de la **Figure 2**, constitué de :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E.
- Deux condensateurs initialement déchargés de capacités respectives $C_1 = 500\ \mu\text{F}$ et C_2, avec $C_2 > C_1$.
- Un conducteur ohmique de résistance R_0 modélisant la résistance interne du thorax du patient.
- Un interrupteur K et des fils de connexion.

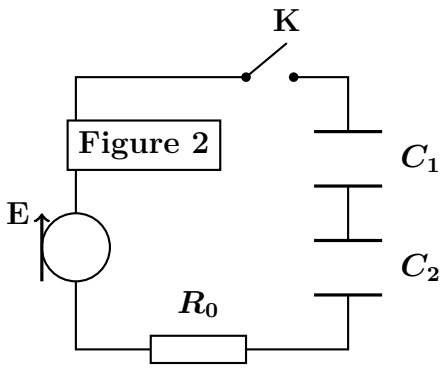


Figure 2

À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K. Un système d'acquisition informatisé permet de suivre l'évolution des tensions aux bornes de C_1, C_2 et R_0, et d'obtenir les courbes représentées sur la **Figure 3**.

1. Exprimer la tension u_{C_1} en fonction de C_1, C_2 et de la tension u_{C_2}, sachant que les charges des deux condensateurs en série vérifient $q_1 = q_2$.

2. Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_{C_2} au cours de la charge s'écrit sous la forme :

$$\frac{C_1 \cdot E}{C_1 + C_2} = u_{C_2} + \frac{R_0 \cdot C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{du_{C_2}}{dt}$$

3. La solution analytique de cette équation différentielle s'écrit sous la forme :

$$u_{C_2}(t) = A\left(1 - e^{-\beta \cdot t}\right)$$

où A et β sont des constantes non nulles. Déterminer leurs expressions littérales.

4. Identifier, en justifiant votre réponse, les courbes correspondant respectivement aux tensions u_{C_2} et u_{R_0}.

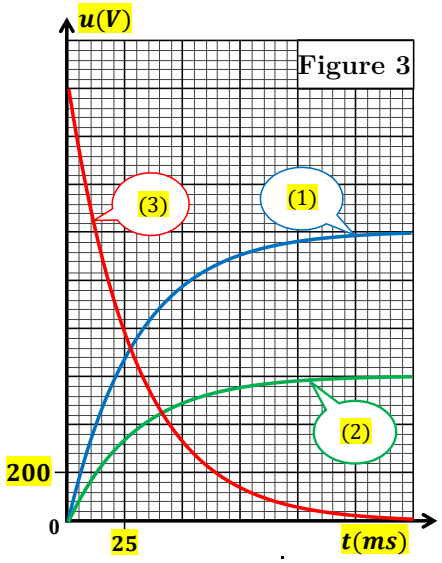
5. Déterminer la valeur de la force électromotrice E du générateur.

6. Déterminer la valeur de la capacité C_2 du deuxième condensateur.

7. Calculer la valeur interne de la résistance R_0 du thorax du patient.

8. Calculer l'énergie électrique maximale emmagasinée par le condensateur équivalent C_{eq} de l'association.

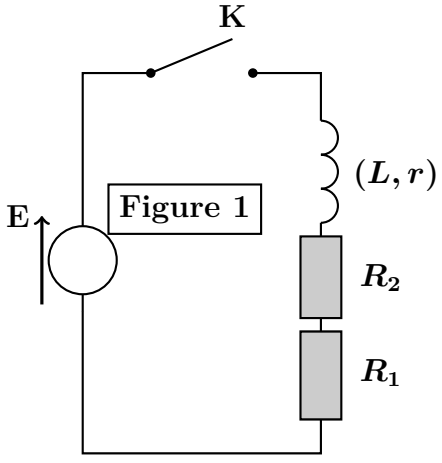
9. Si la résistance du thorax du patient augmente pour atteindre la valeur $R_0 = 120\ \Omega$, l'efficacité du dispositif de défibrillation augmente-t-elle ou diminue-t-elle ? Justifier.



Partie 2 : Étude de l'établissement du courant dans un circuit RL

On réalise le montage expérimental représenté sur la **Figure 1**, constitué des éléments électriques suivants :

- Un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E.
- Une bobine d'inductance L et de résistance interne r.
- Deux conducteurs ohmiques de résistances respectives R_1 et R_2.
- Un interrupteur K et des fils de connexion.



À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K. Un système d'acquisition informatisé a permis de tracer les courbes d'évolution temporelle des tensions : $u_b = f(t)$, $u_{R_1} = g(t)$ et $u_{R_2} = h(t)$, représentées sur la **Figure 2**.

1. Représenter sur le schéma du circuit, par des flèches, le sens du courant électrique et les tensions aux bornes de chaque dipôle.

2. **a.** En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité du courant $i(t)$.

b. En déduire l'expression de l'intensité du courant I_0 en régime permanent en fonction de E, r, R_1 et R_2.

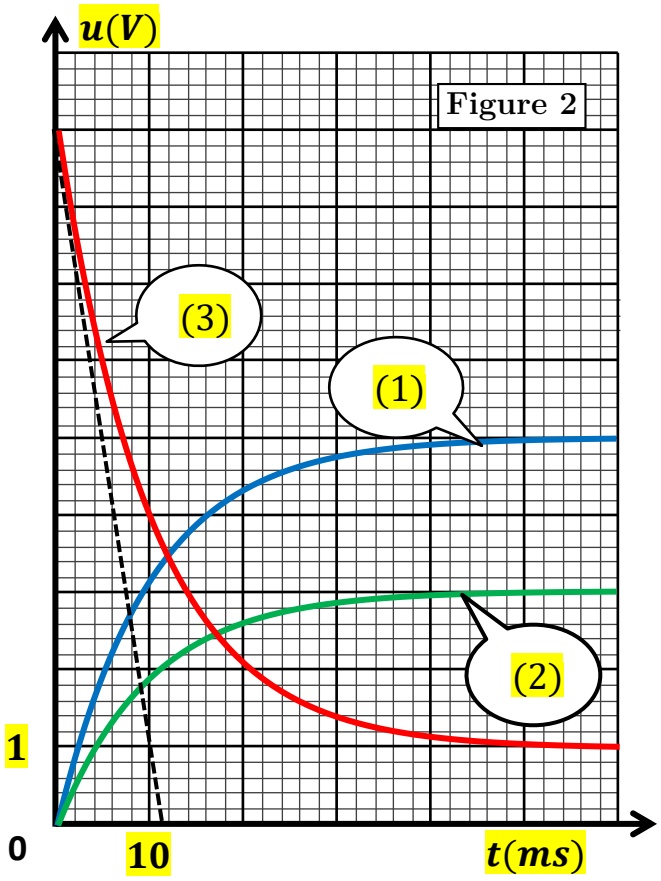
c. L'expression $i(t) = I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$ est une solution de cette équation différentielle. Déterminer l'expression littérale de la constante de temps τ.

3. Écrire les expressions temporelles des tensions : $u_b(t)$, $u_{R_1}(t)$ et $u_{R_2}(t)$.

4. Associer chaque courbe (1), (2) et (3) à la tension correspondante, sachant que $R_1 < R_2$. Justifier votre réponse.

5. En exploitant les trois courbes, déterminer les valeurs de : E, R_1, R_2, r et L, sachant que l'intensité du courant en régime permanent vaut $I_0 = 0,1$ A.

6. Calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine à l'instant $t = \tau$.



Physique 3 : Électricité – Partie 3

Modulation d'amplitude et réception d'un signal

Afin d'obtenir un signal modulé en amplitude, on utilise un circuit intégré X (**Figure 1**). On applique à l'entrée :

- $\mathbf{E}_1$: la tension $u_1(t) = s(t) + U_0$ avec $s(t)$ représentant le signal informatif et U_0 une composante continue de la tension.
- $\mathbf{E}_2$: la tension sinusoïdale $u_2(t)$ représentant le signal porteur.

$$\textbf{Rappel :}\ \cos(a)\cdot\cos(b) = \frac{1}{2}\left[\cos(a+b)+\cos(a-b)\right]$$

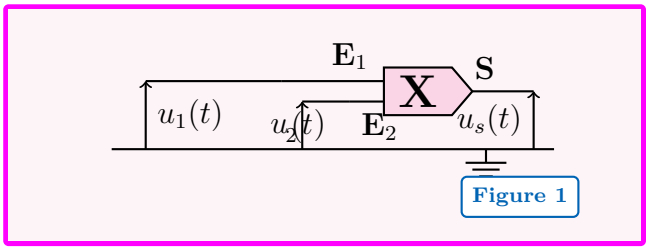


Figure 1

1. Quel est le nom du composant X et quel est son rôle ?

2. Exprimer la tension de sortie $u_s(t)$ en fonction de $u_1(t)$, $u_2(t)$ et k (constante liée au circuit intégré X).

3. Montrer que $u_s(t)$ s'écrit sous la forme :

$$u_s(t) = \frac{A\cdot m}{2}\cos(2\pi f_1 t) + A\cos(2\pi f_2 t) + \frac{A\cdot m}{2}\cos(2\pi f_3 t)$$

où m est le taux de modulation et A une constante, en précisant l'expression de f_1, de f_2 et celle de f_3.

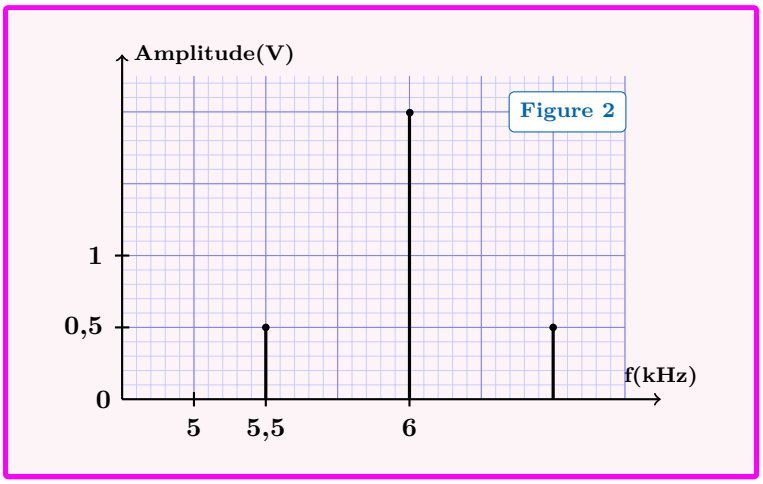
4. La **Figure 2** représente le spectre de fréquences formé de trois raies de la tension modulée $u_s(t)$.

   4.1 Trouver la fréquence F_p de la porteuse et f_s de la tension modulante.

   4.2 Déterminer m le taux de modulation.

   4.3 La modulation est-elle bonne ? Justifier votre réponse.

5. Pour une bonne réception du signal modulé, on utilise un circuit bouchon (circuit d'accord) formé d'une bobine d'inductance $L_0 = 60$ mH et de résistance interne négligeable et de deux condensateurs, montés en série, de capacité $C = 10\ \mu$F et C_0. Déterminer la valeur de C_0.



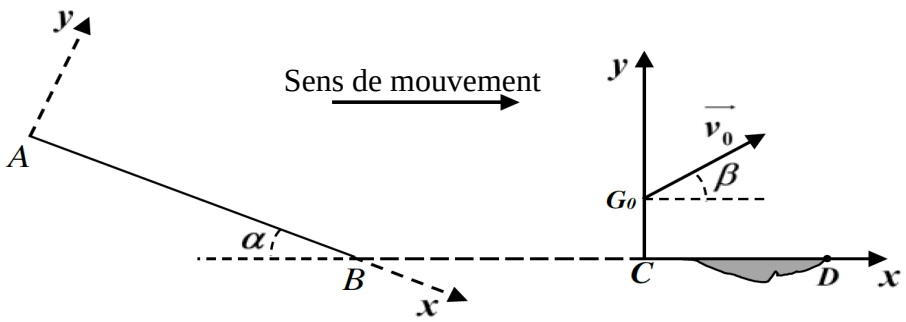
✓ **Données :** $s(t) = S_m \cdot \cos(2\pi f_s t)$; $u_2(t) = U_m \cdot \cos(2\pi F_p t)$

Physique 4 : Mécanique

P a r t i e 1 : Étude du mouvement d'un skateur

Le **skateboard** (**Figure 1**) est un sport populaire qui repose entièrement sur l'équilibre au-dessus d'une planche de bois étroite montée sur quatre roues. Il permet au skateur de réaliser des figures acrobatiques dans les airs, telles que des sauts, des rotations et des vrilles, que ce soit dans la rue ou dans des parcs dédiés (*skateparks*).

Dans cet exercice, on étudie le mouvement du centre d'inertie G du système {skateur + planche} de masse totale m, selon trois phases distinctes sur les pistes (AB), (BC) et (CD) représentées sur la **Figure 2**.



I - Étude du mouvement du skateur sur le plan incliné (AB) :

À l'instant $t = 0$, le skateur s'élance avec une vitesse initiale v_A depuis la position A en haut de la piste AB, inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale. Au cours de son mouvement sur la piste AB, le système est soumis à une force de frottement $\vec{f}$ d'intensité constante, de direction parallèle à la piste et de sens opposé au mouvement.

1. Représenter les forces extérieures appliquées au système au cours de cette phase.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression de l'accélération a du centre d'inertie en fonction de g, α, m et f. Discuter la nature du mouvement selon les valeurs de f.

3. Un logiciel d'analyse vidéo a permis de tracer la courbe d'évolution du carré de la vitesse v^2 en fonction de la distance parcourue x sur le tronçon AB : $v^2 = h(x)$, représentée sur la **Figure 3**.

a. Déterminer la nature du mouvement.

b. Écrire l'équation horaire de la vitesse $v(t)$ et de la position $x(t)$ en fonction de a, t et v_A.

c. Montrer que la relation indépendante du temps reliant v^2 et x s'écrit sous la forme :

$$v^2(t) = 2 \cdot a \cdot x + v_A^2$$

d. En exploitant le graphe, déterminer la valeur de la vitesse initiale v_A et celle de l'accélération a.

e. Vérifier que l'intensité de la force de frottement est $f = 60$ N.

f. Calculer l'intensité de la réaction $\vec{R}$ exercée par le plan incliné sur le skateur.

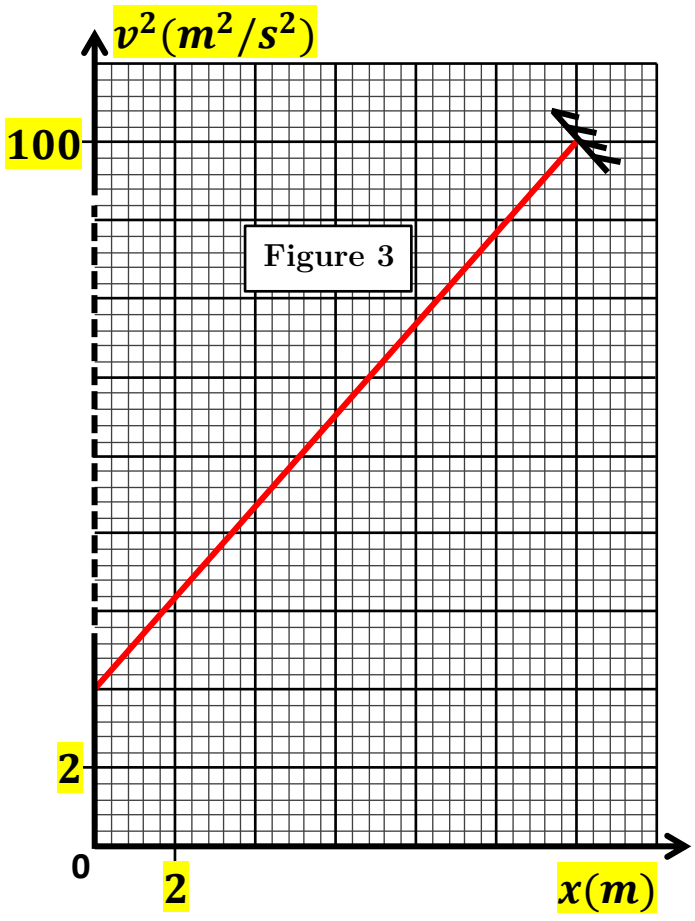


Figure 3

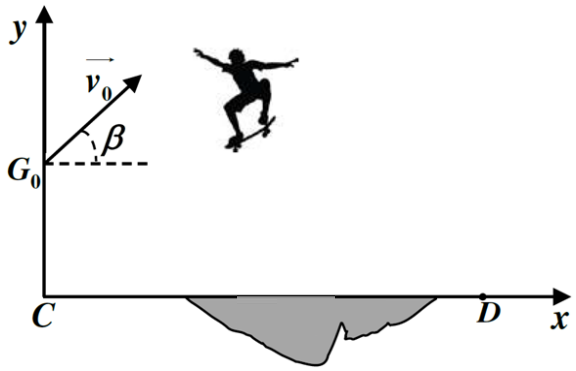
II - Étude du mouvement du skateur sur le plan horizontal (BC) :

Le skateur poursuit son mouvement sur la piste horizontale BC de longueur $BC = 18$ m. Il reste soumis à une force de frottement $\vec{f}$ gardant la même intensité que dans la phase précédente.

1. Représenter les forces extérieures appliquées au système au cours de cette phase.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse s'écrit :
$$\frac{dv}{dt} + \frac{f}{m} = 0$$
3. En déduire la nature du mouvement.
4. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, retrouver l'expression reliant la vitesse v et la position x.
5. Vérifier que la vitesse du skateur au point C est $v_C = 8$ m/s.

III - Étude du saut au-dessus de la flaque d'eau (CD) :

Le skateur arrive au point C et effectue un saut au-dessus de la flaque d'eau avec le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_C = \vec{v}_0$ faisant un angle β avec l'horizontale. On prend comme origine des dates $t = 0$ l'instant du décollage où les coordonnées du centre d'inertie G_0 sont ($x_0 = 0$ m ; $y_0 = 0,8$ m). Au cours de la phase aérienne (**Figure 4**), on néglige l'action de l'air ; le système n'est soumis qu'à son propre poids.



1. En appliquant la deuxième loi de Newton :
   a. Déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie sur les axes (Ox) et (Oy).
   b. Établir les équations horaires de la vitesse : $v_x(t)$ et $v_y(t)$.
   c. Établir les équations horaires de la position : $x(t)$ et $y(t)$.
   d. Montrer que l'équation de la trajectoire s'écrit sous la forme numérique suivante :
$$y = -0,078 \cdot \frac{x^2}{\cos^2(\beta)} + x \cdot \tan(\beta) + 0,8$$
2. Le skateur réussit à franchir la flaque d'eau si les roues arrière atterrissent au-delà du point D de coordonnées ($x_D = 6$ m ; $y_D = 0,3$ m). Cette condition est satisfaite pour deux angles de tir limites β_1 et β_2.

– En exploitant l'équation de la trajectoire, déterminer les valeurs des deux angles β_1 et β_2.

Données :

– $\boldsymbol{g = 10}$ m · s$^{\boldsymbol{-2}}$

– $\boldsymbol{m = 60}$ kg

– $\dfrac{\mathbf{1}}{\cos^2(\beta)} = \mathbf{1} + \tan^2(\beta)$

Partie 2 : Étude du mouvement des satellites artificiels

Le mouvement des satellites artificiels constitue un exemple fondamental d'application des lois de la mécanique classique. Ces corps célestes ou artificiels sont soumis aux lois de Newton et aux lois de Kepler. Un satellite artificiel tourne autour de la Terre sur des orbites bien définies grâce à un équilibre précis entre la force d'attraction gravitationnelle de la Terre, qui l'attire vers son centre, et l'effet inertiel lié à sa vitesse tangentielle.

Les orbites des satellites diffèrent selon leur altitude et leur fonction (**Figure 2**) ; on distingue notamment :

– **Les orbites basses (LEO)** : utilisées à des fins de photographie et de télédétection.

– **Les orbites moyennes (MEO)** : utilisées dans les systèmes de navigation par satellite (médium d'altitude).

– **Les orbites géostationnaires (GEO)** : fixes par rapport à la Terre, utilisées pour les télécommunications et la diffusion télévisée.

On modélise la Terre (**Figure 1**) comme une sphère parfaite de masse M_T et de rayon R_T. Un satellite artificiel (S), de masse m, décrit une trajectoire circulaire à une altitude h au-dessus de la surface de la Terre avec une vitesse orbitale v.

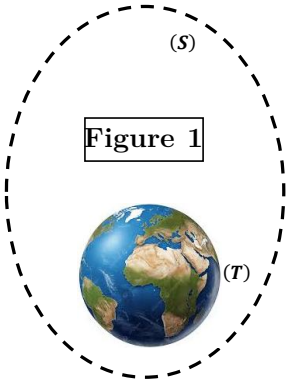


Figure 1

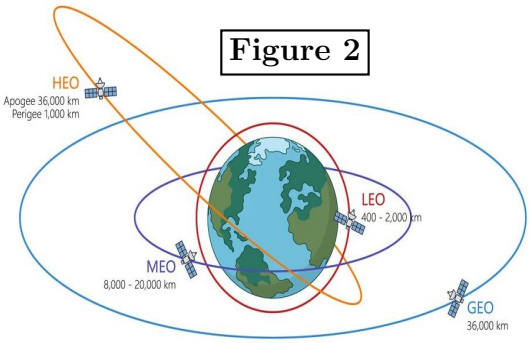


Figure 2

1. Que représente la trajectoire de la **Figure 1** ? Définir le référentiel d'étude adéquat pour décrire ce mouvement.

2. La première loi de Kepler est-elle vérifiée d'après la représentation de la **Figure 1** ? Justifier votre réponse.

3. Donner l'expression littérale de l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite $F_{T/S}$ en fonction de : m, M_T, G, h et R_T.

4. On assimile le poids du satellite à la force d'attraction gravitationnelle à l'altitude h par la relation : $P = m \cdot g$.

- Établir l'expression de l'accélération de la pesanteur terrestre g à l'altitude h en fonction de : G, M_T, h et R_T.

5. En se basant sur l'expression précédente, montrer que l'altitude h peut s'écrire sous la forme affine suivante :

$$h = A \cdot \frac{1}{\sqrt{g}} + B$$

où A et B sont deux constantes dont on déterminera les expressions littérales.

6. Le graphe de la **Figure 3** traduit les variations de l'altitude h en fonction de $\frac{1}{\sqrt{g}}$: $h = f\left(\frac{1}{\sqrt{g}}\right)$.

a. Écrire l'équation numérique de la courbe

b. Calculer la valeur de la masse de la Terre M_T.

c. En déduire la valeur du rayon moyen de la Terre R_T.

d. Déterminer la valeur de l'accélération de la pesanteur g_0 à la surface de la Terre.

7. Sachant que l'accélération de la pesanteur sur l'orbite de ce satellite vaut $g = 0,225$ SI :

a. Calculer l'altitude h du satellite par rapport à la surface de la Terre.

b. Déduire la nature de l'orbite de ce satellite.

c. Calculer la valeur de sa vitesse orbitale v.

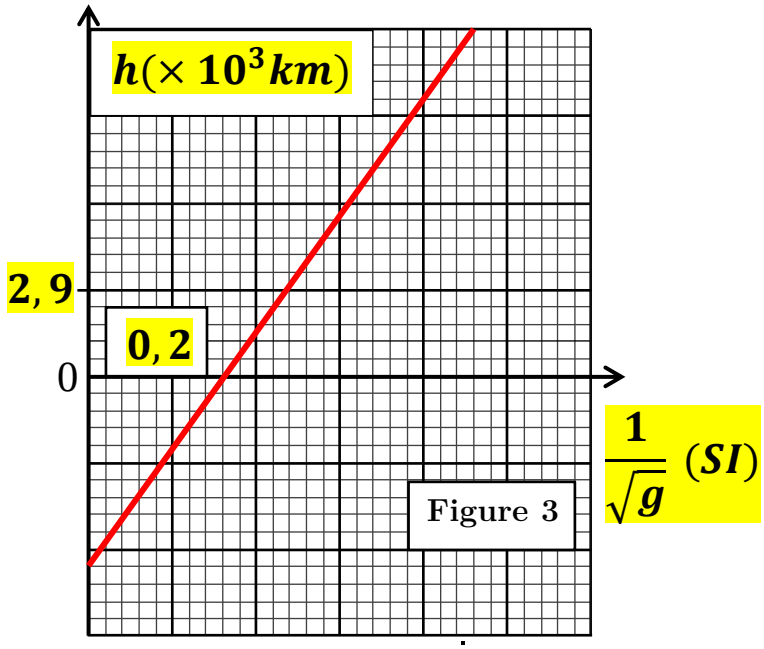


Figure 3

Données :

- Constante de gravitation universelle : $\boldsymbol{G = 6,67 \cdot 10^{-11}}$ SI

Partie 1 : Suivi temporel d'une transformation chimique

1. Les deux demi-équations électroniques d'oxydoréduction :

$$H_2O_{2\,(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons 4H_2O_{\,(l)}$$

$$2I^-_{(aq)} \rightleftharpoons I_{2\,(aq)} + 2e^-$$

2. **Tableau d'avancement de la réaction :**

Équation		$\mathbf{H_2O_2}_{\,(aq)} + \mathbf{2I^-}_{(aq)} + \mathbf{2H_3O^+}_{(aq)} \longrightarrow \mathbf{I_2}_{\,(aq)} + \mathbf{4H_2O}_{\,(l)}$				
État	**Avanc.**	**Quantité de matière (mol)**				
Initial	**0**	$n_{0_2} = C_2V_2$	$n_{0_1} = C_1V_1$	en excès	0	en excès
En cours	**x**	$n_{0_2} - x$	$n_{0_1} - 2x$	en excès	x	en excès
Final	$\mathbf{x_f}$	$n_{0_2} - x_f$	$n_{0_1} - 2x_f$	en excès	x_f	en excès

3. Facteurs cinétiques mis en évidence et leur effet :

- **Facteurs cinétiques :** La concentration initiale des réactifs (C_2), la température du milieu réactionnel (θ) et la présence d'un catalyseur.
- **Effet :** La vitesse volumique de la réaction est proportionnelle aux facteurs cinétiques. Elle augmente lorsque la concentration initiale des réactifs ou la température s'élèvent, ou en présence d'un catalyseur.

4. Association et justification de chaque courbe :

- **Courbe (3) → Expérience (1) :** L'expérience (1) réunit toutes les conditions optimales (concentration initiale maximale $C_2 = 0,1$ mol/L, température maximale $\theta = 25°C$ et présence d'un catalyseur). La réaction est donc la plus rapide (pente initiale la plus forte et temps de demi-réaction le plus court).
- **Courbe (2) → Expérience (3) :** Comparée à (1), la concentration initiale est plus faible ($0,05$ mol/L) et la température plus basse ($20°C$), mais le catalyseur est présent. La transformation est de rapidité intermédiaire.
- **Courbe (1) → Expérience (2) :** Elle s'effectue sans catalyseur, à $20°C$ et avec la concentration initiale la plus faible ($0,01$ mol/L). C'est la réaction la plus lente.

5. Détermination de l'avancement final $x_{\max}$ et du réactif limitant :
L'asymptote horizontale de la courbe (3) se stabilise à $4,9$ grandes divisions. Sachant qu'une division verticale vaut $4 \cdot 10^{-5}$ mol :

$$x_{\max} = 4,9 \times 4 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \implies \boxed{x_{\max} = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}$$

Calculons la quantité finale de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 :

$$n_f(H_2O_2) = C_2V_2 - x_{\max} = (0,1 \times 0,1) - 1,96 \cdot 10^{-4} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \neq 0$$

Puisque la réaction est totale et que H_2O_2 n'est pas totalement consommé, le réactif limitant est l'ion iodure I^-.

6. Calcul de la concentration molaire C_1 :
Puisque I^- est le réactif limitant, on a à la fin de la réaction :

$$C_1V_1 - 2x_{\max} = 0 \implies C_1 = \frac{2x_{\max}}{V_1} = \frac{2 \times 1,96 \cdot 10^{-4}}{0,1}$$

$$\implies \boxed{C_1 = 3,92 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}}$$

7. Masse d'iodure de potassium dissoute et vérification :

$$m = C_1 \cdot V_1 \cdot M(\text{KI}) = 3,92 \cdot 10^{-3} \times 0,1 \times 166 = 0,065 \text{ g} \implies \boxed{m = 65 \text{ mg}}$$

Cette valeur correspond parfaitement à l'indication "65 MG" inscrite sur l'étiquette de la boîte.

8. Temps de demi-réaction $t_{1/2}$ pour l'expérience (3) :

- **Définition :** Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que l'avancement de la réaction atteigne la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$.
- **Valeur graphique :** $x(t_{1/2}) = \frac{1,96 \cdot 10^{-4}}{2} = 9,8 \cdot 10^{-5}$ mol. Par projection horizontale de cette valeur sur la courbe (3) puis lecture sur l'axe des abscisses, on trouve :

$$\implies \boxed{t_{1/2} = 300 \text{ s}}$$

9. Vitesse volumique de disparition de I^- :
Par définition : $v_{\text{vol}}(I^-) = -\frac{1}{V_T}\frac{dn(I^-)}{dt}$. D'après le tableau d'avancement, $n(I^-) = n_{0_1} - 2x$, d'où :

$$\implies \boxed{v_{\text{vol}}(I^-) = \frac{2}{V_T}\frac{dx}{dt}}$$

avec le volume total $V_T = V_1 + V_2 = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L}$.
Sa valeur est maximale à l'instant initial $t = 0$. En exploitant le coefficient directeur de la tangente tracée à l'origine :

$$v_{\text{vol}}^{\max} = \frac{2}{0,2} \times \left(\frac{1,96 \cdot 10^{-4} - 0}{420 - 0}\right) \implies \boxed{v_{\text{vol}}^{\max} \approx 4,66 \cdot 10^{-6} \text{ mol/(L} \cdot \text{s)}}$$

Partie 2 : Réaction d'hydrolyse d'un ester

1. Équation de la réaction d'hydrolyse (à partir du 2-méthylpropanoate d'éthyle) :

$$CH_3{-}CH(CH_3){-}COO{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O \rightleftharpoons CH_3{-}CH(CH_3){-}COOH + CH_3{-}CH_2{-}OH$$

2. Calcul du rendement r de l'hydrolyse :
D'après la Figure 2, la quantité initiale d'ester est $n_0(E) = 500$ mmol $= 0,5$ mol. Le mélange étant équimolaire, l'avancement maximal théorique est $x_{\max} = 500$ mmol.
À l'état final (asymptote horizontale), la quantité d'ester restante est $n_f(E) = 400$ mmol.
L'avancement final effectif vaut donc : $x_f = n_0(E) - n_f(E) = 500 - 400 = 100$ mmol.

$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{100}{500} = 0,20 \implies \boxed{r = 20\%}$$

3. Valeur de la constante d'équilibre K :

$$K = \frac{n_f(\text{Acide}) \cdot n_f(\text{Alcool})}{n_f(\text{Ester}) \cdot n_f(\text{Eau})} = \frac{x_f^2}{(n_0 - x_f)^2} = \frac{100^2}{400^2} = \frac{1}{16} \implies \boxed{K = 0,0625}$$

4. Temps de demi-réaction pour la courbe (1) :
À l'instant $t_{1/2}$, la quantité d'ester non hydrolysée est :

$$n(E)_{t_{1/2}} = n_0(E) - \frac{x_f}{2} = 500 - \frac{100}{2} = 450 \text{ mmol}$$

Par lecture graphique sur la courbe (1) (rouge) à l'ordonnée 450 mmol, on lit l'abscisse :

$$\implies \boxed{t_{1/2} = 5 \text{ min}}$$

5. Identification de la courbe obtenue sans catalyseur :
L'absence de catalyseur diminue la vitesse de la réaction sans modifier l'état d'équilibre final. La courbe (1) décroît plus lentement vers l'asymptote que la courbe (2) et présente un temps de demi-réaction plus long.

$\implies$ **La courbe (1)** correspond à la réaction réalisée sans catalyseur.

6. Calcul de la vitesse volumique à l'aide de la courbe (2) :
La vitesse volumique de la réaction s'exprime par : $v = -\frac{1}{V_0}\frac{dn(E)}{dt}$.

En exploitant la tangente tracée sur la Figure 2, déterminons sa pente $\frac{dn(E)}{dt}$ à l'aide de deux points de la droite, par exemple $A(0\text{ min}; 480\text{ mmol})$ et $B(8\text{ min}; 320\text{ mmol})$:

$$\frac{dn(E)}{dt} = \frac{320 - 480}{8 - 0} = -20\text{ mmol/min} = -\frac{20 \cdot 10^{-3}\text{ mol}}{60\text{ s}} \approx -3,33 \cdot 10^{-4}\text{ mol/s}$$

En divisant par le volume $V_0 = 71\text{ mL} = 0,071\text{ L}$:

$$v = -\frac{1}{0,071} \times (-3,33 \cdot 10^{-4}) \implies v \approx 4,69 \cdot 10^{-3}\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$$

(Remarque : exprimée en minutes, la valeur est $v = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{0,071} \approx 0,282\ mol/(L \cdot min)$*).*

Partie 2 : L'Électrode Normale Hydrogène

1. Signification de la tension et état de la pile :

- La valeur de $0,5$ V mesurée par un voltmètre de très haute résistance représente la **force électromotrice (f.é.m.) E** de la pile (tension à vide).
- Puisque la résistance du voltmètre est extrêmement élevée, l'intensité du courant qui y circule est quasi-nulle ($I \approx 0$). Par conséquent, **la pile ne fonctionne pas** (elle ne débite aucun courant et aucune transformation chimique n'a lieu).

2. Étude du fonctionnement lorsqu'elle débite un courant :

1-1. Demi-équations aux électrodes et équation globale :

Le potentiel standard du couple Cu^{2+}/Cu ($E^\circ = +0,34$ V) étant supérieur à celui de l'électrode standard à hydrogène H^+/H_2 ($E^\circ = 0,00$ V), le cuivre subit une réduction et le dihydrogène une oxydation.

- **Au pôle positif (Cathode - électrode de cuivre) :** Réduction des ions cuivre (II) :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$$

(Ce dépôt métallique justifie l'augmentation de la masse de l'électrode de cuivre).

- **Au pôle négatif (Anode - électrode de platine) :** Oxydation du dihydrogène gazeux :

$$H_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2H^+_{(aq)} + 2e^-$$

— **Équation globale de fonctionnement :**

$$Cu^{2+}_{(aq)} + H_{2\,(g)} \longrightarrow Cu_{\,(s)} + 2H^{+}_{(aq)}$$

2-1. Polarité de la pile et schéma conventionnel :

— **Justification de la polarité :** La masse de la plaque de cuivre augmentant au cours du fonctionnement, il y a formation de cuivre métallique par réduction des ions Cu^{2+}. Le compartiment du cuivre est donc le siège d'une réduction (Cathode), ce qui correspond au **pôle positif ($\oplus$)** de la pile. L'électrode de platine constitue par conséquent le **pôle négatif ($\ominus$)** (Anode).

— **Schéma conventionnel de la pile :**

$$\ominus\ Pt_{\,(s)} \mid H_{2\,(g)} \mid H^{+}_{(aq)} \parallel Cu^{2+}_{(aq)} \mid Cu_{\,(s)} \oplus$$

3. Étude quantitative à l'instant $t_2 = 5$ h :

1-3. Expression et calcul de la masse m_2 :

L'intensité du courant I étant constante, la quantité d'électricité débitée est proportionnelle au temps ($Q = I \cdot t$). D'après la loi de Faraday, la masse de cuivre déposée est directement proportionnelle à la durée de fonctionnement :

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{t_2}{t_1} \implies m_2 = m_1 \frac{t_2}{t_1}$$

Application numérique :

$$m_2 = 600 \times \frac{5}{2,5} = 1200 \text{ mg} \implies m_2 = 1,2 \text{ g}$$

2-3. Avancement de la réaction x_2 à l'instant t_2 :

D'après l'équation de la réaction globale, la quantité de matière de cuivre formée à l'instant t_2 est égale à l'avancement x_2 :

$$x_2 = n_2(\text{Cu}) = \frac{m_2}{M(\text{Cu})}$$

$$x_2 = \frac{1,2}{63,5} \approx 0,0189 \text{ mol} \implies x_2 \approx 1,89 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

3-3. Quantité d'électrons échangés et constante de Faraday F :

D'après la demi-équation cathodique ($Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$), la quantité de matière d'électrons échangés vaut :

$$n(e^-)_2 = 2x_2 = 2 \times 1,8898 \cdot 10^{-2} \implies n(e^-)_2 \approx 3,78 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

La quantité d'électricité traversant le circuit s'exprime par $Q_2 = I \cdot t_2 = n(e^-)_2 \cdot F$. On en déduit :

$$F = \frac{I \cdot t_2}{n(e^-)_2} = \frac{I \cdot t_2 \cdot M(\text{Cu})}{2m_2}$$

Avec $I = 0,2$ A et $t_2 = 5 \times 3600 = 18\,000$ s :

$$F = \frac{0,2 \times 18\,000 \times 63,5}{2 \times 1,2} = \frac{3600 \times 63,5}{2,4} \implies \boxed{F \approx 95\,250 \text{ C/mol}}$$

4-3. Volume d'hydrogène gazeux consommé à l'instant t_2 :
D'après l'équation de la réaction globale, la quantité de matière de dihydrogène gazeux consommée est égale à l'avancement x_2 :

$$n_{\text{cons}}(\text{H}_2) = x_2 \implies V(\text{H}_2) = x_2 \cdot V_m$$

$$V(\text{H}_2) = 1,8898 \cdot 10^{-2} \times 24 \approx 0,454 \text{ L} \implies \boxed{V(\text{H}_2) \approx 454 \text{ mL}}$$

5-3. Variation de la concentration des ions hydrogène H^+ :
D'après l'équation globale, la quantité de matière d'ions H^+ formée à l'instant t_2 est $n_{\text{formé}}(\text{H}^+) = 2x_2 = n(e^-)_2$.
Le volume de la solution dans le compartiment 2 étant $V = 100$ cm$^3 = 0,1$ L, l'augmentation de la concentration en ions H^+ est :

$$\Delta[\text{H}^+] = \frac{n_{\text{formé}}(\text{H}^+)}{V} = \frac{3,7795 \cdot 10^{-2}}{0,1} \implies \boxed{\Delta[\text{H}^+] \approx 0,378 \text{ mol/L}}$$

Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau

1. Détermination de λ, N et t_F :

— **Longueur d'onde λ :** Sur la figure, la distance entre deux crêtes consécutives correspond à 4 divisions horizontales. Sachant que 4 divisions représentent 12 mm :

$$\lambda = 12 \text{ mm} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

— **Fréquence N :** En utilisant la relation de la célérité $v = \lambda \cdot N$ avec $v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$:

$$N = \frac{v}{\lambda} = \frac{0,4}{12 \cdot 10^{-3}} = \frac{400}{12} \approx 33,34 \text{ Hz} \quad \left(\text{soit } \frac{100}{3} \text{ Hz}\right)$$

— **Date t_F :** Le front d'onde a parcouru une distance $x_F = 24$ mm $=$

$24 \cdot 10^{-3}$ m (8 divisions horizontales depuis la source S).

$$t_F = \frac{x_F}{v} = \frac{24 \cdot 10^{-3}}{0,4} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

Autre méthode : $x_F = 2\lambda \implies t_F = 2T = 2 \times \frac{3}{100} = 6 \cdot 10^{-2}$ *s.*

$\implies$ **Réponse A**

2. Équation horaire du mouvement de la source S :
L'élongation de la source s'écrit sous la forme générale :

$$y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S) \quad \forall t \geq 0$$

- **Amplitude a :** Sur l'axe vertical, l'amplitude crête vaut 2 divisions, soit $a = 2$ mm $= 2 \cdot 10^{-3}$ m.
- **Pulsation ω :** $\omega = 2\pi N = 2\pi \times \frac{100}{3} = \frac{200\pi}{3}$ rad $\cdot$ s^{-1}.
- **Phase à l'origine φ_S :** D'après la figure, le front d'onde est un creux (déformation vers le bas). L'eau étant initialement au repos ($y = 0$), le premier mouvement affectant un point de la surface se fait vers le bas. La source S a donc débuté son mouvement à $t = 0$ en allant vers les ordonnées négatives :

$$y_S(0) = 0 \implies \sin(\varphi_S) = 0 \implies \varphi_S = 0 \text{ ou } \pi$$

$$\frac{dy_S}{dt}(0) < 0 \implies a\omega \cos(\varphi_S) < 0 \implies \cos(\varphi_S) < 0 \implies \varphi_S = \pi \text{ rad}$$

L'équation horaire est donc :

$$y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3} t + \pi\right) \quad \text{(m)}$$

$\implies$ **Réponse B**

3. Points vibrant en opposition de phase avec la source S :
Un point M situé à la distance x de la source vibre en opposition de phase avec S si :

$$x = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad \text{avec } k \in \mathbb{N}$$

À l'instant t_F, l'onde n'existe que pour les points tels que $0 \leq x \leq x_F$, soit $0 \leq x \leq 24$ mm.

- Pour $k = 0$: $r_1 = \frac{\lambda}{2} = \frac{12}{2} = 6$ mm.
- Pour $k = 1$: $r_2 = \frac{3\lambda}{2} = \frac{3 \times 12}{2} = 18$ mm.
- Pour $k = 2$: $r_3 = \frac{5\lambda}{2} = 30$ mm (non atteint à t_F car > 24 mm).

L'ensemble de ces points forme deux cercles concentriques de centre S et de rayons respectifs 6 mm et 18 mm.

$$\Longrightarrow \boxed{\textbf{Réponse B}}$$

4. Équation du mouvement du point M_1 ($x_1 = 45$ mm) :
Le point M_1 reproduit le mouvement de la source S avec un retard temporel τ :

$$\tau = \frac{x_1}{v} = \frac{45 \cdot 10^{-3}}{0,4} = 0,1125 \text{ s} \implies \tau = \frac{x_1}{\lambda}T = \frac{45}{12}T = 3,75T$$

Pour $t \geq \tau$ (soit $t \geq 3,75T$), l'élongation du point M_1 est :

$$y_{M_1}(t) = y_S(t-\tau) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left[\frac{200\pi}{3}(t-\tau) + \pi\right]$$

$$y_{M_1}(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left[\frac{200\pi}{3}t - \frac{200\pi}{3} \times \frac{3,75 \times 3}{100} + \pi\right]$$

$$y_{M_1}(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left[\frac{200\pi}{3}t - 7,5\pi + \pi\right] = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left[\frac{200\pi}{3}t - 6,5\pi\right]$$

Sachant que la fonction sinus est périodique de période 2π, on retranche -6π :

$$y_{M_1}(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{200\pi}{3}t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{(m)}$$

$$\Longrightarrow \boxed{\textbf{Réponse A}}$$

5. Vitesse du point M_1 aux instants t_1 et t_2 :

— **À l'instant $t_1 = 6 \cdot 10^{-2}$ s :**
On sait que l'onde atteint le point M_1 à la date $\tau = 3,75T = 11,25 \cdot 10^{-2}$ s.
Puisque $t_1 < \tau$, le front d'onde n'a pas encore atteint le point M_1. Il est donc au repos :

$$v(t_1) = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

— **À l'instant $t_2 = 15,75 \cdot 10^{-2}$ s :**
Exprimons t_2 en fonction de la période $T = 0,03$ s :

$$t_2 = \frac{15,75 \cdot 10^{-2}}{0,03}T = 5,25T$$

Puisque $t_2 > \tau$, le point M_1 est en mouvement. Sa vitesse d'oscillation verticale s'obtient en dérivant son équation horaire par rapport au temps :

$$v(t) = \frac{dy_{M_1}}{dt} = 2 \cdot 10^{-3} \times \frac{200\pi}{3} \cos\left(\frac{200\pi}{3}t - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{0,4\pi}{3} \cos\left(\frac{200\pi}{3}t - \frac{\pi}{2}\right)$$

À la date $t_2 = 5,25T$, la phase du cosinus vaut :

$$\Phi(t_2) = \frac{2\pi}{T} \times 5,25T - \frac{\pi}{2} = 10,5\pi - 0,5\pi = 10\pi \text{ rad}$$

Puisque $\cos(10\pi) = 1$, la vitesse est maximale :

$$v(t_2) = \frac{0,4\pi}{3} \times 1 \implies v(t_2) = \frac{0,4\pi}{3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\implies \textbf{Réponse C}$$

Physique 2 : Transformations Nucléaires

Données préliminaires et analyse du graphique :

- L'activité initiale apportée par une dose (consommée à $t = 0$) est $A_0 = 20$ Bq.
- Sur la courbe de décroissance radioactive d'une dose, on observe qu'à l'instant $t = 5$ jours, l'activité est divisée par deux : $A(5 \text{ jours}) = 10 \text{ Bq} = \frac{A_0}{2}$.
- On en déduit directement la demi-vie de l'élément radioactif X :

$$t_{1/2} = 5 \text{ jours}$$

- La constante radioactive λ s'exprime par :

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{0,7}{5 \times 86\,400 \text{ s}} \approx 1,62 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

(En jours^{-1}, $\lambda = \frac{0,7}{5} = 0,14$ jour^{-1}).

Q1. Nombre de noyaux radioactifs dans l'organisme le 6 mai vers midi :

- Samir consomme la première dose le 1er mai à midi. Le 6 mai à midi, il s'est écoulé exactement $\Delta t = 5$ jours, ce qui correspond exactement à une demi-vie ($t_{1/2}$).
- L'activité à cet instant est donc $A = 10$ Bq.
- La relation fondamentale liant l'activité au nombre de noyaux est $A = \lambda \cdot N$, d'où :

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{10}{1,62 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}} \approx 6,17 \cdot 10^6 \text{ noyaux}$$

- L'ordre de grandeur le plus proche est 10^6 noyaux (ou 10^7 si l'on arrondit au plus proche de l'exposant, mais classiquement en QCM de ce type, la

valeur $6,17 \cdot 10^6$ est associée à la réponse B pour la puissance directe de 10).

$$\Longrightarrow \textbf{Réponse B}$$

Q2. Nombre de désintégrations par seconde (activité) le 6 mai 2020 à midi :

- Par définition, l'activité A d'un échantillon radioactif représente le nombre de désintégrations par seconde (1 Bq = 1 désintégration par seconde).
- Comme établi à la question précédente, le 6 mai à midi ($t = 5$ jours après la prise du 1er mai), l'activité restante de cette première dose est de 10 Bq.
- Il y a donc 10 désintégrations par seconde à cet instant précis.

$$\Longrightarrow \textbf{Réponse B}$$

Q3. Activité totale le 16 mai 2020 à midi (juste après la consommation) :

- Le 16 mai à midi, Samir a déjà consommé deux doses (le 1er mai et le 11 mai). L'activité totale est la somme des activités résiduelles de chaque dose à cette date :
- **Dose 1 (prise le 1er mai) :** Il s'est écoulé 15 jours, soit $3 \times t_{1/2}$. Son activité résiduelle est :

$$A_1 = \frac{A_0}{2^3} = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ Bq}$$

- **Dose 2 (prise le 11 mai) :** Il s'est écoulé 5 jours, soit $1 \times t_{1/2}$. Son activité résiduelle est :

$$A_2 = \frac{A_0}{2^1} = \frac{20}{2} = 10 \text{ Bq}$$

- **Activité totale :**

$$A_{\text{totale}} = A_1 + A_2 = 2,5 + 10 = 12,5 \text{ Bq}$$

$$\Longrightarrow \textbf{Réponse B}$$

Q4. Activité totale le 26 mai 2020 à midi :

- Faisons le bilan des apports résiduels le 26 mai à midi pour les trois doses déjà consommées (1er, 11 et 21 mai) :
- **Dose 1 (1er mai) :** Âge = 25 jours = $5 \times t_{1/2} \Longrightarrow A_1 = \frac{20}{2^5} = \frac{20}{32} = 0,625$ Bq.
- **Dose 2 (11 mai) :** Âge = 15 jours = $3 \times t_{1/2} \Longrightarrow A_2 = \frac{20}{2^3} = \frac{20}{8} = 2,5$ Bq.
- **Dose 3 (21 mai) :** Âge = 5 jours = $1 \times t_{1/2} \Longrightarrow A_3 = \frac{20}{2^1} = \frac{20}{2} = 10$ Bq.

— **Activité totale :**

$$A_{\text{totale}} = 0,625 + 2,5 + 10 = 13,125 \text{ Bq} \approx 13,1 \text{ Bq}$$

$$\Longrightarrow \boxed{\textbf{Réponse C}}$$

Q5. Activité le 31 mai 2020 juste après 12h comparée aux dates antérieures :

— Calculons l'activité totale présente dans l'organisme le 31 mai juste après l'ingestion de la 4e dose à 12h :
— Dose 1 (1er mai, 30 j) : $A_1 = \frac{20}{2^6} = 0,3125$ Bq.
— Dose 2 (11 mai, 20 j) : $A_2 = \frac{20}{2^4} = 1,25$ Bq.
— Dose 3 (21 mai, 10 j) : $A_3 = \frac{20}{2^2} = 5$ Bq.
— Dose 4 (31 mai, instantanée à $t = 0$) : $A_4 = 20$ Bq.

$$A_{\text{totale}}(\text{31 mai just après 12h}) = 0,3125 + 1,25 + 5 + 20 = 26,5625 \text{ Bq}$$

— Comparons avec les propositions (activités calculées **juste après 12h** les jours d'ingestion) :
— **Le 1er mai juste après 12h :** Uniquement la dose 1 fraîche $\Longrightarrow$ $A = 20$ Bq.
— **Le 11 mai juste après 12h :** Dose 1 (10 j, 5 Bq) + Dose 2 fraîche (20 Bq) $\Longrightarrow$ $A = 25$ Bq.
— **Le 21 mai juste après 12h :** Dose 1 (20 j, 1,25 Bq) + Dose 2 (10 j, 5 Bq) + Dose 3 fraîche (20 Bq) $\Longrightarrow$ $A = 26,25$ Bq.
— On constate que la valeur du 31 mai (26,56 Bq) est extrêmement voisine de celle du **21 mai juste après 12h** (26,25 Bq), l'écart n'étant que de 0,31 Bq (effet de saturation de l'accumulation).

$$\Longrightarrow \boxed{\textbf{Réponse A}}$$

rtie 1 : Étude d'un défibrillateur cardiaque implantable (D

1 Expression de la tension u_{C_1} en fonction de C_1, C_2 et u_{C_2} :
La relation fondamentale d'un condensateur liant sa charge q à sa tension u_C s'écrit : $q = C \cdot u_C$. Puisque les deux condensateurs sont montés en série, ils portent la même charge électrique à tout instant :

$$q_1 = q_2 \Longrightarrow C_1 \cdot u_{C_1} = C_2 \cdot u_{C_2}$$

On en déduit directement l'expression de u_{C_1} :

$$u_{C_1} = \frac{C_2}{C_1} \cdot u_{C_2} \qquad (1)$$

2 **Équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_{C_2} :**
En appliquant la loi des mailles (loi d'additivité des tensions) au circuit lors de la charge :

$$u_{R_0} + u_{C_1} + u_{C_2} = E$$

D'après la loi d'Ohm pour le conducteur ohmique, $u_{R_0} = R_0 \cdot i$. L'intensité du courant s'écrit $i = \frac{dq_2}{dt} = C_2 \frac{du_{C_2}}{dt}$. L'équation devient donc :

$$R_0 \cdot C_2 \frac{du_{C_2}}{dt} + \frac{C_2}{C_1} u_{C_2} + u_{C_2} = E$$

En factorisant le terme en u_{C_2} :

$$R_0 \cdot C_2 \frac{du_{C_2}}{dt} + \left(\frac{C_2 + C_1}{C_1} \right) u_{C_2} = E$$

Pour obtenir la forme demandée, on multiplie l'ensemble de l'équation par le facteur $\frac{C_1}{C_1+C_2}$:

$$\frac{R_0 \cdot C_1 \cdot C_2}{C_1+C_2} \frac{du_{C_2}}{dt} + u_{C_2} = \frac{C_1 \cdot E}{C_1+C_2} \tag{2}$$

3 **Détermination des expressions littérales des constantes A et β :**
La solution analytique proposée est : $u_{C_2}(t) = A(1 - e^{-\beta t}) = A - Ae^{-\beta t}$. Sa dérivée par rapport au temps s'écrit :

$$\frac{du_{C_2}}{dt} = A\beta e^{-\beta t}$$

En substituant $u_{C_2}(t)$ et sa dérivée dans l'équation différentielle :

$$\frac{R_0 C_1 C_2}{C_1 + C_2} A\beta e^{-\beta t} + A - Ae^{-\beta t} = \frac{C_1 E}{C_1 + C_2}$$

En regroupant les termes contenant l'exponentielle :

$$A \left(\frac{R_0 C_1 C_2}{C_1 + C_2} \beta - 1 \right) e^{-\beta t} + \left(A - \frac{C_1 E}{C_1 + C_2} \right) = 0$$

Pour que cette égalité soit vérifiée à tout instant t, il faut annuler simultanément les deux termes :

$$A - \frac{C_1 E}{C_1 + C_2} = 0 \implies A = \frac{C_1 \cdot E}{C_1+C_2}$$

$$\frac{R_0 C_1 C_2}{C_1 + C_2} \beta - 1 = 0 \implies \beta = \frac{C_1+C_2}{R_0 \cdot C_1 \cdot C_2} = \frac{1}{\tau} \quad \text{avec } \tau = \frac{R_0 C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

4 **Identification des courbes associées aux tensions u_{C_2} et u_{R_0} :**

— **Pour la tension u_{R_0} :** À l'instant initial $t = 0$, les condensateurs sont complètement déchargés, donc $u_{C_1}(0) = 0$ et $u_{C_2}(0) = 0$. D'après la loi des mailles :

$$u_{R_0}(0) + 0 + 0 = E \implies u_{R_0}(0) = E \neq 0$$

La seule courbe démarrant d'une valeur maximale non nulle et décroissant vers zéro au cours du temps est la courbe (3).

$$\implies \textbf{La courbe (3) correspond à la tension } u_{R_0}(t)$$

— **Pour la tension u_{C_2} :** D'après la question 1, on sait que $u_{C_2} = \frac{C_1}{C_2} u_{C_1}$. L'énoncé précise que $C_2 > C_1$, ce qui implique que le rapport $\frac{C_1}{C_2} < 1$. Par conséquent, à tout instant $t > 0$ (et notamment en régime permanent), on a la relation :

$$u_{C_2}(t) < u_{C_1}(t)$$

Graphiquement, l'asymptote horizontale de la courbe (2) se situe en dessous de celle de la courbe (1).

$$\implies \textbf{La courbe (2) correspond à la tension } u_{C_2}(t)$$

5 **Valeur de la force électromotrice E du générateur :**
À l'instant $t = 0$, la tension aux bornes de la résistance est maximale : $u_{R_0}(0) = E$. Sur la courbe (3) de la Figure 3, l'ordonnée à l'origine correspond à 9 grandes divisions verticales. L'échelle indique qu'une grande division correspond à 200 V.

$$E = 9 \times 200 \text{ V} \implies E = 1800 \text{ V}$$

6 **Valeur de la capacité C_2 du deuxième condensateur :**
En régime permanent ($t \to \infty$), la tension u_{C_2} atteint son palier maximal correspondant à la constante A :

$$u_{C_2}(\infty) = A = \frac{C_1 \cdot E}{C_1 + C_2}$$

Graphiquement, l'asymptote de la courbe (2) se situe à 3 grandes divisions, soit :

$$u_{C_2}(\infty) = 3 \times 200 = 600 \text{ V}$$

On résout l'équation pour isoler C_2 :

$$600 = \frac{C_1 \cdot E}{C_1 + C_2} \implies 600(C_1 + C_2) = C_1 \cdot E \implies 600 \cdot C_2 = C_1(E - 600)$$

$$C_2 = C_1 \left(\frac{E - 600}{600} \right)$$

Application numérique : avec $C_1 = 500\,\mu\text{F}$ et $E = 1800$ V :

$$C_2 = 500 \times \left(\frac{1800 - 600}{600} \right) = 500 \times \frac{1200}{600} = 500 \times 2 \implies C_2 = 1000\,\mu\text{F}$$

7 Calcul de la résistance interne R_0 du thorax du patient :
Déterminons d'abord graphiquement la constante de temps τ. À l'instant $t = \tau$, la tension aux bornes du condensateur C_2 atteint 63% de sa valeur finale :

$$u_{C_2}(\tau) = 0,63 \times u_{C_2}(\infty) = 0,63 \times 600 = 378 \text{ V}$$

Par lecture graphique (ou en traçant la tangente à l'origine de la courbe (2) qui coupe l'asymptote horizontale à $t = \tau$), on trouve une abscisse de 1,2 divisions horizontales. Sachant qu'une division vaut 25 ms :

$$\tau = 1,2 \times 25 \text{ ms} = 30 \text{ ms} = 0,03 \text{ s}$$

L'expression de la constante de temps globale du circuit est $\tau = R_0 \cdot C_{eq}$, où C_{eq} représente la capacité équivalente de l'association en série des deux condensateurs :

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{500 \times 1000}{500 + 1000} \cdot 10^{-6} = \frac{500000}{1500} \cdot 10^{-6} = \frac{1000}{3} \cdot 10^{-6} \text{ F} \approx 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ F}$$

On en déduit la valeur interne de la résistance R_0 :

$$R_0 = \frac{\tau}{C_{eq}} = \frac{0,03}{\frac{1000}{3} \cdot 10^{-6}} = \frac{0,09}{10^{-3}} \implies R_0 = 90\,\Omega$$

8 Énergie électrique maximale emmagasinée par l'association des condensateurs :
L'énergie totale maximale emmagasinée par le système est atteinte à la fin de la charge, lorsque la tension globale aux bornes du dipôle équivalent ($C_1 + C_2$ en série) est égale à la force électromotrice E :

$$E_{e,\max} = \frac{1}{2} C_{eq} \cdot E^2$$

Application numérique :

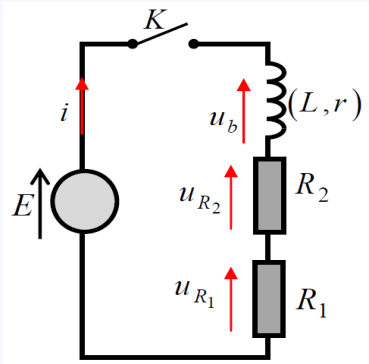
$$E_{e,\max} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1000}{3} \cdot 10^{-6} \right) \times (1800)^2 = \frac{10^{-3}}{6} \times 3,24 \cdot 10^6 = \frac{3240}{6} \implies E_{e,\max} = 540 \text{ J}$$

9 **Impact d'une augmentation de la résistance du thorax sur l'efficacité du DAI :**
Si la résistance du thorax du patient augmente pour atteindre $R_0 = 120\,\Omega$, **l'efficacité du dispositif diminue**.
Justification physique :

- **Intensité de pointe :** L'intensité maximale du courant électrique délivré au cur lors du choc de décharge est inversement proportionnelle à la résistance : $I_0 = \frac{E}{R_0}$. Une hausse de R_0 réduit l'amplitude du pic de courant traversant le muscle cardiaque.
- **Durée du choc :** La durée de la décharge est directement liée à la constante de temps $\tau = R_0 \cdot C_{eq}$. Si la résistance augmente, le temps de décharge s'allonge. Le choc électrique perd alors sa brièveté caractéristique, ce qui est moins efficace pour interrompre instantanément l'anarchie électrique d'une fibrillation ventriculaire.

Partie 2 : Étude de l'établissement du courant dans un circuit RL

1 **Représentation des flèches de tension et du sens du courant :**



2 **Étude théorique du courant électrique $i(t)$:**

a. Équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité du courant :
En appliquant la loi d'additivité des tensions (loi des mailles) au circuit fermé :

$$u_{R_1} + u_{R_2} + u_b = E$$

D'après la loi d'Ohm pour les conducteurs ohmiques, on a $u_{R_1} = R_1 \cdot i$ et $u_{R_2} = R_2 \cdot i$. L'expression de la tension aux bornes de la bobine réelle s'écrit $u_b = L\frac{di}{dt} + r \cdot i$. En remplaçant ces expressions dans la loi des mailles :

$$R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + L\frac{di}{dt} + r \cdot i = E$$

En factorisant par l'intensité du courant i :

$$(R_1 + R_2 + r) \cdot i + L\frac{di}{dt} = E$$

En divisant l'ensemble des termes par la résistance totale du circuit $(R_1 + R_2 + r)$, on obtient l'équation différentielle sous sa forme canonique :

$$i(t) + \frac{L}{R_1+R_2+r}\frac{di}{dt} = \frac{E}{R_1+R_2+r} \tag{3}$$

b. Expression de l'intensité du courant I_0 en régime permanent :
En régime permanent, l'intensité du courant électrique atteint une valeur constante notée I_0. Par conséquent, sa dérivée par rapport au temps s'annule : $\frac{di}{dt} = 0$. En injectant cette condition dans l'équation différentielle précédente, on en déduit :

$$I_0 = \frac{E}{R_1+R_2+r} \tag{4}$$

c. Détermination de l'expression littérale de la constante de temps τ :
La solution analytique proposée s'écrit : $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau}) = I_0 - I_0e^{-t/\tau}$.
Sa dérivée par rapport au temps est :

$$\frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau}e^{-t/\tau}$$

En substituant $i(t)$ et $\frac{di}{dt}$ dans l'équation différentielle :

$$I_0 - I_0e^{-t/\tau} + \frac{L}{R_1 + R_2 + r} \cdot \frac{I_0}{\tau}e^{-t/\tau} = \frac{E}{R_1 + R_2 + r}$$

Puisque $\frac{E}{R_1+R_2+r} = I_0$, l'équation se simplifie ainsi :

$$I_0+I_0e^{-t/\tau}\left(\frac{L}{(R_1 + R_2 + r)\tau} - 1\right) = I_0 \implies I_0e^{-t/\tau}\left(\frac{L}{(R_1 + R_2 + r)\tau} - 1\right) = 0$$

Pour que cette égalité soit vérifiée à tout instant t, le terme entre parenthèses doit être nul :

$$\frac{L}{(R_1 + R_2 + r)\tau} - 1 = 0 \implies \tau = \frac{L}{R_1+R_2+r}$$

3 Expressions temporelles des tensions $u_b(t)$, $u_{R_1}(t)$ et $u_{R_2}(t)$:
— **Pour la tension $u_{R_1}(t)$:**

$$u_{R_1}(t) = R_1 \cdot i(t) = R_1 \cdot I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

— **Pour la tension $u_{R_2}(t)$:**

$$u_{R_2}(t) = R_2 \cdot i(t) = R_2 \cdot I_0 \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

— **Pour la tension $u_b(t)$:**
On sait que $u_b(t) = L\frac{di}{dt} + r \cdot i(t)$. En injectant les expressions temporelles :

$$u_b(t) = L \cdot \frac{I_0}{\tau} e^{-t/\tau} + r \cdot I_0 \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

Sachant que $\frac{L}{\tau} = R_1 + R_2 + r$, le premier terme devient $(R_1 + R_2 + r)I_0 e^{-t/\tau} = Ee^{-t/\tau}$. D'où :

$$u_b(t) = Ee^{-t/\tau} + r \cdot I_0 \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

4 **Identification et justification des courbes de la Figure 2 :**

— **Identification de la tension $u_b(t)$:** À l'instant initial $t = 0$, la bobine s'oppose à l'établissement instantané du courant, donc $i(0) = 0$. Par conséquent, les tensions aux bornes des résistances sont nulles : $u_{R_1}(0) = 0$ et $u_{R_2}(0) = 0$. D'après la loi des mailles, on a $u_b(0) = E \neq 0$. La seule courbe partant d'une valeur maximale non nulle à l'origine et décroissant au cours du temps est la courbe (3).

$$\Longrightarrow \textbf{La courbe (3) correspond à la tension } u_b(t)$$

— **Identification des tensions $u_{R_1}(t)$ et $u_{R_2}(t)$:** En régime permanent ($t \to \infty$), les tensions aux bornes des deux conducteurs ohmiques atteignent leurs paliers maximaux respectifs : $u_{R_1}(\infty) = R_1 \cdot I_0$ et $u_{R_2}(\infty) = R_2 \cdot I_0$. L'énoncé indique clairement que $R_1 < R_2$, ce qui implique que :

$$u_{R_1}(\infty) < u_{R_2}(\infty)$$

Sur le graphique, l'asymptote horizontale de la courbe (1) se situe au-dessus de celle de la courbe (2).

$\Longrightarrow$ **La courbe (1) correspond à la tension $u_{R_2}(t)$** et
La courbe (2) correspond à la tension $u_{R_1}(t)$

5 **Détermination des valeurs des paramètres du circuit ($I_0 = 0,1$ A) :**
Chaque grande division sur l'axe vertical correspond à 1 V.

— **Force électromotrice E :** À $t = 0$, l'ordonnée à l'origine de la courbe (3) se situe à 9 divisions.

$$u_b(0) = E \Longrightarrow E = 9 \text{ V}$$

— **Résistance R_1 :** L'asymptote horizontale de la courbe (2) se situe à 3 divisions (3 V).

$$u_{R_1}(\infty) = R_1 \cdot I_0 = 3 \text{ V} \implies R_1 = \frac{3}{I_0} = \frac{3}{0,1} \implies \boxed{R_1 = 30\,\Omega}$$

— **Résistance R_2 :** L'asymptote horizontale de la courbe (1) se situe à 5 divisions (5 V).

$$u_{R_2}(\infty) = R_2 \cdot I_0 = 5 \text{ V} \implies R_2 = \frac{5}{I_0} = \frac{5}{0,1} \implies \boxed{R_2 = 50\,\Omega}$$

— **Résistance interne r de la bobine :** En régime permanent, la courbe (3) ne descend pas à zéro mais tend vers un palier horizontal situé à 1 division (1 V).

$$u_b(\infty) = r \cdot I_0 = 1 \text{ V} \implies r = \frac{1}{I_0} = \frac{1}{0,1} \implies \boxed{r = 10\,\Omega}$$

— **Inductance L de la bobine :** Par lecture graphique, l'abscisse caractéristique de la constante de temps (intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote ou projection temporelle standard) est $\tau = 10$ ms $= 0,01$ s. En exploitant l'expression littérale établie à la question 2.c :

$$L = \tau \cdot (R_1 + R_2 + r) = 0,01 \times (30+50+10) = 0,01 \times 90 \implies \boxed{L = 0,9 \text{ H}}$$

6 Calcul de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine à l'instant $t = \tau$:

L'énergie magnétique stockée par une bobine d'inductance L traversée par un courant i s'exprime par :

$$E_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot i^2(t)$$

À l'instant $t = \tau$, l'intensité du courant vaut :

$$i(\tau) = I_0 \left(1 - e^{-\tau/\tau}\right) = I_0 \left(1 - e^{-1}\right)$$

L'expression de l'énergie devient donc :

$$E_L(\tau) = \frac{1}{2} L \cdot I_0^2 \left(1 - e^{-1}\right)^2$$

Application numérique : sachant que $e^{-1} \approx 0,368$, on a $(1 - e^{-1}) \approx 0,632$.

$$E_L(\tau) = \frac{1}{2} \times 0,9 \times (0,1)^2 \times (0,632)^2 = 0,45 \times 0,01 \times 0,3994$$

$$E_L(\tau) \approx 0,001797 \text{ J} \implies \boxed{E_L(\tau) \approx 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad (\text{soit } 1,8 \text{ mJ})}$$

Modulation d'amplitude et réception d'un signal

1 Nom du composant X et son rôle :

- **Nom :** Le composant X est un **multiplieur** (ou circuit intégré multiplieur).
- **Rôle :** Son rôle est de réaliser la multiplication instantanée des deux tensions d'entrée $u_1(t)$ et $u_2(t)$ afin de générer en sortie un signal modulé en amplitude $u_s(t)$.

2 Expression de la tension de sortie $u_s(t)$:

Par définition du multiplieur de constante k :

$$u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$$

En remplaçant les tensions d'entrée par leurs expressions littérales :

$$u_s(t) = k \cdot [s(t) + U_0] \cdot u_2(t) \tag{5}$$

3 Développement sous forme de somme de trois fonctions sinusoïdales :

En utilisant les données $s(t) = S_m \cos(2\pi f_s t)$ et $u_2(t) = U_m \cos(2\pi F_p t)$:

$$u_s(t) = k \cdot [S_m \cos(2\pi f_s t) + U_0] \cdot U_m \cos(2\pi F_p t)$$

En factorisant par la composante continue U_0 à l'intérieur du crochet :

$$u_s(t) = k \cdot U_0 \cdot U_m \left[1 + \frac{S_m}{U_0} \cos(2\pi f_s t)\right] \cos(2\pi F_p t)$$

Posons la constante $A = k \cdot U_0 \cdot U_m$ et le taux de modulation $m = \frac{S_m}{U_0}$. L'expression devient :

$$u_s(t) = A\,[1 + m \cos(2\pi f_s t)] \cos(2\pi F_p t)$$

$$u_s(t) = A \cos(2\pi F_p t) + A \cdot m \cos(2\pi f_s t) \cos(2\pi F_p t)$$

En appliquant la formule trigonométrique de linéarisation $\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$ au second terme :

$$u_s(t) = A \cos(2\pi F_p t) + \frac{A \cdot m}{2} \cos[2\pi(F_p - f_s)t] + \frac{A \cdot m}{2} \cos[2\pi(F_p + f_s)t]$$

Par identification avec la forme demandée dans l'énoncé, on définit les trois fréquences composant le spectre :

$$f_1 = F_p - f_s \quad \text{(fréquence de la raie latérale inférieure)}$$
$$f_2 = F_p \quad \text{(fréquence de la porteuse centrale)}$$
$$f_3 = F_p + f_s \quad \text{(fréquence de la raie latérale supérieure)}$$

4 Exploitation du spectre de fréquences (Figure 2) :

4.1. Fréquence de la porteuse F_p et de la tension modulante f_s :

Le spectre en fréquences d'un signal modulé en amplitude est constitué d'une raie centrale d'amplitude maximale entourée de deux raies latérales symétriques.

— La raie centrale se situe à la fréquence de la porteuse :

$$\Longrightarrow \quad F_p = 6 \text{ kHz}$$

— La raie latérale inférieure se situe à $f_1 = 5,5$ kHz. Sachant que $f_1 = F_p - f_s$:

$$f_s = F_p - f_1 = 6 - 5,5 \implies f_s = 0,5 \text{ kHz} = 500 \text{ Hz}$$

(On vérifie par symétrie que la raie supérieure est à $f_3 = F_p + f_s = 6,5$ kHz).

4.2. Détermination du taux de modulation m :

D'après l'expression développée à la question 3, l'amplitude de la raie centrale est A et celle des raies latérales est $\frac{A \cdot m}{2}$. Sur la Figure 2, on lit directement les amplitudes (hauteurs des raies) :

$$\text{Amplitude centrale } A = 1,5 \text{ V}$$
$$\text{Amplitude latérale } \frac{A \cdot m}{2} = 0,5 \text{ V}$$

On en déduit le taux de modulation m :

$$A \cdot m = 2 \times 0,5 = 1 \text{ V} \implies m = \frac{1}{A} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3} \implies m \approx 0,67 \quad (67\%)$$

4.3. Qualité de la modulation :

Pour obtenir une **bonne modulation d'amplitude** (sans phénomène de surmodulation), deux conditions fondamentales doivent être strictement respectées :

1. Le taux de modulation doit être inférieur à 1 ($m < 1$). Ici, $m \approx 0,67 < 1$.

2. La fréquence de la porteuse doit être très supérieure à celle du signal informatif ($F_p \gg f_s$, généralement $F_p \geq 10 f_s$). Ici, $\frac{F_p}{f_s} = \frac{6}{0{,}5} = 12 \gg 1$.

Puisque les deux critères théoriques sont validés, **la modulation est de bonne qualité**.

5 Détermination de la capacité C_0 du condensateur d'accord :
Le circuit bouchon (circuit LC d'accord) permet de sélectionner le signal modulé en entrant en résonance à la fréquence propre f_0 égale à la fréquence de la porteuse F_p :

$$f_0 = F_p \implies \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 \cdot C_{eq}}} = F_p \implies L_0 \cdot C_{eq} = \frac{1}{4\pi^2 F_p^2}$$

On isole la capacité équivalente C_{eq} :

$$C_{eq} = \frac{1}{4\pi^2 F_p^2 L_0}$$

Les deux condensateurs C et C_0 étant montés en **série**, la capacité équivalente vérifie :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_0} \implies \frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_{eq}} - \frac{1}{C} = 4\pi^2 F_p^2 L_0 - \frac{1}{C}$$

D'où l'expression littérale de C_0 :

$$C_0 = \frac{1}{4\pi^2 F_p^2 L_0 - \frac{1}{C}}$$

Application numérique : en prenant classiquement $\pi^2 \approx 10$:
- $F_p = 6$ kHz $= 6 \cdot 10^3$ Hz $\implies F_p^2 = 36 \cdot 10^6$ Hz^2.
- $L_0 = 60$ mH $= 60 \cdot 10^{-3}$ H $= 0{,}06$ H.
- $C = 10\,\mu$F $= 10^{-5}$ F $\implies \frac{1}{C} = 10^5$ F^{-1}.

Calculons le terme principal du dénominateur :

$$4\pi^2 F_p^2 L_0 \approx 4 \times 10 \times (36 \cdot 10^6) \times 0{,}06 = 40 \times 2{,}16 \cdot 10^6 = 86{,}4 \cdot 10^6 \text{ F}^{-1}$$

On remarque que le terme $\frac{1}{C} = 0{,}1 \cdot 10^6$ F^{-1} est négligeable devant $86{,}4 \cdot 10^6$ F^{-1} :

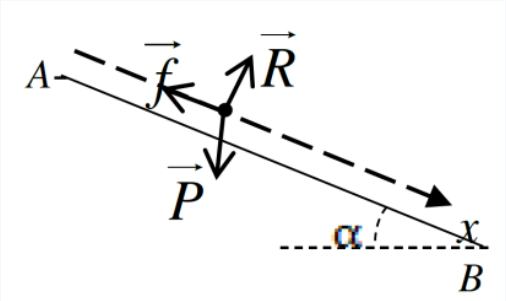
$$C_0 = \frac{1}{86{,}4 \cdot 10^6 - 0{,}1 \cdot 10^6} = \frac{1}{86{,}3 \cdot 10^6} \approx 1{,}158 \cdot 10^{-8} \text{ F}$$

$$\implies \boxed{C_0 \approx 11{,}6 \text{ nF}}$$

Physique 4 : Mécanique - Étude du mouvement d'un skateur

I - Étude du mouvement du skateur sur le plan incliné (AB)

1 Représentation des forces extérieures :



2 Application de la deuxième loi de Newton et discussion :

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, appliquons le principe fondamental de la dynamique :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}_G \implies \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_G$$

Projetons cette relation vectorielle sur l'axe (Ax) parallèle à la piste et orienté dans le sens du mouvement :

$$P_x + R_x + f_x = m \cdot a_x \implies m \cdot g\sin(\alpha) + 0 - f = m \cdot a$$

En divisant par la masse m, on obtient l'expression de l'accélération a :

$$a = g\sin(\alpha) - \frac{f}{m} \tag{6}$$

Discussion de la nature du mouvement selon l'intensité de f : Puisque les grandeurs g, α, m et f sont constantes, la trajectoire est rectiligne et l'accélération a est constante.

- **Cas 1 ($f < mg\sin\alpha$) :** L'accélération est positive ($a > 0$). Le vecteur vitesse et le vecteur accélération sont colinéaires et de même sens ($\vec{a}\cdot\vec{v} > 0$). Le mouvement est **rectiligne uniformément accéléré**.
- **Cas 2 ($f > mg\sin\alpha$) :** L'accélération est négative ($a < 0$). Les vecteurs vitesse et accélération sont de sens opposés ($\vec{a}\cdot\vec{v} < 0$). Le mouvement est **rectiligne uniformément décéléré** (ou retardé).
- **Cas 3 ($f = mg\sin\alpha$) :** L'accélération est nulle ($a = 0$). D'après la première loi de Newton (principe d'inertie), le mouvement est **rectiligne uniforme** à la vitesse initiale v_A.

3 Exploitation de la courbe d'analyse vidéo $v^2 = h(x)$ (Figure 3) :

a. Nature du mouvement :
Le graphe montre que les valeurs de la vitesse augmentent au cours du temps au fur et à mesure que le skateur descend la piste. Le mouvement correspond au **Cas 1** étudié précédemment : il est **rectiligne uniformément accéléré**.

b. Équations horaires de la vitesse $v(t)$ et de la position $x(t)$:
Par intégration successive de l'accélération $a = \frac{dv}{dt} = \text{Cste}$ avec les conditions initiales à $t = 0$ ($v(0) = v_A$ et $x(0) = x_A = 0$) :

$$v(t) = a \cdot t + v_A \tag{7}$$

$$x(t) = \tfrac{1}{2} a \cdot t^2 + v_A \cdot t \tag{8}$$

c. Relation indépendante du temps :
Élevons l'équation horaire de la vitesse au carré :

$$v^2(t) = (a \cdot t + v_A)^2 = a^2 t^2 + 2atv_A + v_A^2 = 2a \left(\frac{1}{2} a t^2 + v_A t \right) + v_A^2$$

En remplaçant le terme entre parenthèses par l'équation horaire de la position $x(t)$, on obtient la relation :

$$v^2(t) - v_A^2 = 2 \cdot a \cdot x \implies v^2(t) = 2 \cdot a \cdot x + v_A^2 \tag{9}$$

d. Valeurs de la vitesse initiale v_A et de l'accélération a :
La courbe de la Figure 3 est une droite affine d'équation théorique $v^2 = 2a \cdot x + v_A^2$.

— **Vitesse initiale v_A :** Par lecture graphique de l'ordonnée à l'origine à $x = 0$, on a $v_A^2 = 4\ \text{m}^2/\text{s}^2$.

$$\implies v_A = \sqrt{4} = 2\ \text{m/s}$$

— **Accélération a :** Le coefficient directeur de la droite est égal à $2a$. En prenant les points extrêmes de la droite $(0\ \text{m}; 4\ \text{m}^2/\text{s}^2)$ et $(12\ \text{m}; 100\ \text{m}^2/\text{s}^2)$:

$$2a = \frac{100 - 4}{12 - 0} = \frac{96}{12} = 8\ \text{m/s}^2 \implies a = \tfrac{8}{2} = 4\ \text{m/s}^2$$

e. Vérification de l'intensité de la force de frottement f :
À partir de l'expression de l'accélération établie à la question 2 :

$$a = g\sin(\alpha) - \frac{f}{m} \implies \frac{f}{m} = g\sin(\alpha) - a \implies f = m\left[g\sin(\alpha) - a\right]$$

Application numérique : avec $m = 60$ kg, $g = 10$ m/s^2 et $\alpha = 30°$ ($\sin 30° = 0,5$) :

$$f = 60 \times (10 \times 0,5 - 4) = 60 \times (5 - 4) = 60 \times 1 \implies \boxed{f = 60 \text{ N}}$$

Ce résultat confirme la valeur donnée dans l'énoncé.

f. Intensité de la réaction normale R :
Projetons la relation vectorielle fondamentale $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_G$ sur l'axe (Ay) perpendiculaire au plan incliné. Il n'y a pas de mouvement selon cet axe, donc $a_y = 0$:

$$P_y + R_y + f_y = 0 \implies -mg\cos(\alpha) + R + 0 = 0 \implies R = mg\cos(\alpha)$$

Application numérique : ($\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,866$) :

$$R = 60 \times 10 \times \cos(30°) = 600 \times 0,866 \implies \boxed{R \approx 519,6 \text{ N}}$$

II - Étude du mouvement du skateur sur le plan horizontal (BC)

1 Représentation des forces sur le tronçon horizontal :
Sur la piste plane BC, le skateur est soumis à son **poids** $\vec{P}$ (vertical vers le bas), à la **réaction normale** $\vec{R}$ (verticale vers le haut) et à la **force de frottement** $\vec{f}$ horizontale, opposée au sens du mouvement.

2 Équation différentielle vérifiée par la vitesse :
Appliquons la deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_G$. Par projection sur l'axe horizontal (Bx) orienté vers C :

$$0 + 0 - f = m \cdot a_x \implies m\frac{dv}{dt} = -f \implies \boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{f}{m} = 0}$$

3 Nature du mouvement sur la piste BC :
L'accélération s'écrit $a = \frac{dv}{dt} = -\frac{f}{m}$. Puisque $f > 0$ et $m > 0$, l'accélération est strictement négative et constante. La vitesse diminuant linéairement, le mouvement est **rectiligne uniformément décéléré** (retardé).

4 Application du théorème de l'énergie cinétique :
Entre le point d'entrée B et une position intermédiaire d'abscisse x, la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des forces appliquées :

$$\Delta E_c = E_c(x) - E_c(B) = W_{B\to x}(\vec{P}) + W_{B\to x}(\vec{R}) + W_{B\to x}(\vec{f})$$

Les forces $\vec{P}$ et $\vec{R}$ étant perpendiculaires au déplacement, leurs travaux sont nuls. Le travail de la force de frottement est résistant : $W_{B\to x}(\vec{f}) = -f \cdot x$. D'où :

$$\frac{1}{2}mv^2(x) - \frac{1}{2}mv_B^2 = -f \cdot x \implies v^2(x) - v_B^2 = -\frac{2f}{m}x$$

$$v^2(x) = -\tfrac{2f}{m}x + v_B^2 \tag{10}$$

On retrouve l'expression canonique $v^2 = 2ax + v_B^2$ sachant que l'accélération vaut $a = -\frac{f}{m}$.

5 Vérification de la vitesse au point C ($v_C = 8$ m/s) :
La vitesse d'entrée v_B correspond à la vitesse finale atteinte au bas du plan incliné AB (pour $x_{AB} = 12$ m). D'après la Figure 3, on a $v_B^2 = 100$ m^2/s^2. Calculons la vitesse au point C situé à la distance $BC = 18$ m :

$$v_C^2 = -\frac{2 \times 60}{60} \times 18 + 100 = -2 \times 18 + 100 = -36 + 100 = 64 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\implies v_C = \sqrt{64} = 8 \text{ m/s}$$

III - Étude du saut au-dessus de la flaque d'eau (CD)

1 Étude cinématique de la phase aérienne :

a. Nature du mouvement sur les axes (Ox) et (Oy) :
En négligeant l'action de l'air, le système est en **chute libre** et n'est soumis qu'à son poids $\vec{P} = m\vec{g}$. La deuxième loi de Newton donne : $m\vec{g} = m\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$. Par projection dans le repère (C, x, y) :

- Sur l'axe horizontal (Ox) : $a_x = 0$. L'accélération étant nulle, le mouvement est **rectiligne uniforme**.
- Sur l'axe vertical (Oy) : $a_y = -g$. L'accélération étant constante et non nulle, le mouvement est **rectiligne uniformément varié**.

b. Équations horaires de la vitesse $v_x(t)$ et $v_y(t)$:
À l'instant du décollage $t = 0$, le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ (de norme $v_0 = v_C = 8$ m/s) fait un angle β avec l'horizontale. Ses composantes initiales sont $v_{0x} = v_0 \cos\beta$ et $v_{0y} = v_0 \sin\beta$. Par intégration de l'accélération :

$$v_x(t) = v_0 \cos(\beta) \tag{11}$$

$$v_y(t) = -g \cdot t + v_0 \sin(\beta) \tag{12}$$

c. Équations horaires de la position $x(t)$ et $y(t)$:
Par intégration des composantes de la vitesse avec les coordonnées initiales du centre d'inertie au décollage $G_0(x_0 = 0 \text{ m}; y_0 = 0,8 \text{ m})$:

$$x(t) = (v_0 \cos\beta)\, t \tag{13}$$

$$y(t) = -\tfrac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0 \sin\beta)\, t + y_0 \tag{14}$$

d. Équation de la trajectoire :
Exprimons le temps t à partir de l'équation horaire de l'abscisse : $t = \frac{x}{v_0 \cos\beta}$.
Substituons cette expression dans l'équation de l'ordonnée $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0 \cos\beta} \right)^2 + v_0 \sin\beta \left(\frac{x}{v_0 \cos\beta} \right) + y_0$$

$$y(x) = -\frac{g}{2 v_0^2 \cos^2\beta} x^2 + x \tan(\beta) + y_0$$

Application numérique : en remplaçant $g = 10 \text{ m/s}^2$, $v_0 = 8 \text{ m/s}$ $(v_0^2 = 64)$ et $y_0 = 0,8 \text{ m}$:

$$\frac{g}{2v_0^2} = \frac{10}{2 \times 64} = \frac{10}{128} = 0,078125 \approx 0,078 \text{ m}^{-1}$$

On obtient l'équation numérique de la parabole de tir :

$$y(x) = -\frac{0,078}{\cos^2(\beta)} x^2 + x \tan(\beta) + 0,8 \tag{15}$$

2 Détermination des angles de tir limites β_1 et β_2 :
Pour réussir le saut au-dessus de la flaque, le point d'impact arrière doit atteindre au minimum les coordonnées cibles $D(x_D = 6 \text{ m}; y_D = 0,3 \text{ m})$. En injectant le couple (x_D, y_D) dans l'équation de la trajectoire :

$$0,3 = -\frac{0,078}{\cos^2(\beta)} (6)^2 + 6 \tan(\beta) + 0,8$$

En utilisant l'identité trigonométrique fondamentale $\frac{1}{\cos^2\beta} = 1 + \tan^2\beta$ fournie dans les données :

$$0,3 = -0,078 \times 36 \times (1 + \tan^2\beta) + 6 \tan(\beta) + 0,8$$

$$0,3 = -2,808(1 + \tan^2\beta) + 6 \tan(\beta) + 0,8$$

$$-2,808 \tan^2(\beta) + 6 \tan(\beta) + (0,8 - 2,808 - 0,3) = 0$$

En multipliant par -1, on obtient l'équation du second degré en $\tan\beta$:

$$2,808\tan^2(\beta) - 6\tan(\beta) + 2,308 = 0 \tag{16}$$

Calculons le discriminant Δ :

$$\Delta = (-6)^2 - 4 \times 2,808 \times 2,308 = 36 - 25,923 = 10,077 > 0$$

L'équation admet deux solutions réelles distinctes pour $\tan\beta$:

$$\tan(\beta_1) = \frac{6 + \sqrt{10,077}}{2 \times 2,808} = \frac{6 + 3,1744}{5,616} = \frac{9,1744}{5,616} \approx 1,6336$$

$$\tan(\beta_2) = \frac{6 - \sqrt{10,077}}{2 \times 2,808} = \frac{6 - 3,1744}{5,616} = \frac{2,8256}{5,616} \approx 0,5031$$

Déduction des deux angles limites :

$$\beta_1 = \arctan(1,6336) \implies \beta_1 \approx 58,5° \quad \text{(tir en cloche)}$$

$$\beta_2 = \arctan(0,5031) \implies \beta_2 \approx 26,6° \quad \text{(tir tendu)}$$

Tout angle de décollage compris dans l'intervalle $[\beta_2; \beta_1]$ garantit un atterrissage en toute sécurité au-delà de la flaque d'eau.

Partie 2 : Étude du mouvement des satellites artificiels

1 Trajectoire de la Figure 1 et référentiel d'étude :

- **Trajectoire :** La Figure 1 représente une trajectoire **elliptique** (une ellipse dont le centre de la Terre occupe l'un des foyers).
- **Définition géométrique :** Une ellipse est l'ensemble des points du plan dont la somme des distances à deux points fixes F_1 et F_2 (appelés foyers) est constante : $r_1 + r_2 = 2a$ (où a est le demi-grand axe).
- **Référentiel d'étude :** Le référentiel le plus adapté pour décrire ce mouvement orbital est le **référentiel géocentrique** (dont l'origine est le centre de masse de la Terre et dont les trois axes pointent vers des étoiles lointaines supposées fixes). Il est considéré comme galiléen pour cette étude.

2 Vérification de la première loi de Kepler :

Oui, la première loi de Kepler (loi des orbites) est parfaitement vérifiée sur la Figure 1.

Justification : L'énoncé de la première loi stipule que *"dans le référentiel géocentrique, la trajectoire du centre d'inertie d'un satellite est une ellipse*

dont le centre de la Terre occupe l'un des foyers". C'est exactement la configuration géométrique illustrée sur le schéma.

3 Expression littérale de la force d'attraction gravitationnelle :
D'après la loi de la gravitation universelle de Newton, l'intensité de la force exercée par la Terre sur le satellite artificiel (S) à l'altitude h s'écrit :

$$F_{T/S} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T+h)^2} \tag{17}$$

4 Expression de l'accélération de la pesanteur terrestre g :
En assimilant le poids du satellite à la force d'attraction gravitationnelle à l'altitude h, on a l'égalité fondamentale :

$$P = F_{T/S} \implies m \cdot g = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2}$$

En simplifiant par la masse m du satellite des deux côtés, on obtient l'expression de g :

$$g = \frac{G \cdot M_T}{(R_T+h)^2} \tag{18}$$

5 Mise sous forme affine de l'altitude h :
À partir de la relation précédente, isolons le terme au dénominateur :

$$(R_T + h)^2 = \frac{G \cdot M_T}{g}$$

En prenant la racine carrée (les grandeurs physiques étant strictement positives) :

$$R_T + h = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{g}} = \sqrt{G \cdot M_T} \cdot \frac{1}{\sqrt{g}}$$

On en déduit l'expression de l'altitude h :

$$h = \sqrt{G \cdot M_T} \cdot \frac{1}{\sqrt{g}} - R_T$$

Par identification avec la forme théorique demandée $h = A \cdot \frac{1}{\sqrt{g}} + B$, on définit les constantes littérales :

$$A = \sqrt{G \cdot M_T} \tag{19}$$

$$B = -R_T \tag{20}$$

6 Exploitation du graphe $h = f\left(\frac{1}{\sqrt{g}}\right)$ (Figure 3) :

a. Équation numérique de la courbe :
Le graphe de la Figure 3 est une droite affine ne passant pas par l'origine, d'équation générale $h = a \cdot \frac{1}{\sqrt{g}} + b$.

— **Pente (coefficient directeur)** a **:** Choisissons deux points lisibles sur la droite, par exemple l'abscisse à l'origine $(0,32\ \text{SI}; 0\ \text{km})$ et le point donné $(0\ \text{SI}; -6,38 \cdot 10^3\ \text{km})$ par extrapolation des axes :

$$a = \frac{0 - (-6,38 \cdot 10^6\ \text{m})}{0,32 - 0} = \frac{6,38 \cdot 10^6}{0,32} \approx 19,9375 \cdot 10^6 \approx 20 \cdot 10^6\ \text{SI}$$

— **Ordonnée à l'origine** b **:** Elle correspond géométriquement à l'ordonnée pour $\frac{1}{\sqrt{g}} = 0$, soit $b = -6,38 \cdot 10^6$ m (ou $-6,38 \cdot 10^3$ km).

L'équation numérique dans le système international (SI) s'écrit donc :

$$h = 20 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{\sqrt{g}} - 6,38 \cdot 10^6 \quad \text{(en mètres)} \tag{21}$$

b. Calcul de la masse de la Terre M_T :
Par identification entre la pente théorique A et la valeur expérimentale a :

$$\sqrt{G \cdot M_T} = 20 \cdot 10^6 \implies G \cdot M_T = (20 \cdot 10^6)^2 = 400 \cdot 10^{12} = 4 \cdot 10^{14}$$

$$M_T = \frac{4 \cdot 10^{14}}{G} = \frac{4 \cdot 10^{14}}{6,67 \cdot 10^{-11}} \approx 0,5997 \cdot 10^{25}\ \text{kg}$$

$$\implies \boxed{M_T \approx 6,0 \cdot 10^{24}\ \text{kg}}$$

c. Rayon moyen de la Terre R_T :
Par identification de l'ordonnée à l'origine théorique $B = -R_T$ avec la valeur lue sur le graphe $b = -6,38 \cdot 10^6$ m :

$$R_T = 6,38 \cdot 10^6\ \text{m} \implies \boxed{R_T = 6\,380\ \text{km} \quad (\text{soit } 6,38 \cdot 10^3\ \text{km})}$$

d. Accélération de la pesanteur g_0 à la surface de la Terre :
À la surface terrestre ($h = 0$), la relation théorique donne :

$$g_0 = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2}$$

Application numérique :

$$g_0 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6,0 \cdot 10^{24}}{(6,38 \cdot 10^6)^2} = \frac{4,002 \cdot 10^{14}}{40,7044 \cdot 10^{12}} \approx 9,8318\ \text{m/s}^2$$

$$\implies \boxed{g_0 \approx 9,8\ \text{m/s}^2}$$

Autre méthode graphique : pour $h = 0$, l'abscisse vaut $\frac{1}{\sqrt{g_0}} = 0,32$ SI $\Longrightarrow$ $\sqrt{g_0} = \frac{1}{0,32} = 3,125 \Longrightarrow g_0 = (3,125)^2 \approx 9,77\ m/s^2$.

7 Étude de l'orbite spécifique du satellite ($g = 0,225$ SI) :

a. Calcul de l'altitude h du satellite :

En utilisant l'équation affine théorique ou expérimentale avec $g = 0,225\ \text{m/s}^2$:

$$\frac{1}{\sqrt{g}} = \frac{1}{\sqrt{0,225}} = \frac{1}{0,4743} \approx 2,108\ \text{SI}$$

$$h = \sqrt{G \cdot M_T} \cdot \frac{1}{\sqrt{g}} - R_T = 20 \cdot 10^6 \times 2,108 - 6,38 \cdot 10^6$$

$$h = 42,16 \cdot 10^6 - 6,38 \cdot 10^6 = 35,78 \cdot 10^6\ \text{m} \approx 35\,800\ \text{km}$$

$$\Longrightarrow \quad h \approx 35\,800\ \text{km}$$

b. Nature de l'orbite du satellite :

L'altitude calculée ($h \approx 35\,800$ km) correspond de manière caractéristique à l'altitude nominale des satellites géostationnaires (environ 35 786 km).

$$\Longrightarrow \quad \textbf{Il s'agit d'une orbite géostationnaire (GEO)}$$

Ce type de satellite apparaît fixe par rapport à un observateur terrestre (sa période de révolution est égale à la période de rotation propre de la Terre, soit un jour sidéral).

c. Calcul de la vitesse orbitale v :

Appliquons la deuxième loi de Newton au satellite sur son orbite circulaire de rayon $r = R_T + h$. Le vecteur accélération est purement centripète (normale) : $a_n = \frac{v^2}{R_T+h}$.

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a} \Longrightarrow F_{T/S} = m \cdot a_n \Longrightarrow G\frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} = m\frac{v^2}{R_T + h}$$

En simplifiant par m et par un facteur $(R_T + h)$ au dénominateur, on isole la vitesse orbitale :

$$v^2 = \frac{G \cdot M_T}{R_T + h} \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}}$$

Application numérique : avec $R_T + h = 6,38 \cdot 10^6 + 35,8 \cdot 10^6 = 42,18 \cdot 10^6$ m :

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6,0 \cdot 10^{24}}{42,18 \cdot 10^6}} = \sqrt{\frac{4,002 \cdot 10^{14}}{42,18 \cdot 10^6}} = \sqrt{9,4879 \cdot 10^6} \approx 3080,24\ \text{m/s}$$

$$\Longrightarrow \quad v \approx 3080\ \text{m/s} \quad (\text{soit} \ \approx 3,08\ \text{km/s})$$

Autre relation utile : sachant que $g = \frac{GM_T}{(R_T+h)^2}$, on a $v = \sqrt{g(R_T + h)} = \sqrt{0,225 \times 42,18 \cdot 10^6} \approx 3080,6\ m/s$.