

Epreuve du 1^{er} groupe**SCIENCES PHYSIQUES**Les tables et calculatrices réglementaires sont autorisées.**EXERCICE 1 (03 points)**

L'acétanilide est anciennement utilisé comme antipyrétique sous le nom d'antifébrine (calme la fièvre). La formule semi-développée de l'acétanilide est écrite ci-contre :

1.1 Nommer le groupe fonctionnel encadré dans cette formule. (0,25 point)

1.2 Ecrire les formules semi-développées de l'amine et de l'acide carboxylique dont est issu, formellement, l'acétanilide. (0,5 point)

1.3. Dans la pratique, la synthèse de l'acétanilide se fait en chauffant à reflux un mélange de l'amine et de l'anhydride éthanóïque (au lieu d'acide éthanóïque).

1.3.1 Pourquoi utilise-t-on l'anhydride éthanóïque plutôt que l'acide éthanóïque pour synthétiser l'acétanilide ? (0,5 point)

1.3.2 Au cours d'une expérience, on introduit dans un ballon sec, un volume $V_1 = 10,0$ mL d'aniline pure ($C_6H_5NH_2$) dans un solvant approprié et on ajoute un volume $V_2 = 15,0$ mL d'anhydride éthanóïque. On chauffe à reflux pendant quelques minutes. Après refroidissement, on verse dans l'eau froide ; des cristaux blancs d'acétanilide apparaissent progressivement. Après filtration, lavage à l'eau et séchage, le solide obtenu a une masse de 12,7 g.

a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de synthèse de l'acétanilide (on considère que le second produit organique obtenu en même temps que l'acétanilide ne réagit pas avec l'aniline dans les conditions de l'expérience). (0,5 point)

b) Calculer les quantités de réactifs utilisées. Préciser le réactif limitant. (0,75 point)

c) Calculer le rendement de la synthèse de l'acétanilide (0,5 point)

Données :

Densité de l'aniline : $d_1 = 1,02$; densité de l'anhydride éthanóïque : $d_2 = 1,08$

Masses molaires en $g \cdot mol^{-1}$: $M(C) = 12$; $M(N) = 14$; $M(H) = 1$; $M(O) = 16$

EXERCICE 2 (03 points)

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

2.1.1 Le monoacide AH est-il un acide fort ou faible? Justifier la réponse. (0,5 point)

2.1.2 Ecrire alors l'équation-bilan de sa réaction avec l'eau. (0,25 point)

2.2 On prépare une solution en dissolvant une masse m d'un monoacide fort de masse molaire M dans un volume V d'eau pure. On négligera la variation de volume consécutive à la dissolution de l'acide.

2.2.1 Exprimer le pH de la solution en fonction de m , M et V . (0,25 point)

2.2.2 On mesure les pH de plusieurs solutions obtenues chacune par dissolution d'une masse m de cet acide dans un volume $V = 1L$ d'eau. Le graphe $pH = f(\log m)$ est reproduit en annexe [courbe (I)].

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. (0,5 point)

NB : il n'est pas demandé de rendre la courbe(I) avec la copie, on expliquera seulement l'exploitation qui en est faite pour répondre à la question posée.

b) Dédire des résultats précédents la masse molaire M de l'acide et l'identifier parmi les acides de formules : HCl ; HNO_3 ; H_2SO_4 ; $HClO_3$ (0,5 point)

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

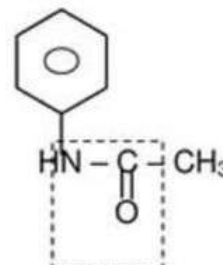
2.3 On prélève un volume $V_a = 20$ mL d'une des solutions de l'acide de pH = 2,1 et on y ajoute un volume

$V_b = 30$ mL d'une solution d'hydroxyde sodium de concentration molaire $C_b = 5 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$.

2.3.1 Le mélange obtenu est-il acide, basique, ou neutre ? Justifier la réponse. (0,5 point)

2.3.2 Calculer le pH de ce mélange. (0,25 point)

2.3.3 Quel volume de la solution d'hydroxyde sodium devrait-on ajouter pour neutraliser exactement le volume d'acide prélevé? (0,25 point)



EXERCICE 3 (05 points)

N.B. Les questions 3.2 et 3.3 sont indépendantes de la question 3.1.

Le premier lanceur Ariane est une fusée à trois étages qui pèse, avec sa charge utile (satellite), 208 tonnes au décollage. Le premier étage qui fonctionne pendant 145 secondes est équipé de 4 moteurs Viking V alimentés par du peroxyde d'azote N_2O_4 (masse de peroxyde emportée : 147,5 tonnes). L'intensité de la force de poussée totale $\vec{F}$ est constante pendant le fonctionnement des réacteurs et vaut $F = 2445 \text{ kN}$.

Ce lanceur peut mettre en orbite circulaire basse de 200 km d'altitude un satellite de 4850 kg ; il peut également placer sur une orbite géostationnaire un satellite ; comme il peut placer en orbite héliosynchrone des satellites très utiles pour des applications météorologiques.

3.1 Etude du mouvement d'ascension de la fusée.

On étudie le mouvement de la fusée dans le référentiel terrestre qu'on suppose galiléen.

Le champ de pesanteur est supposé uniforme dans le domaine étudié et son intensité est : $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut.

On néglige les frottements et la poussée d'Archimède dans l'air ainsi que l'action des autres planètes.

La fusée Ariane s'élève verticalement sous l'action de la force de poussée $\vec{F}$ due à l'éjection des gaz.

Cette force est donnée par : $\vec{F} = -\mu \vec{V}_E$, relation où $\vec{V}_E$ est la vitesse d'éjection des gaz par rapport à la fusée

et μ le débit constant des gaz qui s'exprime par : $\mu = -\frac{dm}{dt} \frac{dm}{dt}$ avec $-dm$ la masse de gaz éjectée pendant la durée dt .

3.1.1 On désigne par m_0 la masse de la fusée à la date $t = 0$, début de l'ascension et m la masse de la fusée à la date t . Montrer que : $m = m_0 - \mu t$. **(0,5 point)**

3.1.2 Calculer, à l'aide des données numériques utiles fournies en début d'énoncé, le débit des gaz μ et la norme V_E de la vitesse d'éjection des gaz. **(0,5 point)**

3.1.3 Appliquer le théorème du centre d'inertie à la fusée et en déduire l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ en fonction du poids $\vec{P}$ de la fusée, de m et de la force de poussée $\vec{F}$. **(0,25 point)**

3.1.4 En déduire que la norme de $\vec{a}$ s'écrit $a(t) = \frac{\mu V_E}{m_0 - \mu t} - g_0$. Le mouvement de la fusée est-il uniformément accéléré ? Justifiez sans calcul. **(0,5 point)**

3.2. Étude du mouvement d'un satellite artificiel situé à basse altitude ($h = 200 \text{ km}$)

On suppose que la Terre, de masse M_T , de rayon R_T et de centre O , est une sphère et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique et que le satellite peut être assimilé à un point matériel.

Le satellite artificiel S , de masse m_s , décrit une orbite circulaire de rayon r autour de la Terre. On suppose que le satellite est soumis uniquement à la force gravitationnelle exercée par la Terre. On notera K , la constante de gravitation universelle.

3.2.1 Exprimer l'intensité du champ de gravitation terrestre $G(h)$ en fonction de M_T , R_T , h et K puis en fonction de R_T , h et G_0 (G_0 étant l'intensité du champ de gravitation terrestre au sol). **(0,5 point)**

3.2.2 Montrer que le mouvement du satellite dans le référentiel géocentrique est uniforme. **(0,5 point)**

3.2.3 En déduire l'expression de la vitesse V_s du satellite en fonction de G_0 , R_T et h puis celle de sa période de révolution T_s . **(0,5 point)**

3.2.4 Calculer V_s et T_s sachant que $G_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; $h = 200 \text{ km}$ et $R_T = 6400 \text{ km}$. **(0,5 point)**

3.3. METEOSAT 8 : un satellite géostationnaire.

Les satellites météorologiques comme Météosat sont des appareils d'observation géostationnaires.

Ce satellite a été lancé par ARIANE 5 le 28 août 2002. Il est opérationnel depuis le 28 janvier 2004.

Il fournit de façon continue des informations couvrant une zone circulaire représentant environ 42% de la surface de la Terre.

3.3.1 Préciser les conditions à remplir par METEOSAT 8 pour qu'il soit géostationnaire. **(0,5 point)**

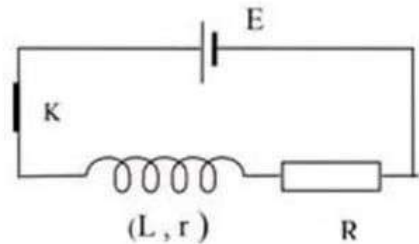
3.3.2 En déduire, pour METEOSAT 8, la valeur du rayon $R_T + h$ de son orbite puis celle de son altitude h . **(0,75 point)**

Données : $G_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $K = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I.}$; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Epreuve du 1^{er} groupe**EXERCICE 4 (04 points)**

Afin de déterminer la résistance r d'une bobine et son inductance L on réalise, comme indiqué sur le schéma ci-contre, un circuit série comportant cette bobine, un conducteur ohmique de résistance $R = 390 \, \Omega$, un générateur de résistance négligeable et de force électromotrice $E = 4 \, \text{V}$ et un interrupteur. On ferme l'interrupteur à la date $t = 0$.

Un dispositif approprié a permis d'enregistrer l'évolution de l'intensité i du courant qui parcourt le circuit au cours du temps t . Le tableau suivant indique des valeurs de i à différentes dates t .



$i \, (10^{-3} \, \text{A})$	0,00	6,25	8,30	9,20	9,80	10,00	10,00	10,00
$t \, (10^{-3} \, \text{s})$	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75

4.1 Tracer la courbe de variation de l'intensité du courant en fonction du temps : $i = f(t)$ [courbe II à rendre avec la copie] ; Echelles : 2 cm pour $0,25 \cdot 10^{-3} \, \text{s}$; 1 cm pour $10^{-3} \, \text{A}$ (0,5 point)

4.2 Quel est le phénomène physique responsable du retard de l'établissement du courant dans le circuit ?

Expliquer brièvement.

(0,5 point)

4.3 Déterminer graphiquement l'intensité I_0 du courant traversant le circuit lorsque le régime permanent est atteint. (0,5 point)

4.4 Etablir l'équation différentielle suivante régissant la variation dans le temps de l'intensité du courant :

$$L \frac{di}{dt} + (R+r) i = E \quad (0,5 \text{ point})$$

4.5 Dédire de cette équation l'expression de I_0 en fonction de E , R et r . En déduire la valeur de la résistance r de la bobine. (0,5 point)

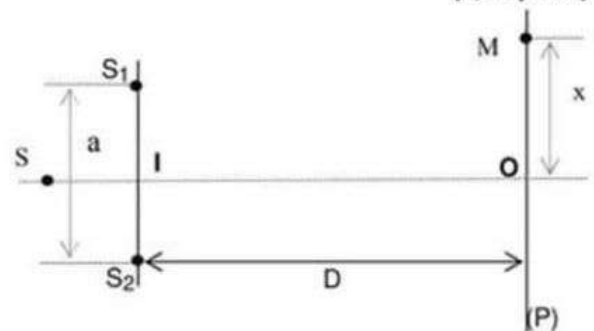
4.6 Vérifier que $i = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle où τ sera exprimé en fonction de L , R et r . (0,5 point)

4.6.1 Définir τ et donner sa signification physique. Déterminer graphiquement la valeur de τ . (0,75 point)

4.6.2 En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine. (0,25 point)

EXERCICE 5 (05 points)

On considère le dispositif de Young représenté ci-contre : S_1 et S_2 sont deux sources lumineuses ponctuelles distantes de $a = 1 \, \text{mm}$. Le plan (P) de l'écran observation parallèle à $S_1 S_2$ est situé à la distance $D = 1 \, \text{m}$ du milieu I du segment $S_1 S_2$; le point O est la projection orthogonale de I sur (P). Sur la droite perpendiculaire à IO au point O et parallèle à S_1 et S_2 , un point M est repéré par sa distance X du point O (X est l'abscisse de M sur un axe orienté colinéaire à cette droite).



Les deux sources S_1 et S_2 , sont obtenues, grâce à un dispositif interférentiel approprié, à partir d'une source ponctuelle S située sur l'axe IO .

5.1 La source S émet une radiation monochromatique de longueur d'onde λ .

5.1.1 Décrire ce que l'on observe sur l'écran. (0,5 point)

5.1.2 Etablir, en fonction de a , x et D , l'expression de la différence de marche δ au point M .

NB : x et a étant petits devant D on supposera que $S_1 M + S_2 M \approx 2D$. (0,5 point)

5.1.3 En déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de a , D et λ . Calculer la longueur d'onde λ sachant que $i = 0,579 \, \text{mm}$. (0,5 point)

5.2. La source S émet maintenant deux radiations de longueurs d'onde λ_1 et λ_2 .

5.2.1 Dans une première expérience, on utilise des radiations verte et rouge de longueur d'onde respective $\lambda_1 = 500 \, \text{nm}$ et $\lambda_2 = 750 \, \text{nm}$.

a) Au milieu O de l'écran, on observe une coloration jaune. Expliquer cette observation. (0,5 point)

b) Quel est l'aspect du champ d'interférences :

- au point M_1 tel que : $OM_1 = 0,75 \, \text{mm}$?

- au point M_2 tel que : $OM_2 = 1,5 \, \text{mm}$?

(0,5 point)

.../... 4

Epreuve du 1^{er} groupe

5.2.2 Dans une deuxième expérience les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 sont voisines :

$$\lambda_1 = 560 \text{ nm et } \lambda_2 = 528 \text{ nm.}$$

A quelle distance minimale x du point O observe-t-on une extinction totale de la lumière ?

(0,75 point)

5.3. La source S émet de la lumière blanche que l'on supposera composée de toutes les radiations de longueur d'onde λ telle que : $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$

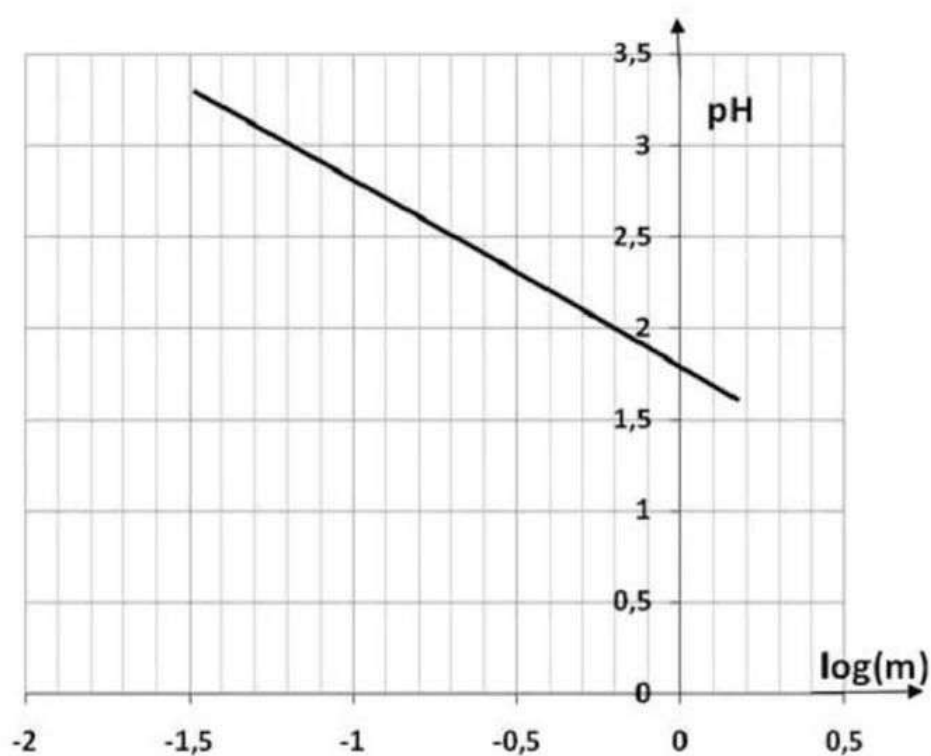
5.3.1. Qu'observe-t-on sur l'écran? Justifier brièvement la réponse.

(0,75 point)

5.3.2 Quelles sont les longueurs d'onde des radiations éteintes au point M tel que $OM = x = 1,5 \text{ mm}$?

(01 point)

Courbe (I) de l'exercice 2



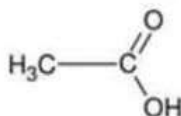


CORRIGE DE L'EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

EXERCICE 1

1-1 Le groupe fonctionnel encadré est le groupe amide

1-2 Les formules semi-développées de l'amine et de l'acide carboxylique dont dérive l'acétanilide sont respectivement.

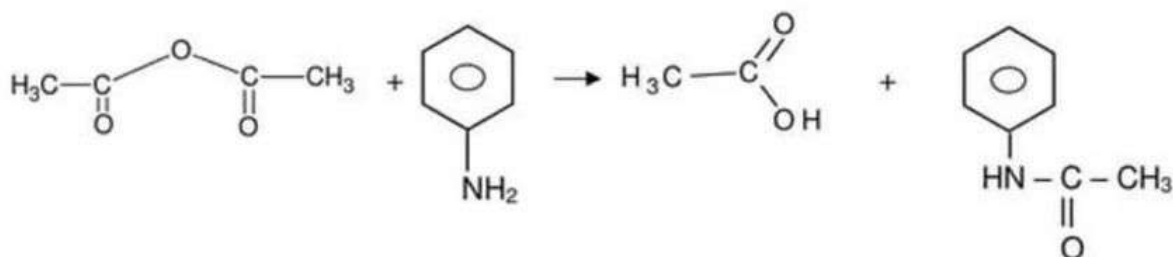


1-3

1-3-1 On utilise l'anhydride éthanóïque plutôt que l'acide éthanóïque pour améliorer le rendement de la réaction en la rendant totale et rapide

1-3-2

a- Equation-bilan de la réaction



b- On désigne n_1 et n_2 les quantités de matières respectives d'aniline et d'anhydride éthanóïque avant la réaction.

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{\rho_1 V_1}{M_1}$$

$$\text{Or } \rho_1 = d_1 \rho_e \rightarrow n_1 = \frac{d_1 \rho_e V_1}{M_1}$$

$$\text{AN} \quad M_1 = 6M_C + 7M_H + M_N = 6 \cdot 12 + 7 \cdot 1 + 14 = 93 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n_1 = \frac{1,02 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{93} = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

$$n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{d_2 \rho_e V_2}{M_2}$$

AN : $M_2 = 4M_C + 6M_H + 3M_O = 4 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 102 \text{ g.mol}^{-1}$

$$n_2 = \frac{1,08 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{102} = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

On a : $\frac{n_1}{1} < \frac{n_2}{1}$ donc l'aniline est le réactif limitant d'après la stœchiométrie de la réaction

c- Le rendement de la réaction s'écrit : $\eta = \frac{(m_3)_{réelle}}{(m_3)_{attendue}} \cdot 100$ où m_3 est la masse d'acétanilide.

$$\eta = \frac{m_3}{n_1 \cdot M_3} \cdot 100$$

AN

$$\eta = \frac{12,7 \cdot 100}{1,1 \cdot 10^{-1} \cdot 135} = 85,8\%$$

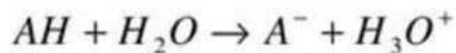
EXERCICE 2

2-1

2-1-1 On a $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,1} = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ d'où $[H_3O^+] = C$ donc le monoacide AH est complètement ionisé dans l'eau ; c'est un acide fort.

NB : On aurait pu vérifier, par calcul, que le coefficient d'ionisation $\alpha = 1$ prouvant que la dissociation de l'acide est totale et que par conséquent l'acide est fort.

2-1-2 Equation bilan de la réaction avec l'eau.



2-2

2-1-1 $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ $C = [H_3O^+] \Rightarrow pH = -\log \frac{m}{MV}$

2-2-1

a- La courbe est une droite ne passant par l'origine O, son équation est de la forme

$$pH = a \log m + b$$

a est la pente de la droite et b l'ordonnée à l'origine.

Graphiquement on trouve :

$$a = -1$$

et

$$b = 1,8$$

b- Masse molaire M de l'acide

$$pH = -\log \frac{m}{MV} \Rightarrow pH = -(\log m - \log MV) = -\log m + \log MV \quad \text{par identification on a : } b = \log MV$$

$$MV = 10^b ; \quad M = \frac{10^b}{V} \quad \text{AN : } \boxed{M = \frac{10^{1.8}}{1} = 63 \text{ g.mol}^{-1}}$$

$$M(\text{HNO}_3) = M_N + M_O + M_H = 14 + 3 \cdot 16 + 1 = 63 \text{ g.mol}^{-1}$$

Le monoacide fort a pour formule : HNO_3

2-3

2-3-1 Comparons $n(\text{H}_3\text{O}^+)$ avec $n(\text{OH}^-)$.

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n_a = C_a V_a$$

$$\text{AN : } n(\text{H}_3\text{O}^+) = 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(\text{OH}^-) = n_b = C_b V_b$$

$$n(\text{OH}^-) = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) < n(\text{OH}^-) \text{ donc}$$

le mélange est basique

2-3-2 pH de la solution finale.

$$[\text{OH}^-]_{\text{résultant}} = \frac{n\text{OH}^- - n\text{H}_3\text{O}^+}{V_a + V_b} :$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{résultant}} = \frac{1,53 \cdot 10^{-3} - 1,58 \cdot 10^{-4}}{(20 + 30) \cdot 10^{-3}} = 2,74 \cdot 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\text{A } 25^\circ\text{C, } pH = 14 + \log[\text{OH}^-] \quad \text{AN : } pH = 14 + \log 2,74 \cdot 10^{-2} = 12,4$$

2-3-3 Volume de soude à ajouter exactement pour neutraliser l'acide

Il s'agit ici de déterminer le volume de base V_b' qu'il aurait fallu ajouter au volume $V_a = 20 \text{ mL}$ d'acide initialement prélevé pour atteindre l'équivalence acido-basique ; d'où $C_a V_a = C_b V_b'$

;

$$V_b' = \frac{C_a V_a}{C_b} = \frac{7,9 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-2}} = 3,1 \text{ mL}$$

EXERCICE 3**3-1**

3-1-1 Montrer que $m = m_0 - \mu t$

De $\mu = -\frac{dm}{dt}$ on tire par intégration $m = -\mu t + cte$

à $t = 0$ on a $m = m_0$ d'où

$$m = -\mu t + m_0$$

3-1-2 Calcul de μ

$$\mu = \frac{147,5 \cdot 10^3}{145} = 1,017 \cdot 10^3 \text{ kg.s}^{-1}$$

Calcul de V_E

$$F = \mu V_E \Rightarrow V_E = \frac{F}{\mu} \quad \text{AN : } V_E = \frac{2445 \cdot 10^3}{1,017 \cdot 10^3}$$

$$V_E = 2404 \text{ m.s}^{-1}$$

3-1-3 Expression du vecteur accélération en fonction du poids et de la poussée.

Système : fusée

Référentiel terrestre supposé galiléen.

Bilan des forces appliquées : le poids $\vec{P} = m\vec{g}$

la poussée $\vec{F} = -\mu\vec{V}_E$



Théorème du centre d'inertie

$$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$$

D'où

$$\vec{a} = \frac{\vec{P} + \vec{F}}{m}$$

3-1-4 Expression de la norme de $\vec{a}$:

$$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$$

Projection suivant un axe vertical ascendant : $F - P = ma$

$$\mu V_E - mg = ma \Rightarrow a = \frac{\mu V_E}{m} - g \Rightarrow a = \frac{\mu V_E}{m_o - \mu t} - g$$

a est variable ; le mouvement n'est pas uniformément accéléré

3-2

3-2-1 Expressions du champ de gravitation $G(h)$

Par définition, la force de gravitation qui agit sur le satellite s'exprime par :

$$\vec{F} = m\vec{G} = -\frac{KM_T m}{(R_T + h)^2} \vec{u} \quad \text{avec } \vec{u} \text{ vecteur unitaire centrifuge ; } \Rightarrow \text{ en norme}$$

$$G = \frac{KM_T}{(R_T + h)^2}$$

$$\text{A l'altitude } h = 0, G = G_o = \frac{KM_T}{R_T^2} \Rightarrow KM_T = G_o R_T^2 \Rightarrow$$

$$G = G_o \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

3-2-2 Mouvement uniforme

Appliquons le théorème du centre d'inertie au satellite dans le référentielle géocentrique supposé galiléen. Seule la force de gravitation agit sur le satellite $\vec{F} = m\vec{G} = m\vec{a}$

$\vec{F}$ est centripète donc $\vec{a}$ est centripète : dans la base de Freinet, $\vec{a} = \vec{a}_N \Rightarrow a_r = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = \text{cte}$: le mouvement est uniforme.

3-2-3 Expressions de V_S et T_S respectivement vitesse et période de révolution du satellite.

$$a_N = \frac{V_S^2}{R_T + h} = G = G_o \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} \Rightarrow V_S^2 = \frac{G_o R_T^2}{R_T + h} \Rightarrow$$

$$V_S = R_T \sqrt{\frac{G_o}{R_T + h}}$$

La période T_s est la durée d'une révolution : $T_s = \frac{2\pi(R_T + h)}{V_s} \Rightarrow$

$$T_s = \frac{2\pi}{R_T} \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G_o}}$$

AN : $V_s = 6,4 \cdot 10^6 \sqrt{\frac{9,8}{6,4 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^5}}$

$$V_s = 7,8 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

$$T_s = \frac{2\pi}{6,4 \cdot 10^6} \sqrt{\frac{(6,4 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^5)^3}{9,8}}$$

$$T_s = 5,3 \cdot 10^3 \text{ s}$$

3-3

3-3-1 Conditions à remplir par METEOSAT 8 pour être géostationnaire.

Pour qu'il soit géostationnaire, il doit tourner, dans le plan équatorial, dans le même sens que la Terre (vers l'Est) et avec la même vitesse angulaire que celle-ci..

3-3-2 Calcul du rayon de l'orbite $R_T + h$ et de l'altitude h .

$$T = \frac{2\pi}{R_T} \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G_o}} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{R_T} \frac{(R_T + h)^3}{G_o} \Rightarrow$$

$$R_T + h = \sqrt[3]{\frac{T^2 R_T^2 G_o}{4\pi^2}}$$

$$h = (R_T + h) - R_T$$

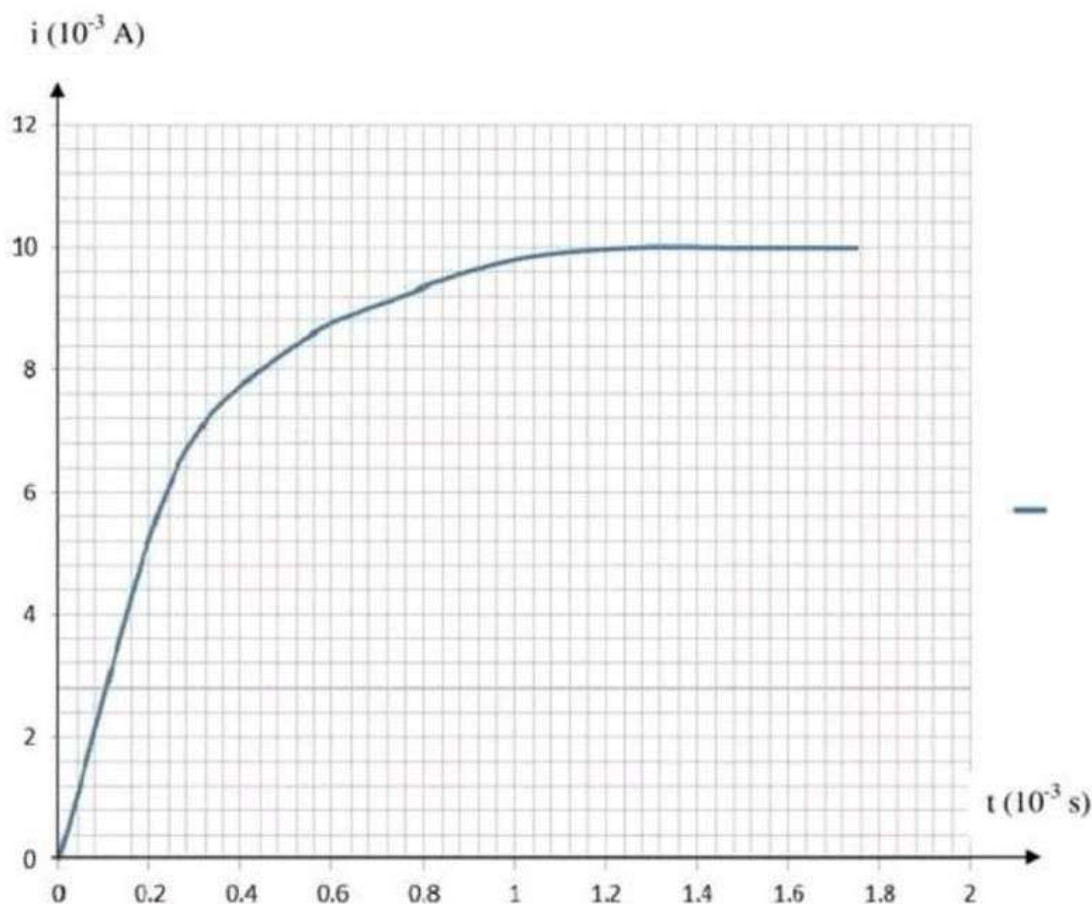
AN : $R_T + h = \sqrt[3]{\frac{86164^2 \cdot 6,37 \cdot 10^6 \cdot 9,8}{4\pi^2}}$

$$R_T + h = 4,23 \cdot 10^7 \text{ m}$$

$$h \approx 36000 \text{ km}$$

EXERCICE 4

4-1 Courbe $i = f(t)$:



4-2 Phénomène physique responsable du retard. Explication brève.

Il s'agit d'un phénomène d'auto-induction : lorsqu'on ferme l'interrupteur pour établir le courant électrique dans le circuit, il se produit une variation du flux à travers la bobine, entraînant une f.e.m d'auto-induction qui tend à s'opposer à la cause qui lui donne naissance.

4-3 Détermination graphique de l'intensité I_0

En régime permanent $i = \text{constante} = I_0$. Graphiquement on lit $I_0 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 10 \text{ mA}$.

4-4 Equation différentielle

$$u_{AB} + u_{BC} = E$$

$$ri + L \frac{di}{dt} + Ri = E$$

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

4-5 Expression de I_0 si $i = \text{cte} \Rightarrow$

$$i = I_0 = \frac{E}{R+r}$$

Résistance de la bobine $r = \frac{E}{I_0} - R$

AN : $r = \frac{4}{10 \cdot 10^{-3}} - 390$

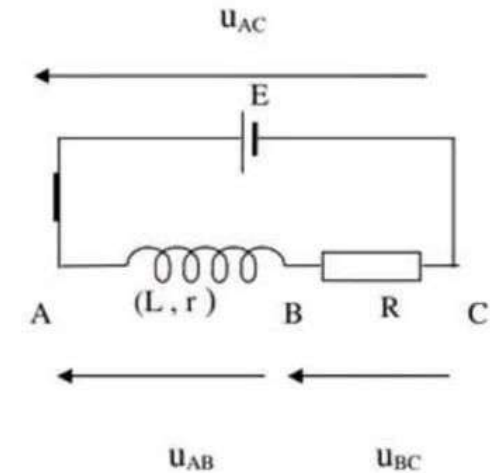
$$r = 10 \Omega$$

4-6 Vérification

$$i = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{E}{(R+r)\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$L \frac{di}{dt} + (R+r)i = E \Rightarrow \frac{LE}{(R+r)\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + (R+r) \frac{E}{(R+r)} e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{(R+r)E}{R+r} e^{-\frac{t}{\tau}} = E$$

$$\left[\frac{LE}{(R+r)\tau} - \frac{R+r}{R+r} \right] e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Rightarrow \frac{L}{(R+r)\tau} = 1 \Rightarrow \tau = \frac{L}{R+r}$$



4-6-1 .

τ est la constante de temps du circuit. C'est la durée au bout de laquelle l'intensité i vaut 63% de sa valeur en régime permanent. Elle permet de mesurer pratiquement la durée du phénomène transitoire : on peut estimer qu'au bout de 5τ le régime transitoire est terminé, il s'établit un régime permanent.

Détermination de τ

A $t = \tau \Rightarrow i(t) = 0,63I_0 = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ A} \Rightarrow \tau \approx 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ (abscisse du point d'ordonnée $6,3 \cdot 10^{-3}$)

4-6-2 Inductance L

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = (R+r)\tau = 400 * 2,5 \cdot 10^{-4} = 0,1$$

$$L = 0,1 \text{ H}$$

4-2 Phénomène physique responsable du retard. Explication brève.

Il s'agit d'un phénomène d'auto-induction : lorsqu'on ferme l'interrupteur pour établir le courant électrique dans le circuit, il se produit une variation du flux à travers la bobine, entraînant une f.e.m d'auto-induction qui tend à s'opposer à la cause qui lui donne naissance.

4-3 Détermination graphique de l'intensité I_0

En régime permanent $i = \text{constante} = I_0$. Graphiquement on lit $I_0 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 10 \text{ mA}$.

4-4 Equation différentielle

$$u_{AB} + u_{BC} = E$$

$$ri + L \frac{di}{dt} + Ri = E$$

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

4-5 Expression de I_0 si $i = \text{cte} \Rightarrow$

$$i = I_0 = \frac{E}{R+r}$$

Résistance de la bobine $r = \frac{E}{I_0} - R$

AN : $r = \frac{4}{10 \cdot 10^{-3}} - 390$

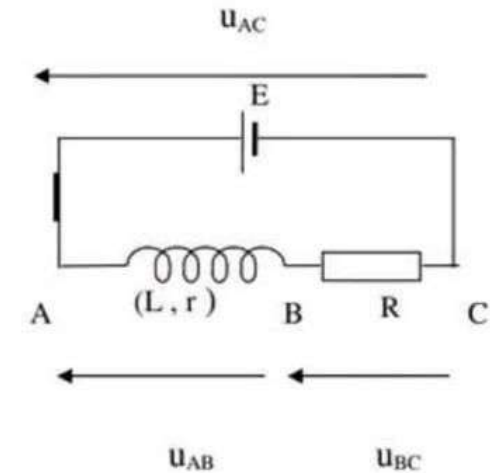
$$r = 10 \Omega$$

4-6 Vérification

$$i = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{E}{(R+r)\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$L \frac{di}{dt} + (R+r)i = E \Rightarrow \frac{LE}{(R+r)\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + (R+r) \frac{E}{(R+r)} e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{(R+r)E}{R+r} e^{-\frac{t}{\tau}} = E$$

$$\left[\frac{LE}{(R+r)\tau} - \frac{R+r}{R+r} \right] e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Rightarrow \frac{L}{(R+r)\tau} = 1 \Rightarrow \tau = \frac{L}{R+r}$$



4-6-1 .

τ est la constante de temps du circuit. C'est la durée au bout de laquelle l'intensité i vaut 63% de sa valeur en régime permanent. Elle permet de mesurer pratiquement la durée du phénomène transitoire : on peut estimer qu'au bout de 5τ le régime transitoire est terminé, il s'établit un régime permanent.

Détermination de τ

A $t = \tau \Rightarrow i(t) = 0,63I_0 = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ A} \Rightarrow \tau = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ (abscisse du point d'ordonnée $6,3 \cdot 10^{-3}$)

4-6-2 Inductance L

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = (R+r)\tau = 400 * 2,5 \cdot 10^{-4} = 0,1$$

$$L = 0,1 \text{ H}$$

EXERCICE 5

5-1

5-1-1 Observation sur l'écran

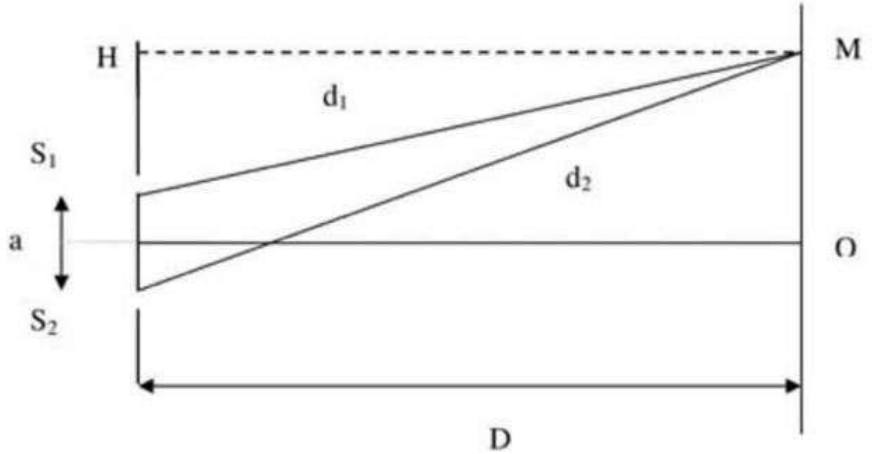
On observe des segments alternativement brillants et sombres représentant des franges d'interférences.

5-1-2 Expression de $\delta = d_2 - d_1$

Considérons les triangles rectangles S_2HM et S_1HM :

$$d_2^2 = D^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2$$

$$d_1^2 = D^2 + \left(x - \frac{a}{2}\right)^2$$



$$d_2^2 - d_1^2 = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2ax \Rightarrow \delta(d_2 + d_1) = 2ax$$

$$x \text{ et } a \ll D \Rightarrow d_2 + d_1 \approx 2D \Rightarrow \delta = \frac{ax}{D}$$

5-1-3 Dédution de l'expression de l'interfrange i et calcul de λ

Franges brillantes $\delta = k\lambda = \frac{ax}{D} \Rightarrow x = \frac{k\lambda D}{a}$ d'où pour deux franges brillantes consécutives

$$i = x_2 - x_1 = \frac{(k+1)\lambda D}{a} - \frac{k\lambda D}{a} = \frac{\lambda D}{a}$$

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

On peut utiliser les franges sombres.

$$\text{On tire } \lambda = \frac{ia}{D} \quad \text{AN : } \lambda = \frac{0,579 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{1}$$

$$\lambda = 579 \text{ nm}$$

5-2

5-2-1

a) Aspect de l'écran au milieu O.

Cet aspect jaune est dû à la superposition des couleurs verte et rouge

b) Aspects aux points M_1 et M_2

Soit l'ordre d'interférences $p = \frac{\delta}{\lambda}$

En M_1 ($x_1 = 0,75 \text{ mm}$) :

$$\bullet \quad \lambda_1 = 500 \text{ nm} \Rightarrow p = \frac{\delta}{\lambda_1} = \frac{ax_1}{D\lambda_1} = \frac{10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 500 \cdot 10^{-9}} = \frac{750}{500} = \frac{3}{2} \Rightarrow \text{frange obscure.}$$

$$\bullet \quad \lambda_2 = 750 \text{ nm} \Rightarrow p = \frac{ax_1}{D\lambda_2} = \frac{10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 750 \cdot 10^{-9}} = 1 \Rightarrow \text{frange brillante rouge}$$

On déduit qu'en M_1 la frange est brillante rouge

En $M_2(x_2 = 1,5 \text{ mm})$:

- $\lambda_1 \Rightarrow p = \frac{ax_2}{D\lambda_1} = \frac{10^{-3} * 1,5 \cdot 10^{-3}}{1 * 500 \cdot 10^{-9}} = 3 \Rightarrow \text{frange brillante verte.}$
- $\lambda_2 \Rightarrow p = \frac{ax_2}{D\lambda_2} = \frac{10^{-3} * 1,5 \cdot 10^{-3}}{1 * 750 \cdot 10^{-9}} = 2 \Rightarrow \text{frange brillante rouge.}$

On en déduit qu'en M_2 la frange est brillante jaune

5-2-2 Distance minimale où il y a extinction totale de la lumière.

Frangé obscur
$$\delta = \frac{(2k+1)\lambda}{2} = \frac{ax}{D} \Rightarrow x = \frac{(2k+1)\lambda D}{2a}$$

$$x_1 = x_2 \Leftrightarrow \frac{(2k_1+1)\lambda_1 D}{2a} = \frac{(2k_2+1)\lambda_2 D}{2a} \Rightarrow (2k_1+1)\lambda_1 = (2k_2+1)\lambda_2 \Rightarrow \frac{2k_1+1}{2k_2+1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\Rightarrow \frac{2k_1+1}{2k_2+1} = \frac{528}{560} = \frac{33}{35} \Rightarrow 2k_1+1 = 33 \Rightarrow k_1 = 16 \text{ et } 2k_2+1 = 35 \Rightarrow k_2 = 17 ;$$

$$x = \frac{(2k_1+1)\lambda_1 D}{2a} = \frac{33 * 560 \cdot 10^{-9} * 1}{2 * 10^{-3}} = 9,24 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{x = 9,24 \text{ mm}}$$

5-3

5-3-1 Observation sur l'écran. Explication.

Seule la frange centrale est blanche du fait de la superposition de toutes les franges brillantes des radiations. Sur le reste, les systèmes de franges sont décalés de part et d'autre de la frange centrale : deux à trois franges irisées sont observées au voisinage ; au-delà on observe un blanc d'ordre supérieur là où la plupart des radiations présentent une frange brillante.

5-3-2 Longueur d'onde des radiations éteintes

Position d'une frange obscur $x = \frac{(2k+1)\lambda D}{2a} \Rightarrow \lambda = \frac{2ax}{(2k+1)D}$

$$400 \cdot 10^{-9} \leq \lambda \leq 800 \cdot 10^{-9} \Leftrightarrow 400 \cdot 10^{-9} \leq \frac{2ax}{(2k+1)D} \leq 800 \cdot 10^{-9} \Rightarrow$$

$$\frac{2ax}{800 \cdot 10^{-9} D} \leq 2k+1 \leq \frac{2ax}{400 \cdot 10^{-9} D} \Rightarrow \frac{ax}{800 \cdot 10^{-9} D} - \frac{1}{2} \leq k \leq \frac{ax}{400 \cdot 10^{-9} D} - \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{10^{-3} * 1,5 \cdot 10^{-3}}{1 * 800 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{2} \leq k \leq \frac{10^{-3} * 1,5 \cdot 10^{-3}}{1 * 400 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{2} \Leftrightarrow 1,375 \leq k \leq 3,25 \Rightarrow k = 2 \text{ et } k = 3.$$

- $k = 2 \Rightarrow \lambda = \frac{2ax}{5D} = \frac{2 * 10^{-3} * 1,5 \cdot 10^{-3}}{5 * 1} = 6 \cdot 10^{-7}$

- $k = 3 \Rightarrow \lambda = \frac{2ax}{7D} = 4,29 \cdot 10^{-7}$

Les longueurs d'onde des radiations absentes sont $\lambda = 600 \text{ nm}$

$\lambda = 429 \text{ nm}$