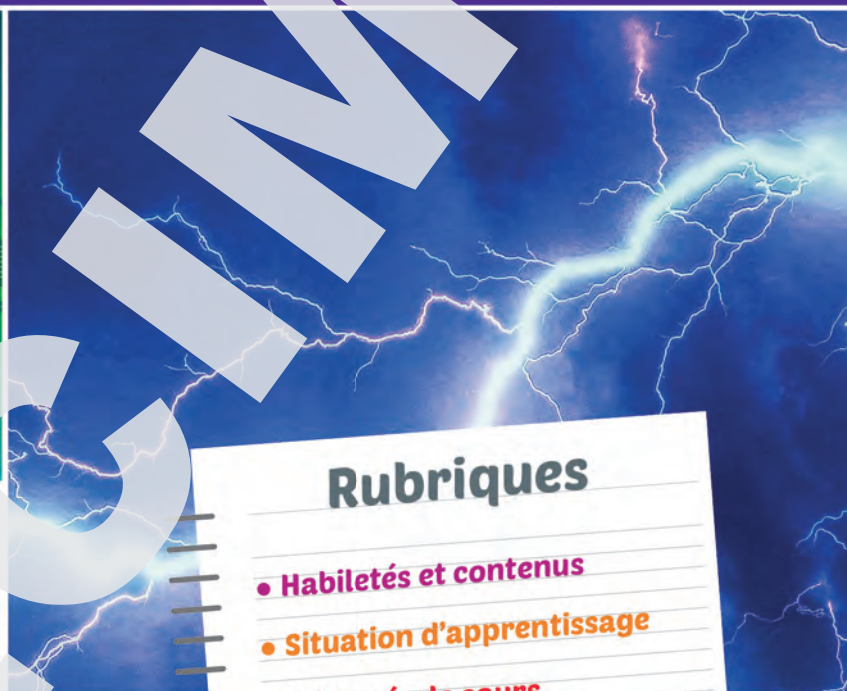
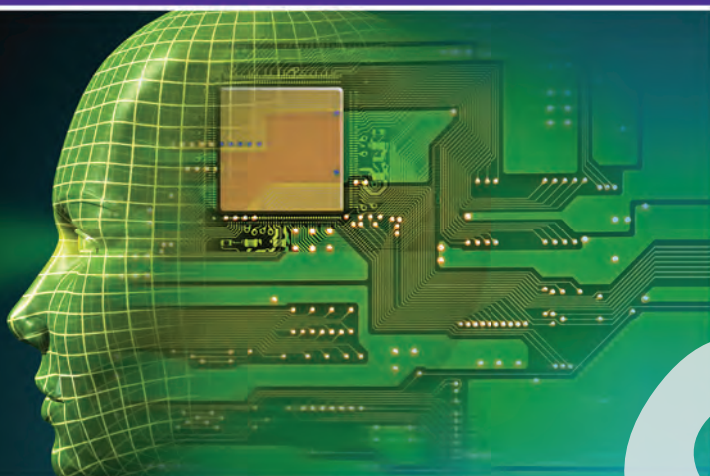


Mon cahier
d'habiletés

1^{re}
TCDE

Physique chimie



Rubriques

- Habiletés et contenus
- Situation d'apprentissage
- Résumés de cours
- Activités d'applications
- Situations d'évaluations
- Sujets de cours
- Annexes



STOP
COVID-19

3000 Fcfa

Physique

Chimie

T^{Le}CD & E

Rédigé par un collectif d'Encadreurs Pédagogiques expérimentés

Sous la supervision de

TIAMAQOI BI TRA

Inspecteur Général de l'Éducation Nationale
et de l'Alphabétisation

Identification

Nom :
Prénom(s) :
École :
Classe :
Nom de l'enseignant :
Année scolaire :

Note de présentation

L'ouvrage Mon cahier d'habiletés de Physique-chimie donne une réponse aux préoccupations relatives à l'évaluation des apprenants, dans un contexte caractérisé par le recadrage des programmes éducatifs en général et des programmes éducatifs de Physique-Chimie en particulier.

Cet ouvrage bien illustré et enrichi par rapport à la première version, va permettre aux parents d'élèves d'avoir un réel suivi de leurs enfants.

Mon cahier d'habiletés de Physique-chimie est reparti en sept blocs.

Ces blocs se repartissent de la manière suivante :

Bloc 1 : Tableau des habiletés et contenus

Il représente pour chaque leçon, la liste des habiletés prescrites par le programme officiel actuellement en vigueur.

Bloc 2 : Situation d'apprentissage

La situation d'apprentissage est un outil didactique qui permet à l'enseignant de planifier les activités et d'installer les habiletés.

Bloc 3 : Résumé du cours

Il s'agit dans ce bloc de l'essentiel à retenir de la leçon.

Bloc 4 : Activités d'application

Ces activités interviennent après l'installation d'une habileté. Elles permettent de mesurer le degré d'acquisition de cette habileté par les apprenants.

Bloc 5 : Situations d'évaluation

C'est un énoncé suivi de consignes. La situation d'évaluation permet à l'apprenant d'exercer sa compétence. L'enseignant peut ainsi vérifier l'intégration ou non des ressources nouvelles par les apprenants.

Bloc 6 : Exercices de synthèse

Ces exercices font la synthèse des habiletés installées pour chaque compétence. Ils sont donc proposés à la fin de chaque thème.

Bloc 7 : Annexes de cours

Ces annexes constituent un véritable support de cours. Elles sont en couleurs selon le besoin. Ce bloc met tous les enseignants dans les mêmes conditions de cours.

Bonne rentrée à tous !

© JD Éditions, Abidjan 2021

ISBN : 978-2-493344-00-7

Toute reproduction, quel que soit le procédé, est interdite sous peine de poursuites judiciaires.

Comment utiliser Mon Cahier d'Habilités

L'ouvrage *Mon cahier d'habiletés physique-chimie Tle CDE* est conçu pour être utilisé aussi bien en classe avec le professeur qu'en dehors de la classe. Il s'adresse donc à plusieurs acteurs de l'école pour permettre un bon suivi des apprenants.

Les enseignants, les élèves et les parents d'élèves sont tous interpellés pour produire les résultats attendus par l'introduction de l'Approche Par Compétences (APC).

Chers enseignants,

Voici votre document de travail. Il a été amélioré et spécialement conçu pour répondre à vos attentes.

Vous trouverez ci-joint, des annexes pour illustrer quelques expériences réalisées avec les apprenants en travaux pratiques.

Chers élèves,

Sans exercice, l'on n'apprend rien dans une situation d'évaluation. Ce manuel est le tien. N'attends donc personne pour te mettre au travail. C'est à force de forger qu'on devient forgeron dit l'adage.

En t'appuyant sur tes connaissances acquises pendant le déroulement des cours, tu arriveras à faire tous les exercices qui figurent dans ce manuel. Tu pourras alors te préparer efficacement pour l'épreuve de physique-chimie du Baccalauréat.

Chers parents d'élève,

N'abandonnez pas votre enfant face à son avenir. Votre attention soutenue et vos conseils permanents le guideront vers la réussite scolaire. Il attend de vous des remarques sur son travail scolaire. En ce sens, il faudrait établir une communication régulière avec son enseignant afin de vous informer sur sa production à l'école.

Merci de suivre votre enfant pour que nous construisions tous, la Côte d'Ivoire de demain.

Merci à tous.

Les auteurs



Physique



Physique

Compétence 1 : Traiter une situation se rapportant à la mécanique

Thème 1 : Mécanique

1. Cinématique du point	07
2. Mouvement du centre d'inertie d'un solide	18
3. Interaction gravitationnelle	27
4. Mouvements dans les champs $\vec{g}$ et $\vec{E}$ uniformes	37
5. Oscillations mécaniques libres	49

Compétence 2 : Traiter une situation se rapportant à l'électromagnétisme

Thème 2 : Électromagnétisme

1. Champ magnétique	60
2. Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme	67
3. Loi de Laplace	75
4. Induction électromagnétique	83
5. Auto-induction	91

Compétence 3 : Traiter une situation se rapportant à l'électricité

Thème 3 : Électricité

1. Montages dérivateur et intégrateur	102
2. Oscillations électriques libres dans un circuit LC	108
3. Circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé	118
4. Résonance d'intensité d'un circuit RLC série	128
5. Puissance en courant alternatif	137

Compétence 4 : Traiter une situation se rapportant à la nature de la lumière

Thème 4 : La lumière : onde ou particule

1. Modèle ondulatoire de la lumière	146
2. Modèle corpusculaire de la lumière	156

Compétence 5 : Traiter une situation se rapportant aux réactions nucléaires

Thème 5 : Réactions nucléaires

1. Réactions nucléaires spontanées	166
2. Réactions nucléaires provoquées	172

Annexes	179
---------------	-----



COMPÉTENCE

1

TRAITER UNE SITUATION
SE RAPPORTANT À LA
MÉCANIQUE

THÈME 1 : MÉCANIQUE

LEÇONS

- 1 CINÉMATIQUE DU POINT
- 2 MOUVEMENT DU CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE
- 3 INTERACTION GRAVITATIONNELLE
- 4 MOUVEMENTS DANS LES CHAMPS $\vec{g}$ ET $\vec{E}$ UNIFORMES
- 5 OSCILLATIONS MÉCANIQUES LIBRES



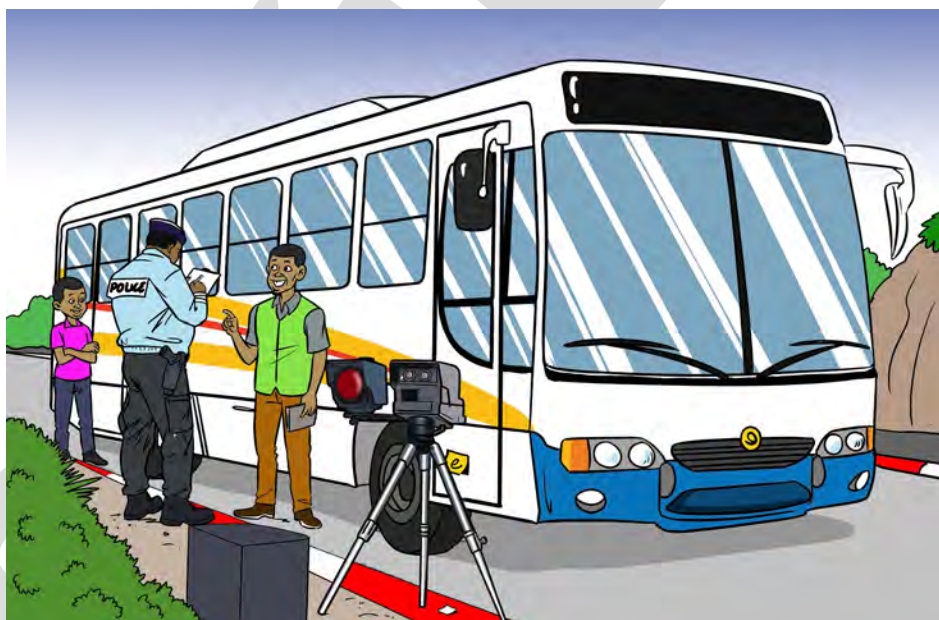
Leçon 1

Cinématique du point

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Connaître	les expressions : – du vecteur-position ; – du vecteur-vitesse d'un point dans un repère donné ; – du vecteur-accélération d'un point dans un repère donné ; – de l'accélération normale ; – de l'accélération tangentielle.
Déterminer	les équations horaires des mouvements : – rectiligne et uniforme ; – circulaire et uniforme ; – rectiligne et uniformément varié.
Utiliser	• les équations horaires $x(t)$, $v_x(t)$ et $\theta(t)$ des différents mouvements. • les relations : $\Delta v_x^2 = 2a\Delta x$; $v = R\omega$; $s = R\theta$; $a_N = \frac{v^2}{R}$.
Exploiter	un enregistrement.

Situation d'apprentissage



En partance dans ta ville natale pour les grandes vacances scolaires, la voiture que tu as empruntée a été "sifflée" par un agent de contrôle de vitesse par radar pour excès de vitesse. À l'arrêt, tu descends de la voiture puis demande les preuves de l'excès de vitesse à l'agent. Celui-ci te rétorque que quel que soit le mouvement de la voiture, il dispose du cliché sur lequel sont enregistrées ses différentes positions. Émerveillé par cette assertion,

tu rends compte de la scène à ton professeur et à tes camarades de classes dès la rentrée scolaire. Ensemble, vous décidez de déterminer les équations horaires des différents mouvements puis les utiliser.

Résumé du cours

1 Rappel des notions de référentiel et de repères

- On appelle référentiel, un objet choisi, par rapport auquel l'on étudie le mouvement d'un mobile.
- Au référentiel, il est lié un système d'axes (OX, OY, OZ) de vecteurs unitaires respectifs $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$. Ce système d'axes d'origine O est le repère cartésien d'espace ; les distances étant déterminées à partir de O.
- Toutefois, lorsque la trajectoire du mouvement est curviligne, on lui associe un repère $(\vec{\tau}, \vec{n})$ dit de Frenet, qui permet d'exprimer aisément le vecteur accélération du mobile.
- Les durées sont mesurées à partir d'une date t_0 définie comme repère de temps.
- À la date t_0 , le mobile peut être situé à l'origine O du repère d'espace, tout comme à un autre endroit.

2 Expression du vecteur position, du vecteur vitesse et du vecteur accélération

- $\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ est l'expression du vecteur position dans le repère cartésien d'espace.
- Le vecteur vitesse a pour expression dans le repère cartésien d'espace :

$$\vec{V} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$$

- Le vecteur accélération a pour expression dans le repère cartésien d'espace :

$$\vec{a} = \frac{d^2\overrightarrow{OM}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\vec{k}$$

3 L'accélération normale et l'accélération tangentielle d'un point mobile

Dans un repère de Frenet, le vecteur accélération a pour expression :

$\vec{a} = \frac{dV}{dt}\vec{\tau} + \frac{V^2}{\rho}\vec{n}$, avec $\frac{dV}{dt}$ l'accélération tangentielle et $\frac{V^2}{\rho}$ l'accélération normale, ρ est le rayon de courbure.

4 Équations horaires de mouvements

- Pour le mouvement rectiligne et uniforme :
 - ✓ $a = 0$;
 - ✓ $V = V_0$;
 - ✓ $x = V_0 t + x_0$.
- Pour le mouvement rectiligne et uniformément varié :
 - ✓ $a = a_0$;
 - ✓ $V = a_0 t + V_0$;
 - ✓ $x = \frac{1}{2}a_0 t^2 + V_0 t + x_0$.Des deux dernières équations horaires, l'on obtient la relation $V_2^2 - V_0^2 = 2a(x - x_0)$
- Pour le mouvement circulaire uniforme :
 - ✓ $\omega = \omega_0$;
 - ✓ $a = a_n = R\omega^2$;
 - ✓ $\alpha = \omega_0 t + \alpha_0$.

Activités d'application

1 Relie par un trait si possible, la grandeur physique à une ou deux expressions qui lui correspond/correspondent.

Grandeur physique

- Vecteur vitesse •
- Vecteur position •
- Vecteur accélération •
- Accélération tangentielle •
- Accélération normale •
- Vitesse angulaire •

Expression

- $\frac{d\vec{V}}{dt}$
- $\frac{V^2}{R}$
- $\frac{d\vec{OM}}{dt}$
- $\frac{dV}{dt}$
- $\frac{d^2\vec{OM}}{dt^2}$
- $\vec{OM}$

2 Un mobile M est en mouvement par rapport à un référentiel muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, avec pour coordonnées respectives x, y, z .

1. Donne l'expression du vecteur position du mobile en fonction de x, y , et z dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.
2. Écris le vecteur-position du mobile en fonction de ses coordonnées lorsque le mouvement de celui-ci a lieu :
 - dans le plan $(O, \vec{i}, \vec{j})$;
 - dans le plan $(O, \vec{i}, \vec{k})$;
 - dans le plan $(O, \vec{j}, \vec{k})$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3 Une bille M, considérée ponctuelle, se déplace par rapport à un référentiel muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, avec pour coordonnées respectives $x(t) = 2t^2$; $y(t) = t + 1$; $z(t) = 3$.

Exprime le vecteur-position de la bille en fonction de la date t , dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

.....

.....

.....

4 Une bille M, considérée ponctuelle, se déplace par rapport à un référentiel muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, avec pour coordonnées respectives $x(t) = 2t^2$; $y(t) = t + 1$; $z(t) = 3$.

Exprime le vecteur-vitesse $\vec{V}_M$ de la bille en fonction de la date t , dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

.....

.....

.....

5 L'équation horaire de la position d'un mobile est : $x = 3t + 0,2$. (Avec t en seconde et x en mètre)

1. Le mouvement de ce mobile est :
 - a) circulaire et uniforme ;
 - b) rectiligne et uniforme ;
 - c) rectiligne et uniformément varié ;
 - d) circulaire et uniformément varié.
2. La position initiale de ce mobile a pour valeur :
 - a) 0,2 m ; b) 3 m ; c) 3,2 m ; d) 2,8 m.
3. La vitesse de ce mobile est :
 - a) 3,2 m.s⁻¹ ; b) 0,2 m.s⁻¹ ; c) 2,8 m.s⁻¹ ; d) 3 m.s⁻¹.

Entoure, pour chaque proposition ci-dessus, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

6 Une bille M, considérée ponctuelle, se déplace par rapport à un référentiel muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, avec pour coordonnées respectives $x(t) = 2t^2$; $y(t) = t + 1$; $z(t) = 3$.

Exprime le vecteur-accélération $\vec{a}_M$ de la bille dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

.....

Activités d'application

7 Le vecteur-position d'un mobile est :

$$\overrightarrow{OM} = 5t\vec{i} + \frac{t^2}{4}\vec{j}.$$

Détermine, à la date $t = 0$ s, la valeur V du vecteur-vitesse et la valeur a de l'accélération.

8 L'équation horaire de la position d'un mobile est : $x = 1,5t^2 + 2t + 0,5$. (Avec t en seconde et x en mètre)

1. Le mouvement de ce mobile est :
 - a) circulaire et uniforme ;
 - b) rectiligne et uniforme ;
 - c) rectiligne et uniformément varié ;
 - d) circulaire et uniformément varié.
2. L'accélération de ce mobile a pour valeur :
 - a) 3 m.s^{-2} ;
 - b) $1,5 \text{ m.s}^{-2}$;
 - c) 2 m.s^{-2} ;
 - d) $0,5 \text{ m.s}^{-2}$.

3. La position initiale de ce mobile a pour valeur :

- a) 0,5 m ;
- b) 1,5 m ;
- c) 2 m ;
- d) 3 m.

4. La vitesse initiale de ce mobile est :

- a) 3 m.s^{-1} ;
- b) $0,5 \text{ m.s}^{-1}$;
- c) $1,5 \text{ m.s}^{-1}$;
- d) 2 m.s^{-1} .

Entoure, pour chaque proposition ci-dessus, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

9 Mets une croix dans la case V si la proposition est vraie ou dans la case F si elle est fausse.

N°	Propositions	V	F
1	La trajectoire d'un mobile est l'ensemble des positions successives occupées par le mobile au cours du temps.		
2	Un mouvement est rectiligne et uniforme si le vecteur-vitesse est constant.		
3	Un mouvement est rectiligne et uniformément varié si le vecteur accélération est constant.		
4	Le vecteur-vitesse instantané d'un mobile est la dérivée seconde du vecteur-position du mobile.		
5	La direction et le sens du vecteur-vitesse d'un mobile animé d'un mouvement circulaire uniforme varie.		

Activités d'application

10 Un mobile démarre d'un point A sans vitesse initiale sur une trajectoire rectiligne d'un mouvement accéléré et atteint une vitesse $v = 10 \text{ m.s}^{-1}$ au bout d'une durée $\Delta t = 4 \text{ s}$.

1. L'accélération du mouvement est :
 - a) $a = 2,5 \text{ m.s}^{-1}$;
 - b) $a = 0,25 \text{ m.s}^{-2}$;
 - c) $a = 2,5 \text{ m.s}^{-2}$.
2. L'équation horaire du mouvement est :
 - a) $x(t) = 1,25t^2$;
 - b) $x(t) = 2,5t^2$;
 - c) $x(t) = 5t^2$.

Entoure, pour chaque proposition, la lettre correspondant à la bonne réponse.

11 Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne d'équation horaire $x(t) = -2t^2 + 6t - 5$ (en m).

Précise les intervalles de temps sur lesquels le mouvement du mobile est accéléré, est retardé.

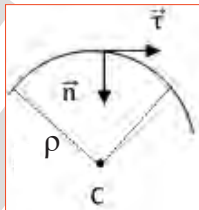
.....

.....

.....

.....

12 Le mouvement du centre d'inertie d'un solide décrit une trajectoire curviligne de centre C et de rayon de courbure ρ , représentée ci-contre.



1. Écris l'expression du vecteur-accelération du centre d'inertie du solide en fonction de sa vitesse V et de son rayon de courbure ρ dans la base de Frenet $(\vec{\tau}, \vec{n})$.
2. Précise l'accélération tangentielle et l'accélération normale.

.....

.....

.....

.....

13 Complète les phrases ci-dessous :

1. L'équation horaire de la position d'un mobile en mouvement rectiligne et uniformément varié est de la forme : $x(t) = \dots\dots\dots$
2. L'équation horaire de la vitesse d'un mobile en mouvement rectiligne et uniformément varié est de la forme : $v(t) = \dots\dots\dots$
3. $x(t) = v_0 t + x_0$ correspond à l'équation horaire d'un mouvement $\dots\dots\dots$
4. $\alpha(t) = \omega_0 t + \alpha_0$ ou $s(t) = R\alpha(t)$ correspond à l'équation horaire d'un mouvement $\dots\dots\dots$

14 Les coordonnées d'un mobile dans un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, sont : $x(t) = 2t$; $y(t) = 0,5t^2$; $z(t) = 0$ (en cm).

1. Le mouvement du mobile a lieu :
 - a) dans un plan ;
 - b) dans l'espace ;
 - c) sur une droite.
2. L'équation de la trajectoire du mobile est :
 - a) $y = 0,5 x^2$;
 - b) $y = 0,125 x$;
 - c) $y = 0,125 x^2$.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse pour chaque proposition.

15 Un véhicule en mouvement sur une voie rectiligne arrive en un point A à la date t_0 avec une vitesse $V = 60 \text{ km.h}^{-1}$, qu'il maintient constante sur le tronçon AB de la voie.

Détermine l'équation horaire de la position du véhicule sur le tronçon AB, avec pour origine des espaces le point A et pour origine des dates la date t_0 .

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

16 Un mobile a un mouvement rectiligne et uniforme sur une route horizontale.

A la date $t = 0$ s, il se trouve à l'abscisse $x_0 = 3$ m et sa vitesse est de 4 m.s^{-1} .

1. Écris son équation horaire $x(t)$.
2. Calcule son abscisse à la date $t = 2$ s.

18 Un disque compact (CD) de rayon $R = 6$ cm tourne à $7\,200 \text{ tr.min}^{-1}$.

Détermine pour un point M de la périphérie du CD qui se trouve à l'origine, à la date $t = 0$:

1. l'équation horaire de l'abscisse angulaire ;
2. l'équation horaire de l'abscisse curviligne.

17 Une bille est lancée sur une piste rectiligne avec une vitesse $V = 2 \text{ m.s}^{-1}$. Elle subit une décélération $a = -0,5 \text{ m.s}^{-2}$ jusqu'à l'arrêt.

Détermine en prenant pour origine des espaces le point du lancement et pour origine des dates la date de lancement :

1. l'équation horaire de la vitesse de la bille ;
2. l'équation horaire de la position de la bille.

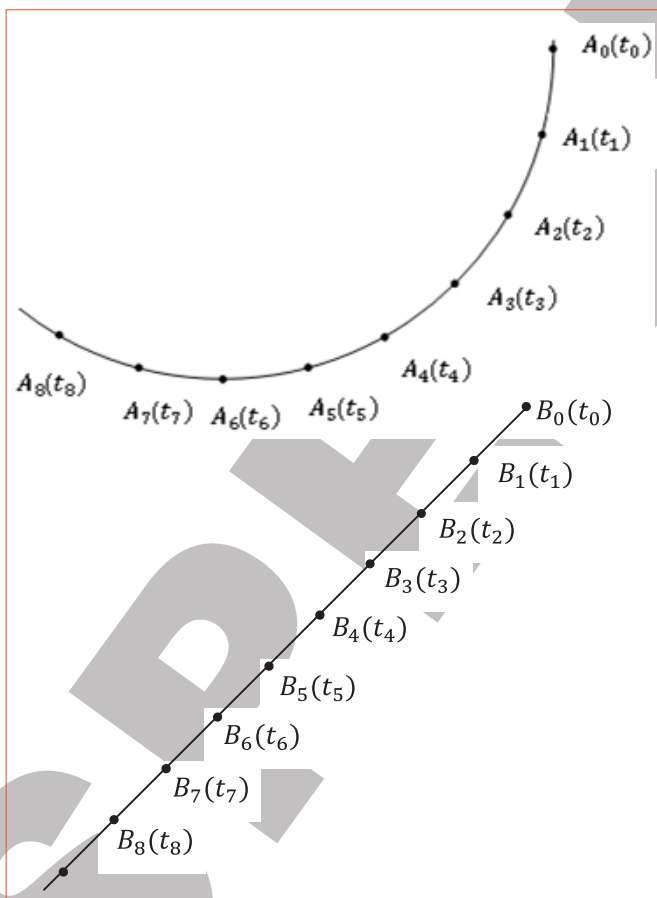
Situations d'évaluation

1 Votre professeur reprend des expériences sur la nature du mouvement d'un mobile, à l'intention de certains de vos camarades de classe qui étaient absents au cours, pour raison de participation à un concours. Pour s'assurer que vous qui étiez présents lors de ces expériences, les avez comprises, il vous demande de guider vos camarades dans la manipulation et l'exploitation des enregistrements obtenus.

Les expériences consistent à lancer sans vitesse initiale à la date t_0 , avec le matériel adéquat, deux mobiles A et B sur une table à coussin d'air où les forces de frottement sont négligeables. Les positions des mobiles sont repérées à des intervalles de temps successifs égaux τ .

$$\tau = t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \dots = t_8 - t_7 = 40 \text{ ms.}$$

Vous obtenez les enregistrements représentés ci-dessous en dimensions réelles :



A_0 et B_0 sont les origines d'espace respectives des enregistrements N°1 et N°2.

Pour les représentations vectorielles, tu utiliseras l'échelle 1 cm pour $0,1 \text{ m.s}^{-1}$.

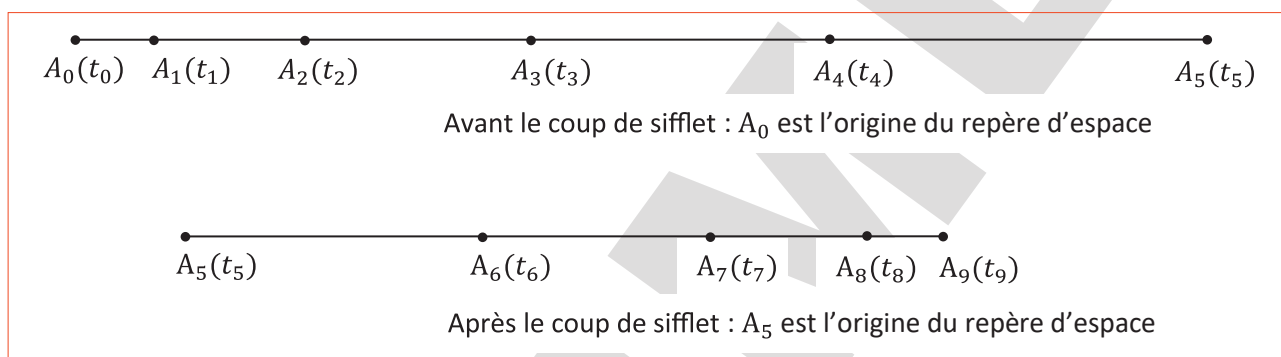
1. Donne l'expression du vecteur-vitesse du mobile en fonction de son vecteur-position :
 - 1.1 en un point $A(t)$ pour l'enregistrement N°1, en utilisant A_0 comme origine de l'espace ;
 - 1.2 en un point $B(t)$ pour l'enregistrement N°2, en utilisant B_0 comme origine de l'espace.
2. Détermine les valeurs de la vitesse de chacun des mobiles :
 - 2.1 aux points A_1 , A_3 et A_5 pour l'enregistrement N°1 ;
 - 2.2 aux points B_1 , B_3 et B_5 pour l'enregistrement N°2.
3. Représente les vecteurs vitesses :
 - 3.1 aux points A_1 , A_3 et A_5 pour l'enregistrement N°1 ;
 - 3.2 aux points B_2 , B_4 et B_6 pour l'enregistrement N°2.
4. Dédus des questions précédentes :
 - 4.1 la nature du mouvement de chaque mobile ;
 - 4.2 la distance parcourue par chaque mobile entre les dates t_0 et t_6 .

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Situations d'évaluation

2 En partance pour les congés de Noël, tu empruntes le même car que ton professeur de physique-chimie. Le car est sifflé par un agent de contrôle par radar pour excès de vitesse. À l'arrêt, ton professeur descend du car puis demande les preuves de l'excès de vitesse à l'agent. Celui-ci lui rappelle que sur ce tronçon rectiligne, la vitesse limite est de 120 km/h. Il lui sort le cliché sur lequel sont enregistrées les différentes positions de la voiture avant et après le coup de sifflet à des intervalles de temps successifs égaux τ .

$\tau = t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \dots = t_5 - t_4 = 1 \text{ s}$; t_0 est l'origine du temps pour chaque phase du mouvement. Le cliché développé donne les figures ci-dessous à l'échelle 1/1000 (1 cm sur la figure correspond à 1000 cm en dimension réelle).



De retour en classe, le professeur vous demande d'exploiter les différents clichés.

Pour les représentations vectorielles, tu utiliseras l'échelle 1 cm pour 1 m.s⁻¹.

1. Définis un mouvement rectiligne et uniformément varié.
2. Détermine la vitesse de la voiture :
 - 2.1 aux points A_1 , A_2 , A_3 et A_4 avant le coup de sifflet ;
 - 2.2 aux points A_6 , A_7 et A_8 , après le coup de sifflet.
3. Détermine :
 - 3.1 l'accélération du mouvement pour chaque phase ;
 - 3.2 la distance parcourue par le car de A_0 à A_9 .
4. Montre que le car est en excès de vitesse.

Situations d'évaluation

3 Ton voisin de classe veut quitter son domicile les matins à 06 h 45 min à bord de sa moto, pour arriver à l'entrée du lycée avant 07 h, l'heure à laquelle le gardien ferme le portail.

Le trajet de son domicile au portail du lycée est rectiligne, d'une longueur de 860 m. Le domicile est pris comme référentiel d'espace, auquel est associé le repère $(O, \vec{i})$. La position de la moto considérée comme un mobile le long du trajet, est repérée par le point M. L'origine du repère de temps est la date t_0 à laquelle la moto démarre. Le démarrage doit s'effectuer à l'arrêt sans vitesse initiale, pour atteindre progressivement et de façon régulière, la vitesse de 20 km.h^{-1} au bout de 5 s, vitesse à maintenir constante par mesure de prudence jusqu'à destination.

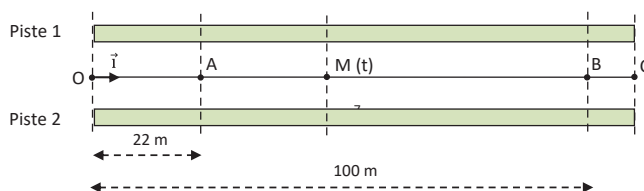
Il te sollicite pour l'aider à savoir s'il peut arriver à l'heure dans ces conditions. Tu négligeras la phase de ralentissement jusqu'à l'arrêt.

1. Donne la nature du mouvement sur chaque phase du trajet.
2. Détermine :
 - 2.1 les équations horaires du mouvement qui doit avoir lieu sur la première phase ;
 - 2.2 la distance à parcourir sur la première phase.
3. Détermine l'équation horaire du mouvement qui doit avoir lieu sur la deuxième phase.
4. Dis si ton voisin peut arriver à l'heure dans ces conditions.

4 Au cours d'EPS en athlétisme, Miemmo et Yélé, deux filles de votre classe participent à l'épreuve de 100 m. Cette épreuve consiste à parcourir une distance de 100 m en ligne droite.

La piste est munie du repère d'espace $(O, \vec{i})$ et la position d'un coureur à la date t est repérée par le point M par projection sur l'axe $(O, \vec{i})$.

Les deux élèves démarrent sur la même ligne d'abscisse $x_0 = 0$, à la date t_0 origine du repère de temps. Leurs mouvements sont uniformément accélérés et de la même façon, de sorte qu'elles parcourent la même distance $OA = 22 \text{ m}$ à la date $t_1 = 6 \text{ s}$. À partir de la distance OA, Miemmo accélère davantage et franchit la ligne d'arrivée repérée par le point B, d'où elle ralentit progressivement pour s'arrêter après avoir parcouru la distance $BC = 10 \text{ m}$ (voir schéma ci-dessous).



Le chronomètre marque comme durées de parcours des 100 m : 12 s pour Miemmo et 13 s pour Yélé.

Le professeur d'EPS te demande d'évaluer les vitesses et accélérations des deux coureurs.

Situations d'évaluation

1. Écris les équations horaires d'un mobile M en mouvement rectiligne et uniformément varié dans un repère $(O, \vec{i})$, en fonction de son accélération a et de sa vitesse initiale V_0 .
2. Détermine à l'issue de la première phase du trajet :
 - 2.1 l'accélération des coureurs ;
 - 2.2 la vitesse des coureurs.
3. Détermine :
 - 3.1 l'accélération de chaque coureur sur la deuxième phase de son mouvement ;
 - 3.2 la vitesse avec laquelle Miemmo franchit la ligne d'arrivée.
4. Dédus de la question précédente, la décélération du mouvement de Miemmo lorsqu'elle ralentit progressivement après la ligne d'arrivée pour s'arrêter.

5 Tu empruntes un véhicule pour le retour des grandes vacances dans la ville où tu fréquentes l'école. Le véhicule roule à la vitesse constante de 72 km.h^{-1} au moment où il est sifflé à un poste de contrôle de la douane. Craignant d'être retardé, le conducteur se met à accélérer 1 s après le coup de sifflet en augmentant sa vitesse de 10 km.h^{-1} toutes les 2 s . L'agent de douane se met alors à poursuivre le véhicule 5 s après son coup de sifflet, avec une accélération de 3 m.s^{-2} . La trajectoire des mouvements est rectiligne. Le poste de contrôle est choisi comme référentiel, muni du repère d'espace $(O, \vec{i})$. L'origine du repère de temps est la date t_0 à laquelle le coup de sifflet retentit.

Ton voisin te demande de déterminer la distance parcourue par l'agent de douane lorsqu'il rattrape le véhicule de transport.

1. Indique la (les) phase (s) des mouvements et leur nature :
 - 1.1 pour le véhicule de transport ;
 - 1.2 pour l'agent de douane.
2. Détermine pour chaque phase de mouvement, les équations horaires :
 - 2.1 pour le véhicule de transport ;
 - 2.2 pour l'agent de douane.
3. Détermine la date à laquelle l'agent de douane rattrape le véhicule de transport.
4. Dédus-en la distance parcourue par l'agent de douane.

Situations d'évaluation

7 Lors d'un devoir surveillé, votre professeur vous demande d'étudier le mouvement d'un solide supposé ponctuel sur la piste ABCD ci-dessous. Cette piste est constituée d'une partie AC rectiligne de longueur 350 m et d'une partie CD circulaire de rayon $r = OC = 5$ m.



Le mobile parcourt la distance AB pendant une durée $t = 5$ s avec une vitesse constante $v_A = 10 \text{ m.s}^{-1}$. Il arrive au point C avec une vitesse $v_C = 25 \text{ m.s}^{-1}$.

Ensuite, il aborde le tronçon CD avec une vitesse angulaire constante $\omega = 5,5 \text{ rad.s}^{-1}$.

À la date $t = 0$ s, le mobile est au point C. (Voir figure ci-dessus).

Donnée : $\widehat{COD} = \theta = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$.

- Donne, en justifiant ta réponse, la nature du mouvement du mobile entre :
 - A et B ;
 - B et C ;
 - C et D.
- Détermine :
 - la distance AB parcourue par le mobile ;
 - la valeur a de l'accélération sur le tronçon BC ;
 - la durée Δt sur le trajet BC ;
 - l'abscisse curviligne $s = \widehat{CD}$.
- Déduis la distance totale parcourue par le mobile de A à D.
- Établis l'équation horaire $\theta(t)$ du mouvement du mobile sur le tronçon CD.

8 Votre professeur vous soumet à l'étude des différentes phases du mouvement d'un véhicule sur une route rectiligne et horizontale au cours de travaux dirigés.

Le véhicule parti sans vitesse initiale, atteint une vitesse $v = 20 \text{ m.s}^{-1}$ pendant une durée $\Delta t = 25$ s. Son mouvement est ensuite uniforme ; puis jusqu'à l'arrêt, il a un mouvement uniformément retardé d'accélération $a = -0,5 \text{ m.s}^{-2}$.

Le véhicule parcourt une distance totale $d = 10$ km.

Tu prendras comme origine des dates, l'instant de départ et origine des espaces le point de départ.

- Indique la nature des différentes phases du mouvement du véhicule.
- Établis les lois horaires $x_1(t)$ et $x_2(t)$ respectivement pour la première et deuxième phase du mouvement du véhicule.
- Détermine :
 - la durée du freinage du véhicule ;
 - la distance parcourue à vitesse constante ;
- Déduis de ce qui précède, la durée totale du trajet.



Leçon 2

Mouvement du centre d'inertie d'un solide

Tableau des habiletés et des contenus

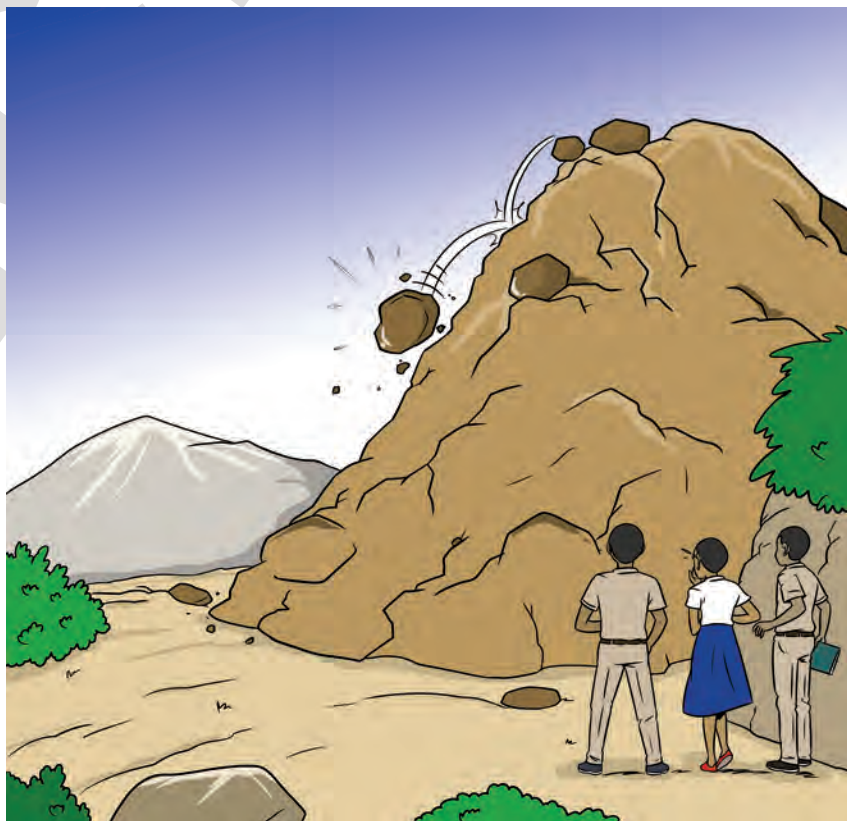
HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un référentiel galiléen.
Connaître	quelques référentiels galiléens (référentiel terrestre, référentiel géocentrique, référentiel héliocentrique).
Énoncer	le théorème du centre d'inertie.
Appliquer	- le théorème du centre d'inertie. - le théorème de l'énergie cinétique.

Situation d'apprentissage

Lors d'une sortie d'étude avec l'un de vos professeurs, vous observez le mouvement d'un rocher qui s'est détaché du haut d'une colline.

- Quelle doit être grande la vitesse de ce rocher ! Dit l'un d'entre vous.
- Que dire de son accélération ! Renchérit un autre.
- Il serait aussi intéressant de connaître les forces que subit ce rocher ! Finit par ajouter une troisième.

Tous les élèves de la classe se trouvant finalement intéressés par les préoccupations de leurs camarades, ils se proposent d'établir un lien entre l'accélération et les forces extérieures appliquées au système.



1 Référentiel galiléen

- On appelle référentiel galiléen, un référentiel dans lequel le principe de l'inertie est vérifié.
- Ce qui signifie que dans un référentiel galiléen, le mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé est rectiligne et uniforme si le système est en mouvement. Si le système n'est pas en mouvement, alors il reste immobile.
- Exemples de référentiels galiléens :
 - ✓ le référentiel héliocentrique ou référentiel de Copernic, dont l'origine est le centre du Soleil et ses axes sont trois axes dirigés chacun vers une étoile fixe ;
 - ✓ le référentiel géocentrique, dont l'origine est le centre de la Terre et ses axes sont trois axes dirigés chacun vers une étoile fixe ;
 - ✓ le référentiel terrestre ou référentiel du laboratoire, dont l'origine est un point d'un objet situé sur la Terre et ses axes sont trois axes fixes.



2 Théorème du centre d'inertie

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système est égale au produit de la masse du système par le vecteur accélération de son centre d'inertie. $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$.

3 Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique entre deux instants d'un système est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées à ce système entre ces deux instants.

$$E_{C_{finale}} - E_{C_{initiale}} = \sum W(\vec{F})$$

Activités d'application

1

1. Définis un référentiel galiléen.
2. Donnes trois (03) exemples de référentiel galiléen.
3. Décris chaque exemple de référentiel cité.

.....

.....

.....

.....

2 Complète les phrases ci-dessous :

1. Le centre du référentiel géocentrique est
2. Le centre du référentiel héliocentrique est
3. Le centre du référentiel terrestre est

3 Ordonne les mots ou groupes de mots ci-dessous de sorte à constituer une phrase ayant un sens.

1. dirigés vers / au globe terrestre. / est un référentiel / celui de la Terre, / Le référentiel / avec ses trois axes / mais liés / géocentrique / dont le centre est / des étoiles lointaines
2. par rapport au Soleil. / du référentiel héliocentrique / et ses trois axes / vers des étoiles lointaines / Le centre / sont pointés / supposées immobiles / est le centre du Soleil,

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3 Voici des propositions :

1. Le théorème du centre d'inertie exprime la somme des forces appliquées à un solide ponctuel en fonction de sa masse et de son accélération.

2. Le principe de l'inertie s'applique dans tout référentiel.
3. Le référentiel géocentrique et le référentiel terrestre se distinguent par leur centre.
4. Les axes du référentiel terrestre sont liés au globe terrestre.
5. Les axes des référentiels terrestre, géocentrique et héliocentrique sont pointés vers des étoiles lointaines.
6. Le référentiel terrestre est aussi appelé référentiel du laboratoire.
7. Le référentiel héliocentrique est aussi appelé référentiel de Copernic.

Écris en face de chacune d'elle la lettre V si elle est vraie, ou la lettre F si elle est fausse.

5

1. Énonce le théorème du centre d'inertie.
2. Exprime le théorème du centre d'inertie pour un solide de masse m et d'accélération $\vec{a}$ auquel est appliquée une force $\vec{F}$.

.....

.....

.....

6 Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots qui conviennent, sachant qu'un groupe de mots peut être utilisé deux fois : **des étoiles lointaines ; le centre du Soleil ; référentiel de Copernic ; référentiel du laboratoire ; galiléens ; le principe de l'inertie ; le centre de la Terre.**

L'étude du mouvement du centre d'inertie d'un solide nécessite la définition d'un référentiel.

Les référentiels dans lesquels est vérifié sont dits, en hommage à Galilée.

L'origine du référentiel géocentrique est et ses trois axes sont pointés vers Il en est de même pour le référentiel terrestre ou, à la seule différence que ses axes sont liés au globe terrestre.

Activités d'application

Le référentiel héliocentrique ou
a pour origine et ses trois axes
sont pointés vers supposées
immobiles.

7 Relie par un trait l'énoncé de chacun des
éléments du diagramme A à son expression dans
le diagramme B.

A

Théorème de
l'énergie cinétique •
Théorème du centre
d'inertie •
Principe de l'inertie •

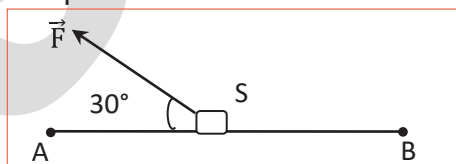
B

- $\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{ext})$
- $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$
- $\Delta E_C = W(\vec{F}_{ext})$
- $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$

8 Mets une croix dans la case V si la proposition
est vraie ou dans la case F si elle est fausse.

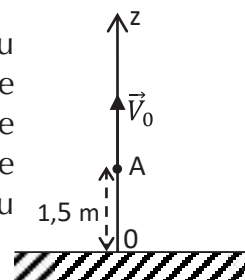
N°	Propositions	V	F
1.	L'étude du mouvement d'un solide à la surface de la Terre se fait dans le référentiel géocentrique.		
2.	Le référentiel terrestre supposé galiléen permet d'étudier le mouvement d'un solide sur Terre de courte durée.		
3.	Un référentiel est dit galiléen si le principe de l'inertie est vérifié.		
4.	Le théorème de l'énergie cinétique est une conséquence du théorème du centre d'inertie.		
5.	Le principe de l'inertie découle du théorème du centre d'inertie.		
6.	Le théorème du centre d'inertie s'applique aussi dans un référentiel non galiléen.		

9 Détermine la valeur de la force $\vec{F}$ constante
exercée sur le solide (S) de masse $m = 0,6$ kg,
dont la vitesse passe de 6 m.s^{-1} à 2 m.s^{-1} , du
point A au point B. $AB = 5$ m.



10 Détermine la vitesse avec laquelle il faut
lancer un solide de masse $m = 200$ g supposé
ponctuel, qui subit une force de frottement de
valeur $F = 3$ N sur une route horizontale, pour
qu'il s'arrête après un parcours de 5 m.

11 Détermine par rapport au
sol, la hauteur atteinte par le
centre d'inertie d'une boule
lancée avec la vitesse $\vec{v}_0$ de
valeur $V_0 = 4 \text{ m.s}^{-1}$ à partir du
point A.



12 Calcule l'accélération du centre d'inertie
d'une voiture de force motrice $\vec{F}$ de valeur
 $F = 2\,000$ N, de masse $m = 5t$, qui roule sans
frottements sur une voie rectiligne.

Activités d'application

13 On considère le mouvement rectiligne d'une balle de golf supposée ponctuelle, de masse $m = 45 \text{ g}$ et d'accélération $\vec{a}$.

1. L'expression de la résultante $\vec{F}$ des forces extérieures exercées sur la balle est :

- a) $\vec{F} = \frac{\vec{a}}{\vec{m}}$;
- b) $\vec{F} = m\vec{a}$;
- c) $\vec{F} = 2\frac{\vec{a}}{m}$;
- d) $\vec{F} = -m\vec{a}$.

2. La valeur de la résultante $\vec{F}$ des forces extérieures qui permet d'obtenir une accélération de -3 m.s^{-2} est :

- a) $0,135 \text{ N}$;
- b) $66,67 \text{ N}$;
- c) $33,33.10^{-3} \text{ N}$;
- d) $133,33.10^{-3} \text{ N}$.

3. Lorsque la résultante $\vec{F}$ des forces extérieures a pour valeur $F = 0,2 \text{ N}$, la décélération de la balle a pour valeur :

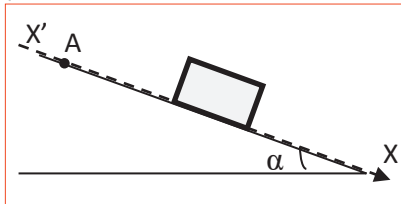
- a) $-4,44.10^{-3} \text{ m.s}^{-2}$;
- b) $4,44.10^{-2} \text{ m.s}^{-2}$;
- c) $4,44 \text{ m.s}^{-2}$;
- b) $-4,44 \text{ m.s}^{-2}$.

Pour chaque proposition ci-dessus, entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse.

14 Un solide de masse m , abandonné en un point A d'abscisse $x_0 = 0 \text{ m}$, sans vitesse initiale, glisse sans frottement sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale.

1. La valeur algébrique de l'accélération du solide a pour expression :

- a) $a_x = -g \sin \alpha$;
- b) $a_x = g \sin \alpha$;
- c) $a_x = g \cos \alpha$.



2. L'équation horaire du mouvement du solide est :

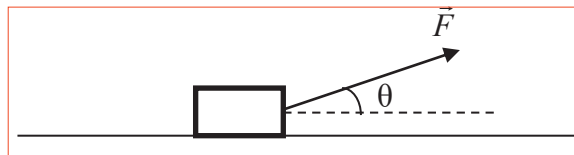
- a) $x(t) = \frac{1}{2}(g \sin \alpha)t^2$;
- b) $x(t) = -\frac{1}{2}(g \sin \alpha)t^2$;
- c) $x(t) = \frac{1}{2}(g \cos \alpha)t^2$.

3. Le mouvement du solide est :

- a) retardé ;
- b) accéléré ;
- c) uniforme.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse pour chaque cas.

15 Un solide de masse $m = 10 \text{ kg}$ est tiré par une ficelle faisant un angle $\theta = 30^\circ$ avec l'horizontale comme l'indique la figure ci-dessous. Le mouvement du solide est uniforme. La force exercée a pour valeur $F = 50 \text{ N}$ et les forces de frottement sont équivalentes à une force unique $\vec{f}$. L'intensité de la pesanteur est $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.



Détermine la valeur de la :

- 1. réaction normale $\vec{R}_N$ du support ;
- 2. force de frottement $\vec{f}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

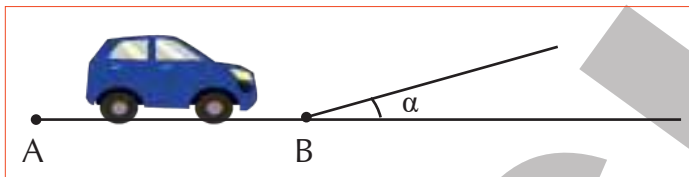
.....

Situations d'évaluation

1 Pendant les congés de Pâques, votre établissement scolaire organise une excursion à laquelle tu participes. Le véhicule que vous empruntez et sa charge ont pour masse totale $m = 2\,500\text{ kg}$.

Sur un premier tronçon AB rectiligne et horizontal de la route, votre véhicule roule à la vitesse constante de 70 km.h^{-1} . Ensuite, il aborde une côte de ligne de plus grande pente faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale, en accélérant constamment jusqu'à atteindre la vitesse de 106 km.h^{-1} pendant $2,5 \text{ s}$.

Durant les deux phases du mouvement, les forces de frottement exercées par la route sur le véhicule sont assimilées à une force unique de valeur $f = 0,5 \times mg$, avec $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$, la valeur de l'intensité de la pesanteur.



L'un de vos camarades s'interroge sur la valeur de la force motrice du véhicule sur les deux parcours. Aide-le à en avoir une idée nette.

1. Donne le nom du référentiel dans lequel a lieu le mouvement du véhicule.
2. Énonce le théorème du centre d'inertie.
3. Montre que la valeur de la force motrice du véhicule est égale à celle de la force de frottement sur le tronçon AB.
4. Détermine la valeur de la force motrice du véhicule :
 - 4.1 sur le tronçon AB ;
 - 4.2 pendant son accélération sur le plan incliné.

2 Lors d'une sortie d'étude avec votre professeur, vous êtes amenés à remorquer une voiture en panne sur une côte qui présente une ligne de plus grande pente de 10% (on parcourt 100 m pour une élévation de 10 m). La corde inextensible qui permet à votre véhicule de tirer la voiture fait un angle α de valeur estimée à 10° avec le plan incliné (voir schéma).

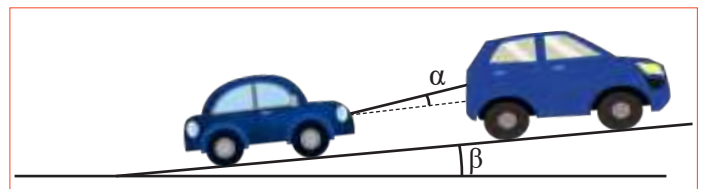
Votre véhicule tracteur a une masse $m = 1\,500\text{ kg}$, une accélération $a = 2\text{ m.s}^{-2}$ et une force motrice $\vec{F}$ d'intensité $F = 8\,000\text{ N}$.

Chaque véhicule subit une force de frottement f de valeur $f = 1\,200\text{ N}$.

Arrivés à destination, votre professeur vous demande de déterminer la masse de la voiture.

Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

1. Indique le référentiel dans lequel a lieu le mouvement.
2. Énonce le théorème du centre d'inertie.
3. Exprime la valeur :
 - 3.1 T de la tension exercée par votre véhicule ;
 - 3.2 T' de la tension exercée par la voiture.
4. Dédus la masse m' de la voiture.



Situations d'évaluation

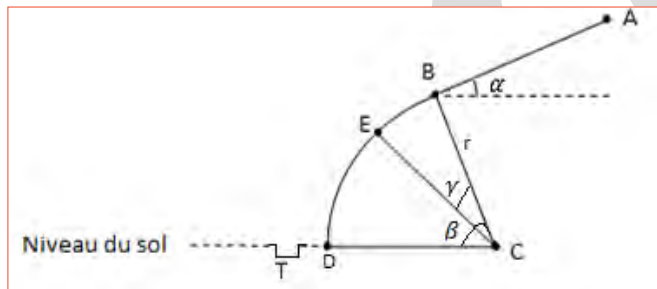
3 Lors de la journée de l'excellence dans votre localité, il est demandé à chaque élève candidat au prix de l'excellence, d'effectuer un choix entre trois billes de masses respectives m_1 , m_2 et m_3 , à faire glisser sur la piste représentée par la figure ci-dessous. Cette piste est constituée d'une partie AB rectiligne de longueur $\ell = 2 \text{ m}$, faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale, et d'un arc de cercle BD de rayon 1 m .

Sur AB, il existe des forces de frottement équivalentes à une force unique $\vec{F}$ supposée constante de valeur $F = 0,2 \text{ N}$. Les forces de frottement sur la partie BD sont négligeables.

L'objectif assigné aux candidats est de lâcher au point A sans vitesse initiale, la bille judicieusement choisie, afin qu'elle puisse quitter la piste au point E pour aller se loger dans le trou T au bas de la piste sur le sol.

$m_1 = 50 \text{ g}$; $m_2 = 56,2 \text{ g}$; $m_3 = 52,6 \text{ g}$,
 $\beta = \widehat{BCD} = 75^\circ$; $\gamma = \widehat{ECB} = 45^\circ$.

En tant que candidat, propose ta solution en utilisant $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ comme intensité de la pesanteur.



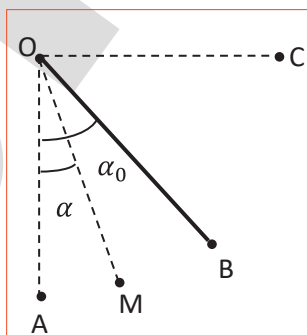
1. Précise :
 - 1.1 le système étudié ;
 - 1.2 le référentiel d'étude du mouvement.
2. Détermine l'expression de la vitesse de la bille :
 - 2.1 au point B en fonction de sa masse m , g , F , ℓ et α ;
 - 2.2 au point E où elle quitte la piste, en fonction de sa masse m , g , F , ℓ , r , α , β et γ .
3. Exprime la valeur R_N de la réaction $\vec{R}_N$ de la piste sur la bille au point E.
4. Déduis, des questions précédentes, la masse

de la bille qui convient pour être logée dans le trou T.

4 Tu amènes ton petit frère faire de la balançoire à la foire organisée par la municipalité de la localité où tu résides. La balançoire est schématisée de façon simple par la corde OB de longueur $\ell = 1,5 \text{ m}$ (voir schéma ci-dessous),

à laquelle ton petit frère de masse $m = 18 \text{ kg}$ est accroché.

À partir de la position d'équilibre OA de la corde, tu pousses ton petit frère vers l'avant avec la vitesse $\vec{V}_0$. Il s'écarte alors de cette



position et son mouvement est repéré à une date quelconque t par le point M tel que $\widehat{AOM} = \alpha$. Il se balance jusqu'à atteindre le point B tel que $\widehat{AOB} = \alpha_0 = 45^\circ$, avant de redescendre.

Ton petit frère te demande s'il est possible qu'il atteigne le point C.

Tu utiliseras comme intensité de la pesanteur, $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1. Indique :
 - 1.1 le système étudié ;
 - 1.2 le référentiel d'étude du mouvement du système.
2. Détermine l'expression de :
 - 2.1 la vitesse du système au point M, en fonction de V_0 , g , ℓ et α ;

Situations d'évaluation

2.2 la tension de la corde au point M, en fonction de m , V_0 , g , ℓ et α .

3. Détermine :

3.1 la valeur V_0 de la vitesse avec laquelle tu pousse ton petit frère pour qu'il atteigne le point B avant de redescendre ;

3.2 la valeur de la tension de la corde au point B.

4. Montre qu'il est impossible que ton petit frère atteigne le point C, la corde restant tendue.

Le mouvement du solide est rectiligne et uniformément varié.

Une horloge permet d'enregistrer les positions de son centre d'inertie G en fonction du temps.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

t(s)	0	0,06	0,12	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420
x(cm)	0	0,18	0,72	1,62	2,88	4,5	6,48	8,82
t, (10 ⁻³ s ²)								

Échelles : $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ cm pour } 20 \text{ s}^2 \text{ en abscisse ;} \\ 1 \text{ cm pour } 1 \text{ cm en ordonnée.} \end{array} \right.$

Tu es désigné(e) par ton groupe pour répondre aux consignes suivantes.

1. Complète la troisième ligne du tableau.

2. Représente la courbe $x = f(t^2)$.

3. Détermine la valeur de l'accélération a du solide.

4. Retrouve cette valeur par le calcul.

5 Lors d'une séance de travaux pratiques, votre professeur vous demande de déterminer graphiquement et par le calcul la valeur de l'accélération d'un solide en mouvement.

A cet effet, le solide de masse $m = 0,60 \text{ kg}$ est mis en mouvement sur une table à coussin d'air horizontale par une force constante $\vec{F}$ de direction horizontale et de valeur $F = 0,60 \text{ N}$.

Situations d'évaluation

6 Lors d'une course, un motocycliste démarre sur une route rectiligne et horizontale d'un mouvement uniformément varié et atteint, après un parcours d'une distance $d = 300 \text{ m}$, la vitesse $v = 108 \text{ km.h}^{-1}$.

Il aborde un virage circulaire de rayon $R = 200 \text{ m}$ avec cette vitesse.



Il t'est demandé(e) de déterminer l'angle θ dont doit être relevé le virage pour qu'il n'y ait aucun risque de dérapage de la moto à cette vitesse.

Donnée : Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1. Définis un mouvement uniformément varié.
2. Calcule l'accélération a du mouvement du motocycliste.
3. Détermine l'angle d'inclinaison θ de la route.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

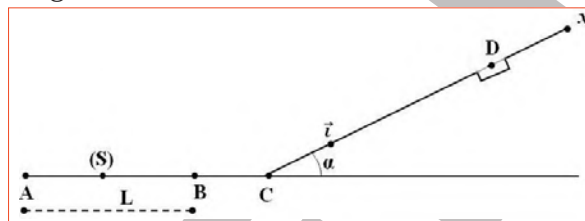
.....

7 La piste d'un jeu de kermesse est constituée d'une partie AC horizontale et d'une partie CD de longueur $\ell = 1 \text{ m}$, faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale.

Pour gagner, le joueur doit faire tomber le solide (S) de masse $m = 5 \text{ kg}$ supposé ponctuel dans le réceptacle en D en partant du point A.

Un élève de ta classe exerce une force constante et horizontale $\vec{F}$ pendant une durée $\Delta t = 3 \text{ s}$ sur le solide (S) à partir du point A sans vitesse initiale sur une distance $L = AB = 4,5 \text{ m}$ d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré

(voir figure ci-dessous).



Au point B, l'action de la force cesse, le solide poursuit son mouvement rectiligne, aborde le tronçon CD avec la vitesse $v_c = 3 \text{ m.s}^{-1}$ et s'arrête en un point I.

Tu es sollicité (e) pour justifier si ton camarade peut gagner le jeu en supposant que les frottements sont négligeables.

Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

1. Représente sur un schéma les forces extérieures appliquées au solide (S) lorsqu'il est entre :
 - 1.1 A et B ;
 - 1.2 B et C ;
 - 1.3 C et D.
2. Détermine :
 - 2.1 la valeur algébrique a de l'accélération du mouvement du solide (S) sur AB ;
 - 2.2 les valeurs des vitesses aux points B et C ;
 - 2.3 la valeur de la force $\vec{F}$;
 - 2.4 la valeur algébrique a' de l'accélération du mouvement en fonction de α et g sur le tronçon CD.
3. Dédus :
 - 3.1 la nature du mouvement sur le tronçon CD ;
 - 3.2 la longueur $\ell' = CI$.
4. Dis si ton camarade a gagné à ce jeu.

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Leçon 3

Interaction gravitationnelle

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	- la force d'interaction gravitationnelle. - le champ de gravitation.
Énoncer	la loi d'attraction universelle.
Connaître	- l'expression de la force d'interaction gravitationnelle. - l'expression du champ gravitationnel.
Déterminer	- la nature du mouvement d'un satellite. - les caractéristiques du mouvement d'un satellite.
Connaître	la troisième loi de Kepler.
Définir	un satellite géostationnaire.
Déterminer	- les caractéristiques du mouvement d'un satellite géostationnaire. - la masse d'une planète.
Connaître	- l'intérêt d'un satellite géostationnaire. - la notion d'impesanteur.

Situation d'apprentissage

Pourquoi la Lune et les satellites ne tombent-ils pas sur la Terre ? S'interroge un élève de la classe de terminale C au Lycée Moderne d'Abengourou. Son voisin, qui a quelques notions en mécanique lui répond que la force responsable de cette situation est dite force d'interaction gravitationnelle.

Afin de se donner des chances pour répondre à cette question, ils entreprennent avec leurs camarades de classe de définir la force d'interaction gravitationnelle, de déterminer la nature du mouvement d'un satellite, d'utiliser la troisième loi de Kepler et de déterminer les caractéristiques du mouvement d'un satellite géostationnaire.



Résumé du cours

1 Force d'interaction gravitationnelle

Deux corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique, de centres A et B distants de

$d = AB$ exercent l'un sur l'autre une force attractive d'expression : $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A m_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$
 $\vec{u}_{AB}$ est un vecteur unitaire, porté par la droite (AB) dirigé de A vers B.

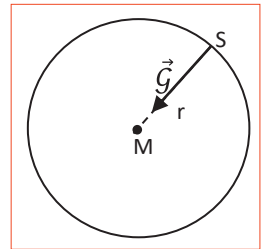
G constante de gravitation universelle ; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ S.I.

La distance d est grande par rapport à la taille des corps.

2 Champ de gravitation

En un point où un objet de masse m subit une force $\vec{F}$ gravitationnelle, il existe un champ de gravitation $\vec{g}$ tel que : $\vec{F} = m\vec{g}$, $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$.

A l'altitude z d'un astre de masse M et de rayon R, g le champ de gravitation a pour expression : $g = G \frac{M}{(R+Z)^2}$.



3 Mouvement d'un satellite

• Nature du mouvement d'un satellite

Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, le mouvement d'un satellite autour de la Terre de masse M et de rayon R_T à l'altitude z est :

- ✓ uniforme, de vitesse $v = \sqrt{\frac{GM}{R_T + z}}$;
- ✓ circulaire, de période $T = \frac{2\pi}{R_T} \sqrt{\frac{(R_T + z)^2}{g_0}}$.

• La troisième loi de Kepler

Pour toutes les planètes du Soleil, le rapport du carré de la période de révolution T au cube de la distance r au soleil est constant : $\frac{T^2}{r^3} = G \frac{M}{4\pi^2} = Cte$. Avec M masse du Soleil.

• Satellite géostationnaire

* Définition

Un satellite géostationnaire reste immobile au-dessus du même point de la Terre.

* Caractéristiques du mouvement d'un satellite géostationnaire

- Mouvement circulaire de rayon 36 000 km dans le référentiel géocentrique ;
- Mouvement dans le plan équatorial ;
- Période égale à la période de rotation de la Terre : 86 164 s.

Activités d'application

Pour toute application numérique, utilise si nécessaire, les données suivantes :

Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ S.I. ; masse de la Terre : $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg ; rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \cdot 10^6$ m ; masse de la Lune : $M_L = 7,35 \cdot 10^{22}$ kg ; rayon de la Lune : $R_L = 1,73 \cdot 10^6$ m.

1

- Définis la force gravitationnelle exercée par l'astre A_1 sur l'astre A_2 de masses respectives m_1 et m_2 et distants de r .
- Définis le champ gravitationnel.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2

- Énonce la loi de la gravitation universelle.
- Donne l'expression du champ de gravitation $\vec{g}$ créé par une masse m ponctuelle en un point P situé à la distance r de cette masse.
 - Représente ce vecteur champ de gravitation $\vec{g}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3

Tu étudies l'interaction gravitationnelle entre deux objets.

Réponds par vrai (V) ou faux (F) aux affirmations suivantes en cochant la bonne case.

V F

- L'interaction gravitationnelle est toujours attractive. ☐ ☐
- La constante de gravitation universelle G dépend des objets que l'on étudie. ☐ ☐
- L'interaction gravitationnelle s'exerce toujours à distance. ☐ ☐
- Plus les objets sont gros, plus l'interaction gravitationnelle sera forte. ☐ ☐
- Plus les objets sont éloignés, plus l'interaction gravitationnelle sera forte. ☐ ☐
- Si on étudie les deux forces de l'interaction gravitationnelle, l'objet le plus lourd va exercer une force plus importante que l'objet plus léger. ☐ ☐
- Le champ de gravitation créé par un objet est uniforme. ☐ ☐

4

- Calcule la valeur de la force d'attraction gravitationnelle qu'exerce la Terre sur la Lune.
- Représente sur un schéma la force qu'exerce la Terre sur la Lune et la force qu'exerce la Lune sur la Terre.

Données : échelles : 1 cm $\leftrightarrow$ 10^{20} N ;

1 cm $\leftrightarrow$ $0,5 \cdot 10^5$ km.

$d_{T-L} = 3,83 \cdot 10^5$ km (distance moyenne entre les centres de la Terre et de la Lune)

.....

.....

.....

Activités d'application

5 Tu as observé à la télévision des cosmonautes flottant dans leur véhicule spatial. On dit couramment qu'ils sont en état d'impesanteur.

1. Définis l'état d'impesanteur.
2. Indique les conditions pour qu'il ait «impesanteur».

6 La Terre et la Lune sont deux astres supposés à symétrie sphérique.

1. Calcule la valeur du champ gravitationnel à la surface :
 - 1.1 de la Terre ;
 - 1.2 de la Lune.
2. Compare les valeurs des forces d'attraction gravitationnelle exercées par ces deux astres sur deux objets de même masse situés à leur surface.

7 Triton est un satellite de la planète Neptune. Le rayon de son orbite autour de Neptune est de $3,5 \cdot 10^9$ m.

Données : - masse de Triton $m_T = 1,30 \cdot 10^{22}$ kg ;
- masse de Neptune $m_N = 1,2 \cdot 10^{26}$ kg ;
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI.



1. Détermine la valeur $F_{N/T}$ de la force d'attraction gravitationnelle de Neptune sur Triton.
2. Donne les caractéristiques de cette force.
3. Représente qualitativement la force $\vec{F}_{N/T}$ sur le schéma ci-dessus.

8 Parmi les satellites, il existe les satellites dits géostationnaires.

1. Le plan de leur orbite est :
 - a) confondu avec le plan équatorial de la Terre ;
 - b) confondu avec le plan orbital incliné sur le plan équatorial ;
 - c) confondu avec le plan du méridien de Greenwich.
2. La période T de révolution de ces satellites est :
 - a) $T = 20$ h 56 min 4 s ;
 - b) $T = 23$ h 56 min 4 s ;
 - c) $T = 24$ h 56 min 4 s.

Entoure dans chaque cas la lettre correspondant à la bonne réponse.

9 Recopie le texte ci-dessous en le complétant avec les mots et groupes de mots suivants :
centripète ; période ; immobile ; la base de Frenet ; constante ; la Terre ; le plan équatorial

Le mouvement des satellites dans le référentiel

Activités d'application

géocentrique est circulaire uniforme. Le vecteur accélération est La vitesse est et son expression établi dans est $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R}}$; la du mouvement est $T = \frac{2\pi r}{v}$. Un satellite géostationnaire est par rapport à la terre. Sa période est égale à celle de ; sa trajectoire est situé dans

10 Relie chaque expression à la formule correspondante :

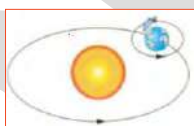
3 ^e loi de Kepler	•
Valeur des forces d'interaction gravitationnelle	•
Période d'un satellite	•
Champ de pesanteur au sol	•

•	$T = \frac{2\pi r}{v}$
•	$g_0 = \frac{G.M_T}{R_T^2}$
•	$g = g_0 \frac{R_T^2}{(R+z)^2}$
•	$F_{1/2} = F_{2/1} = \frac{G.m_1.m_2}{r^2}$
•	$\frac{T^2}{(R+z)^3} = \frac{4\pi^2}{Gm_T}$

11 Voici trois situations d'orbites du soleil, de la Terre et d'un satellite géostationnaire. Indique en le justifiant la bonne situation.



Situation 1



Situation 2



Situation 3

12 Pour chacune des propositions suivantes :

	V	F
1. Le Soleil attire la Terre.		
2. Quand un objet A attire un objet B par une force gravitationnelle les deux objets se rapprochent l'un de l'autre.		
3. Plus la distance qui sépare deux objets est grande plus la force gravitationnelle est intense.		
4. Les satellites géostationnaires tournent dans le sens contraire de la Terre.		
5. Un satellite géostationnaire reste sur une verticale par rapport à un point de la Terre.		
6. Les satellites géostationnaires se situent à la même altitude.		

Coche la case V si la proposition est vraie ou la case F si elle est fausse.

13 Ordonne les groupes de mots ci-dessous de sorte à constituer des phrases ayant un sens.

- de valeurs proportionnelles aux masses /situés à une distance r l'un de l'autre, /de masses m_1 et m_2 , /Deux solides ponctuels/ au carré de leur distance. / s'attirent respectivement avec des forces gravitationnelles/ et inversement proportionnelles
- angulaire que la terre au tour de l'axe des pôles. / il est immobile par rapport à la terre /Un satellite géostationnaire/ et tourne dans le même sens et à la même vitesse/ reste à la verticale d'un point de la surface de la terre ;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

14 Un satellite de masse m est situé à une distance r d'un centre attracteur de masse M . Sa période révolution est T .

1. La troisième loi de Kepler a pour expression : (K est une constante)

a) $\frac{T^2}{r^3} = K$

b) $\frac{T^3}{r^2} = K$

c) $T^3 = Kr^3$

b) $T^2 = Kr^2$

2. La vitesse v de ce satellite sur son orbite a pour expression :

a) $v = \sqrt{GM/r}$

b) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

c) $v = G\sqrt{\frac{mM}{r}}$

d) $v = \sqrt{\frac{GM}{r^2}}$

Entoure dans chaque cas la lettre correspondant à la bonne réponse.

15 Une planète de masse m est en mouvement circulaire uniforme autour du Soleil de masse M . Le rayon de la trajectoire est r et sa période de révolution est T .

1. Donne l'expression de la troisième loi de Kepler.
2. Montre en utilisant cette loi, que le mouvement de la planète autour du Soleil implique que cette planète est soumise à une force proportionnelle à $\frac{1}{r^2}$.

16 La planète Mars est assimilée à une sphère homogène de rayon R et à répartition sphérique de masse.

La force d'attraction gravitationnelle exercée par Mars sur une sonde spatiale de masse m a été mesurée à deux altitudes différentes :

- pour $h_1 = 4,82 \cdot 10^4$ km : $F_1 = 40,2$ N ;

- pour $h_2 = 7,76 \cdot 10^4$ km : $F_2 = 16,3$ N.
- Détermine le rayon de la planète Mars.

17 Entre la Terre et la Lune, à une certaine distance x de la Terre, les forces gravitationnelles dues à la Terre et à la Lune s'exerçant sur une fusée s'annulent.

Détermine la distance x .

Donnée : $d_{TL} = 3,83 \cdot 10^5$ km

18 Un satellite de masse $m = 48$ kg tourne autour de la Terre avec une orbite circulaire à l'altitude $z = 800$ km.

Détermine :

1. sa vitesse ;
2. sa période.

Situations d'évaluation

1 Dimitri découvre dans une revue scientifique que la planète Saturne est entourée de nombreux anneaux et satellites. Il obtient de cette revue quelques données relatives à cette planète et à ses satellites :

Satellites	Période de révolution	Rayon de l'orbite (milliers de km)
Janus	16 h 40 min	151,5
Mimas	22 h 37 min	185,8
Encelade	1 jour 8 h 53 min	238,3
Téthys	1 jour 21 h 18 min	294,9
Dioné	2 jours 17 h 41 min	377,9

Les anneaux sont formés de divers éléments (cailloux, poussières et blocs de glace) non regroupés entre eux et tournant autour de Saturne. Les astres sont considérés comme ponctuels, leurs trajectoires sont circulaires et leur mouvement est uniforme. L'étude du mouvement des satellites de Saturne, se fait en se plaçant dans un référentiel particulier que l'on peut appeler « saturnocentrique » par analogie à « géocentrique ».

(On néglige l'action des autres astres)

Dimitri souhaite, à partir de ces données, déterminer la masse de Saturne. Éprouvant des difficultés, il te sollicite afin de l'aider.

1. Définis le référentiel « saturnocentrique » par analogie au référentiel géocentrique.
2. Énonce la troisième loi de Kepler.
3. Établis la relation entre la vitesse v du satellite, le rayon r de son orbite, la masse M_s de Saturne et la constante G de gravitation universelle.
4. Détermine à partir de la troisième loi de Kepler la masse de Saturne en utilisant les données relatives à l'un de ses satellites.

2 Lors d'une conférence sur les planètes du système solaire, un géophysicien donne les informations suivantes :

Les sondes Voyager, en s'approchant de Jupiter ont mesuré, à une altitude $z_1 = 2,78 \cdot 10^5$ km, un champ de gravitation $g_1 = 1,040 \text{ N.kg}^{-1}$ et, à une altitude $z_2 = 6,50 \cdot 10^5$ km, un champ de gravitation $g_2 = 0,243 \text{ N.kg}^{-1}$.

À partir de ces informations, le professeur vous demande de déterminer la masse de Jupiter.

1. Définis le champ de gravitation.
2. Établis l'expression du champ de gravitation g en un point d'altitude z au-dessus de la planète Jupiter.
3. Détermine la valeur du rayon de Jupiter.
4. Dédus de ce qui précède :
 - 4.1 la valeur du champ de pesanteur au "sol" de Jupiter ;
 - 4.2 la masse de cette planète.

Situations d'évaluation

3 Le professeur demande à ton groupe de travail de déterminer la masse de Jupiter en étudiant le mouvement de ses principaux satellites : Io, Europe, Ganymède et Callisto.

L'étude du mouvement de ces satellites s'effectue dans un repère considéré comme galiléen, ayant son origine au centre de la planète et ses axes dirigés vers des étoiles lointaines, considérées comme fixes. Jupiter et ses satellites sont supposés à répartition de masse à symétrie sphérique. Un satellite de Jupiter, de masse m , se déplace sur une trajectoire circulaire, à la distance R de son centre.

Les périodes de révolutions et les rayons des orbites des quatre principaux satellites de Jupiter sont indiqués dans le tableau suivant :

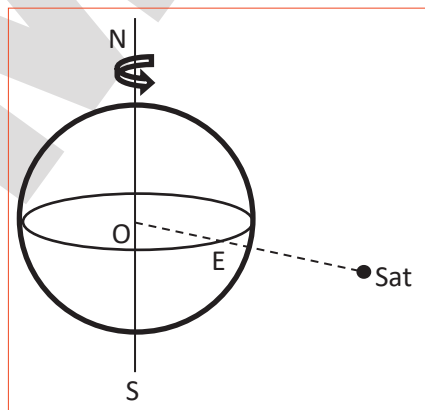
	Io	Europe	Ganymède	Callisto
T (en heures)	42,5	85,2	171,7	400,5
R (en km)	422×10^3	671×10^3	1070×10^3	1883×10^3

Données : Échelles : abscisses : 1 cm représente 10^{11} s^2 ;
ordonnées : 1 cm représente $4 \times 10^{26} \text{ m}^3$.

1. Représente sur un schéma la force d'interaction gravitationnelle exercée par Jupiter sur son satellite.
2. Montre que :
 - 2.1 le mouvement du satellite est circulaire et uniforme ;
 - 2.3 le rapport $\frac{T^2}{R^3}$ est constant.
3. Représente sur papier millimétré, le graphe donnant les variations de T^2 en fonction de R^3 .
4. Détermine la masse M de Jupiter.

4 Au cours d'une séance de révision, tu es désigné(e) pour étudier les satellites géostationnaires (S) afin de déterminer leur vitesse. A cet effet, tu es informé(e) que :

- les satellites Météosat et Astra H₁ utilisés respectivement en météorologie et en télécommunications sont des satellites géostationnaires ;
- ces satellites tournent autour de la Terre dans le plan de l'équateur à une altitude h de $3,60 \cdot 10^4 \text{ km}$;
- à cette altitude, leur vitesse leur permet de rester à la verticale d'un même point E de l'équateur.



Donnée : Rayon de la Terre : $R_T = 6,4 \cdot 10^3 \text{ km}$

1. Donne l'intérêt d'un satellite géostationnaire.
2. Indique :
 - 2.1 le mouvement des satellites S dans le référentiel terrestre ;
 - 2.2 le mouvement des satellites S dans le référentiel géocentrique ;
 - 2.3 la nature de la trajectoire qu'ils décrivent.
3. Trace la trajectoire qu'ils décrivent sur la figure ci-dessus en précisant le sens du mouvement.
4. Compare :
 - 4.1 leur période de révolution à la période de rotation de la Terre dans le référentiel géocentrique ;
 - 4.2 la valeur de leur vitesse à celle du point E à la surface de la Terre dans le référentiel géocentrique.

- 3.1 la valeur F de la force gravitationnelle ;
- 3.2 la vitesse linéaire V du satellite ;
- 3.3 la période T du mouvement du satellite.
4. Dédus que le satellite est géostationnaire.

5 Ton voisin de classe a suivi un documentaire scientifique à la télévision nationale. Il a appris au cours du documentaire, qu'un satellite nommé Meteosat est en orbite autour de la Terre à l'altitude $z = 35,8 \cdot 10^3$ km pour donner les informations météorologiques.

Le lendemain, il te demande de l'aider à montrer que ce satellite est géostationnaire.

Données : Rayon de la terre $R_T = 6370$ km ;
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI.

La Terre possède une répartition de masse à symétrie sphérique

1. Donne les caractéristiques (direction, sens, et point d'application) de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Terre sur ce satellite.
2. Représente cette force sur un schéma sans tenir compte de l'échelle.
3. Détermine :

6 Au cours d'une séance de travaux dirigés, le professeur vous demande de déterminer la masse de la Terre. Il vous donne les informations suivantes :

- la Lune est un satellite de la Terre ;
- la Lune tourne autour de la Terre sur une orbite circulaire de rayon $R = 384\,400$ km avec une période de révolution dite période synodique ou lunaison T de 29,5 jours.

Donnée : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI.

Situations d'évaluation

1. Précise le référentiel d'étude.
2. Montre que dans ce référentiel le mouvement de la Lune est uniforme.
3. Exprime en fonction de G , M_T et le rayon r de l'orbite de la lune ($r = R_T + z$) :
 - 3.1 la vitesse linéaire v de la Lune sur son orbite ;
 - 3.2 la vitesse angulaire ω de la Lune sur son orbite ;
 - 3.2 la période T de révolution de la Lune.
4. Détermine la masse M_T de la terre en utilisant la 3^e loi de Kepler.

Tu es le rapporteur de ton groupe.

Donnée : $z = 10^3$ km.

1. Définis un satellite géostationnaire
2. Montre qu'à l'altitude z le champ de gravitation g est donné par la relation :
$$g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + z)^2},$$
avec g_0 : champ de gravitation au sol.
3. Détermine à l'altitude z :
 - 3.1 la vitesse v du satellite ;
 - 3.2 la période T de révolution du satellite.
4. Montre que son orbite est nécessairement contenue dans le plan de l'équateur.

7 Au cours d'une séance de travaux dirigés votre professeur vous demande d'étudier le mouvement d'un satellite géostationnaire. Ce satellite assimilable à un point matériel, est mis en orbite à l'aide d'une fusée.

On suppose que la Terre possède une répartition sphérique de masse.

Plusieurs groupes sont constitués pour mener cette étude.

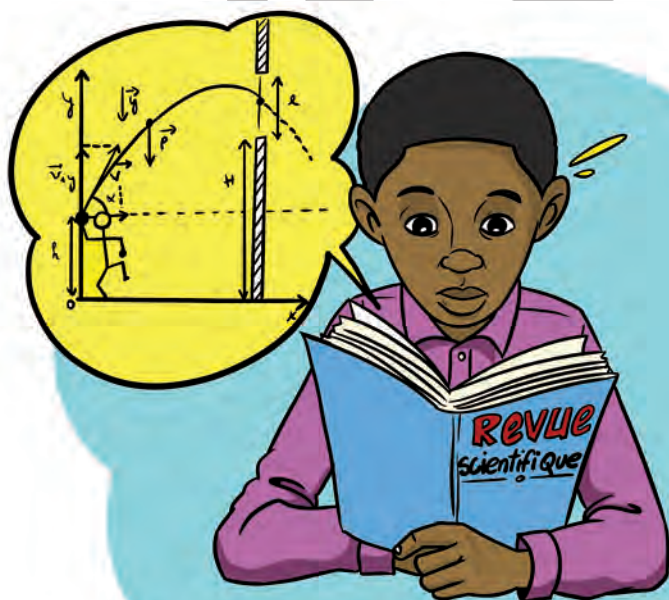
Leçon 4

Mouvements dans les champs $\vec{g}$ et $\vec{E}$ uniformes

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un champ uniforme.
Représenter	- le vecteur champ électrostatique uniforme. - le vecteur champ de pesanteur.
Déterminer	le vecteur-accélération dans : - le champ de pesanteur uniforme ; - un champ électrostatique uniforme.
Déterminer	- les équations horaires du mouvement. - l'équation cartésienne de la trajectoire. - les expressions de la : - flèche ; - portée ; - déviations angulaire ; - déflexion électrostatique.
Utiliser	- les équations horaires des mouvements. - l'équation cartésienne de la trajectoire.
Connaître	l'intérêt du champ électrostatique.

Situation d'apprentissage



Thibaut, élève en Terminale D, découvre dans une revue scientifique, que le mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur uniforme est indépendant de sa masse. Ce qui n'est pas le cas d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme. Soucieux d'en savoir davantage, il partage cette information avec ses camarades de classes. Ensemble, ils entreprennent de définir un champ uniforme, d'établir les équations horaires du mouvement du solide et de la particule et de déterminer l'équation cartésienne de leur trajectoire.

1 Mouvement du centre d'inertie G d'un solide dans le champ de pesanteur.

Référentiel d'étude : le référentiel terrestre supposé galiléen.

Soit le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ lié à ce référentiel.

Le solide est soumis à son poids $\vec{P} = m\vec{g}$. On néglige les forces de frottements dues à l'air.

Les équations horaires vectorielles du mouvement, compte tenu des conditions initiales, sont :

- vecteur-accélération, $\vec{a} = \vec{g}$;
- vecteur-vitesse, $\vec{v} = \vec{g}t + \vec{v}_0$;
- vecteur-position, $\overrightarrow{OG} = \vec{g} \frac{t^2}{2} + \vec{v}_0 t + \overrightarrow{OG}_0$.

La trajectoire est plane, située dans le plan vertical passant par G_0 et contenant le vecteur-vitesse $\vec{v}_0$.

La trajectoire est une droite si $\vec{v}_0$ est parallèle à $\vec{g}$.

La trajectoire est une parabole si $\vec{v}_0$ n'est pas parallèle à $\vec{g}$.

Dans le repère de projection $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ on a :

à l'instant $t = 0$ s, $\vec{v}_0 = (v_0 \cos \alpha) \vec{i} + (v_0 \sin \alpha) \vec{j}$ avec $\alpha = (\vec{i}, \vec{v}_0)$;

G est en O à l'instant $t = 0$ s.

à l'instant $t \neq 0$ s, les équations horaires s'écrivent :

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

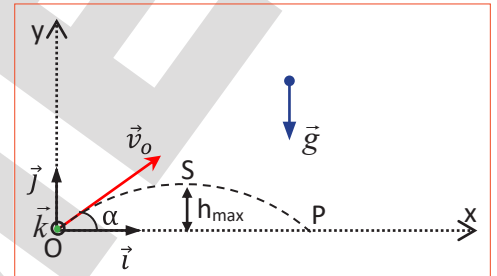
$$y = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha) t .$$

L'équation de la trajectoire est : $y = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha$.

La portée horizontale est l'abscisse du point de la trajectoire ayant pour ordonnée $y = 0$.

$$d = x_p = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} .$$

La flèche y_s est l'altitude maximale atteinte par le projectile. $y_s = h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$.



2 Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$.

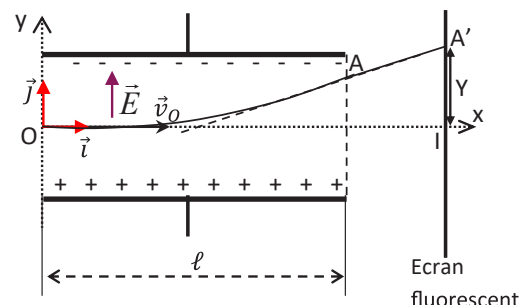
L'étude du mouvement de la particule chargée se réalise dans le référentiel du laboratoire que l'on admettra comme galiléen.

La particule de masse m , de charge électrique q , placée dans le champ $\vec{E}$ est soumise à la force électrique : $\vec{F} = q\vec{E}$.

Le poids de la particule est négligeable devant la force électrique $\vec{F}$.

Les équations horaires vectorielles du mouvement, compte tenu des conditions initiales, sont :

- vecteur-accélération, $\vec{a} = q \frac{\vec{E}}{m}$;



- vecteur-vitesse, $\vec{v} = q \frac{\vec{E}}{m} t + \vec{v}_0$;
- vecteur-position, $\overrightarrow{OM} = q \frac{\vec{E}}{2m} t^2 + \vec{v}_0 t + \overrightarrow{OM}_0$.

- Si $\vec{v}_0$ parallèle à $\vec{E}$, la trajectoire est une droite.
- Si $\vec{v}_0$ et $\vec{E}$ sont perpendiculaires la trajectoire est une parabole.

Dans le repère de projection $(O, \vec{i}, \vec{j})$ on a :

- à l'instant $t = 0$ s, $\vec{v}_0 = v_0 \cdot \vec{i}$ et G est en O.
- à l'instant $t \neq 0$ s, les équations horaires s'écrivent :

$$x = v_0 \cdot t ;$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2.$$

L'équation de la trajectoire est : $y = \frac{qE}{2mv_0^2} x^2$.

La déviation électrostatique est : $Y = \frac{qE}{2mv_0^2} l^2$.

Activités d'application

Dans toute activité d'application, tu prendras si cela est nécessaire la valeur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ pour le champ de pesanteur.

1 Précise les caractéristiques :

1. d'une force constante ;
2. d'un champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$.

2 Voici des affirmations sur le mouvement d'une particule dans un champ de pesanteur uniforme. Coche la case V si l'affirmation est vraie ou la case F si elle est fausse.

1. Le mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur uniforme est indépendant de sa masse. ☒ V ☐ F
2. La portée est maximale lorsque l'angle de tir est de 35° . ☐ ☐
3. Le mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur uniforme s'effectue dans le plan vertical contenant le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$. ☐ ☐
4. La direction du vecteur champ $\vec{g}$ est la verticale du lieu. ☐ ☐
5. La direction du vecteur champ $\vec{g}$ est l'horizontale. ☐ ☐
6. Dans le champ $\vec{g}$, en absence de frottements de l'air, le projectile est soumis à une seule force : son poids $\vec{P}$. ☐ ☐

3 Complète le texte ci-dessous par les mots suivants : **parabolique ; indépendant ; rectiligne ; égal ; plan ; uniforme.**

Une particule soumise à une force constante $\vec{F}$ a un mouvement de vecteur accélération constant $\vec{a}$.

Le mouvement de cette particule soumise à la force $\vec{F}$, s'effectue dans le formé par $\vec{F}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$.

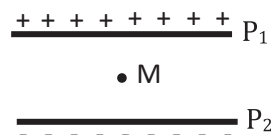
Le mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur uniforme est de la masse. Son vecteur accélération $\vec{a}$ est constante et est au vecteur champ de pesanteur $\vec{g}$.

Un champ électrostatique $\vec{E}$ existe entre deux plaques métalliques parallèles. Ce champ $\vec{E}$ provoque la déviation d'une particule chargée. Si la vitesse initiale $\vec{v}_0$ de la particule est perpendiculaire à $\vec{E}$, la déviation s'effectue suivant une trajectoire Si $\vec{E}$ et $\vec{v}_0$ sont colinéaires et de même sens la trajectoire est

4 Une particule de charge $q < 0$ est en mouvement entre deux plaques P_1 et P_2 .

Représente qualitativement au point M entre les plaques :

1. le champ électrique uniforme $\vec{E}$;
2. la force électrostatique $\vec{F}$ qu'elle subit.



5 Voici des affirmations sur le mouvement d'une particule dans un champ électrostatique uniforme.

Coche la case V si l'affirmation est vraie ou la case F si elle est fausse.

1. La direction du vecteur-champ $\vec{E}$ est perpendiculaire aux deux plaques parallèles chargées. ☒ V ☐ F
2. Le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ est dirigé de la plaque de plus bas potentiel vers la plaque de plus haut potentiel. ☐ ☐

Activités d'application

3. L'intensité du vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ est proportionnelle à la distance d qui sépare les deux plaques. ☐ ☐
4. L'intensité du poids d'un électron en mouvement entre deux plaques parallèles chargées est négligeable devant celle de la force électrique qu'il subit. ☐ ☐
5. Dans un champ électrostatique uniforme, le vecteur accélération d'une particule chargée est constant. ☐ ☐
6. La déflexion électrostatique Y est proportionnelle à la tension entre les plaques de déviation. ☐ ☐

6 Dans le champ de pesanteur $\vec{g}$, un projectile de masse m est lancé d'un point O' situé à une altitude h du sol avec un vecteur-vitesse initial $\vec{v}_0$ faisant un angle θ avec l'horizontale.

1. L'équation de la trajectoire du projectile est :

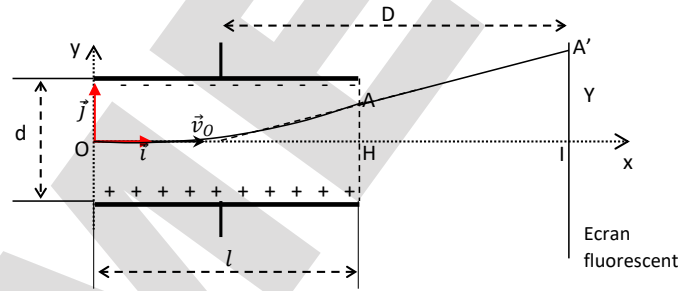
- $y = +\frac{1}{2}g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \theta} + x \tan \theta + h$
- $y = -\frac{1}{2}g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \theta} + x \tan \theta$
- $y = -\frac{1}{2}g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \theta} + x \tan \theta - h$
- $y = -\frac{1}{2}g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \theta} + x \tan \theta + h$

2. L'expression littérale de la flèche (hauteur maximale atteinte) à partir du point O' est :

- $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} - h$
- $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} + h$
- $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$
- $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{g} + h$

Entoure dans chaque cas la lettre correspondant à la bonne réponse.

7 Une particule chargée (q) pénètre à l'instant $t = 0$ s et avec un vecteur vitesse $\vec{v}_0$ à l'intérieur d'un condensateur. (Voir figure ci-après). Le mouvement est étudié dans le repère terrestre $(O, \vec{i}, \vec{j})$ considéré comme galiléen. A la sortie du condensateur la particule vient frapper un écran fluorescent au point A' .



1. Les équations horaires du mouvement de la particule sont :

- $\begin{cases} x = -v_0 t \\ y = -\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2 \end{cases}$
- $\begin{cases} x = +v_0 t \\ y = -\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2 \end{cases}$
- $\begin{cases} x = -v_0 t \\ y = +\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2 \end{cases}$
- $\begin{cases} x = +v_0 t \\ y = +\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2 \end{cases}$

2. L'équation de la trajectoire de la particule dans le condensateur est :

- $y = -\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{mv_0^2} x^2$
- $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} x^2$
- $y = +\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{mv_0^2} x^2$
- $y = \frac{2qE}{mv_0^2} x^2$

Entoure dans chaque cas la lettre qui correspond à la bonne réponse.

8 Un projectile est lancé dans le champ de pesanteur avec un vecteur vitesse $\vec{v}_0$, de direction inclinée d'un angle α avec l'horizontale.

L'étude du projectile s'effectue dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$ représenté ci-après dans trois situations A, B et C.

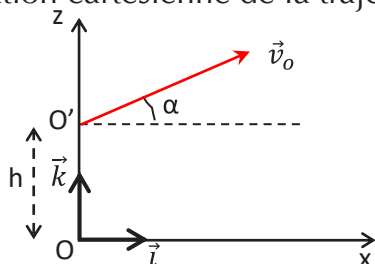
Établis pour chaque situation :

1. les équations horaires du mouvement du projectile.

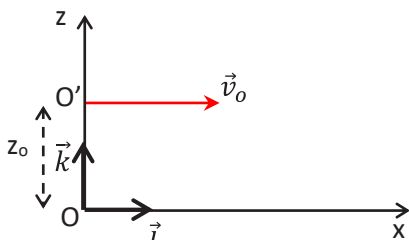
Activités d'application

2. l'équation cartésienne de la trajectoire.

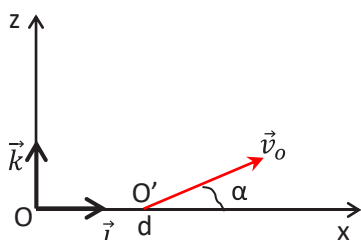
Situation A



Situation B



Situation C



2. écris les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de la bille.

3. établis l'équation cartésienne de la trajectoire de la bille.

Figure A

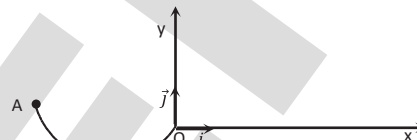


Figure B

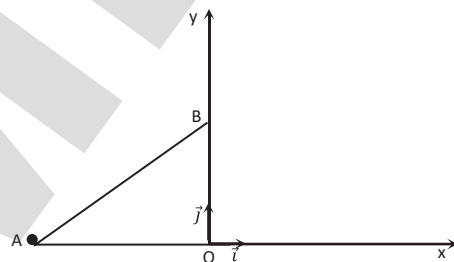
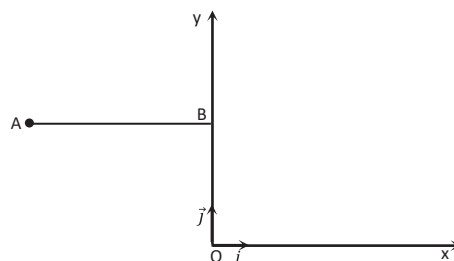


Figure C



9 Une bille lancée du point A pénètre dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ en un point avec un vecteur vitesse $\vec{V}_0$.

Soit α l'angle que fait le vecteur vitesse $\vec{V}_0$ avec l'horizontale.

Pour chacune des figures ci-dessous :

1. représente le champ uniforme $\vec{g}$ et le vecteur vitesse $\vec{V}_0$.

Activités d'application

10 Une bille est lâchée du deuxième étage d'un immeuble, à 9 mètres du sol, sans vitesse initiale. Le sol est pris comme origine des espaces, l'axe Oz étant orienté vers le bas.

1. Établis l'équation horaire du mouvement de la bille dans ce repère.
2. Détermine le temps que mettra la bille pour arriver au sol.

11 Un corps en chute libre suivant un axe vertical $\overrightarrow{Oz}$ (orienté vers le bas) atteint une vitesse $v = 25 \text{ m.s}^{-1}$ à l'altitude $z = 100 \text{ m}$. Le point O est la position du mobile à l'instant initial $t = 0 \text{ s}$. La vitesse initiale est dirigée vers le bas.

Détermine :

1. la vitesse initiale.
2. la date de passage à l'altitude $z = 100$ m.

12 Dans un repère $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, les équations horaires d'une balle de golf lancée à la date $t = 0$ s d'un point O , avec la vitesse $\vec{v}_0$ sont :

$$\begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha)t \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \alpha)t \end{cases}$$

Établis :

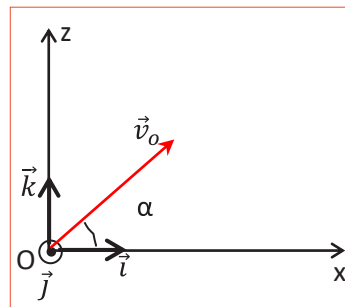
1. l'équation cartésienne de la trajectoire ;
2. l'expression de l'altitude maximale h_{max} atteinte par la balle, appelée flèche ;
3. l'expression de la portée horizontale d du tir.

13 Dans un repère $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, la portée horizontale d du tir d'une balle de golf lancée à la date $t = 0$ s avec un vecteur-vitesse $\vec{v}_0$ incliné d'un angle α par rapport

à l'horizontal est donnée par la relation :

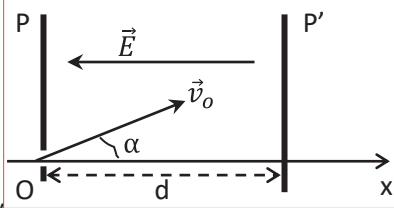
$$x_p = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

Détermine la valeur de α pour laquelle la portée est maximale.



Activités d'application

14 Deux plaques parallèles P et P' verticales, constituées de fin grillages métalliques,

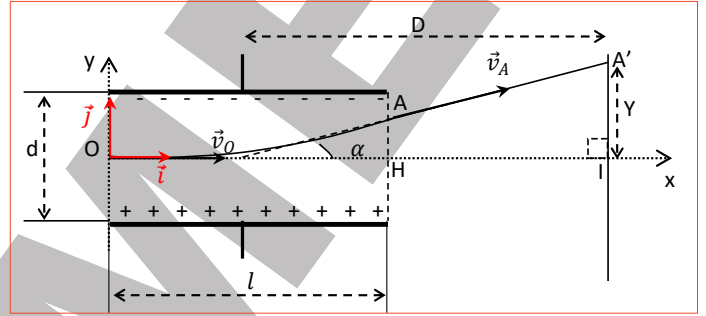


distantes de $d = 4 \text{ cm}$, délimitent une région où il existe un champ électrique uniforme $\vec{E}$.

Une particule de charge $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et de masse $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, arrive en O à l'instant $t = 0 \text{ s}$ avec le vecteur-vitesse $\vec{v}_0$, telle que $(\widehat{Ox, \vec{v}_0}) = \alpha$ dans le plan de la figure.

- Détermine la condition sur la valeur de E pour pouvoir négliger le poids $\vec{P}$. (On admettra que le poids $\vec{P}$ de la particule est négligeable devant la force électrique $\vec{F}$ si $P \leq \frac{F}{100}$)
- Établis l'équation cartésienne de la trajectoire de la particule entre les plaques.

15 Une particule chargée (q) pénètre à l'instant $t = 0 \text{ s}$ et avec un vecteur vitesse $\vec{v}_0$ à l'intérieur d'un condensateur. (Voir figure ci-dessous). Le mouvement est étudié dans le repère terrestre $(O, \vec{i}, \vec{j})$ considéré comme galiléen. A la sortie du condensateur la particule vient frapper un écran fluorescent au point A'.



Les équations horaires du mouvement de la particule sont :

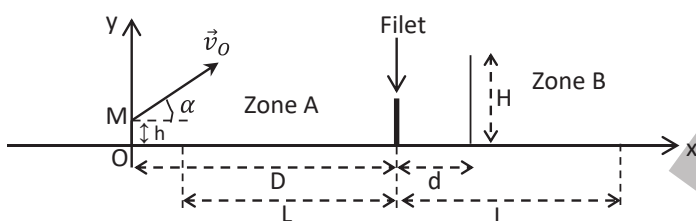
$$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = \frac{qE}{m} t \end{cases} ; \quad \overline{OM} \begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 \end{cases}$$

Détermine :

- la vitesse de la particule au point A.
- la déviation électrostatique α .
- la déflexion électrostatique Y .

Situations d'évaluation

1 Tu assistes à une compétition au cours de laquelle un joueur de tennis situé dans la zone A, tente de faire passer la balle au-dessus de son adversaire. Ce dernier est situé dans la zone B à une distance $d = 2 \text{ m}$ derrière le filet. Le joueur de la zone A frappe la balle alors que celle-ci est en M, à la distance $D = 13 \text{ m}$ du filet et à la hauteur $h = 0,5 \text{ m}$ au-dessus du sol. La balle part avec un vecteur-vitesse $\vec{v}_0$ de valeur $v_0 = 14 \text{ m.s}^{-1}$ inclinée d'un angle $\alpha = 60^\circ$ par rapport au sol.



L est la distance de la ligne de fond à la base du filet : $L = 12 \text{ m}$.

Le joueur de la zone B, tenant sa raquette bras levé, atteint la hauteur $H = 3 \text{ m}$.

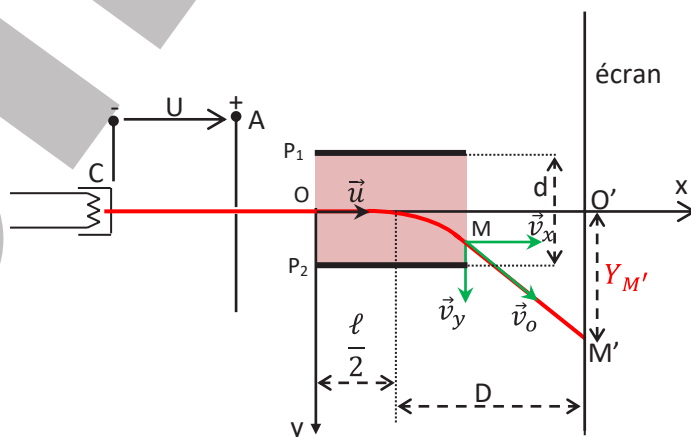
La balle est assimilée à un point matériel et l'action de l'air est négligée. L'aire de jeu est supposée parfaitement horizontale.

Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Il t'est demandé de vérifier si la balle retombe ou non dans l'aire de jeu.

1. Définis un champ uniforme.
2. Établis :
 - 2.1 les équations horaires du mouvement de la balle dans le repère (Ox, Oy) ;
 - 2.2 l'équation de la trajectoire de la balle après le choc avec la raquette.
3. Dis en justifiant ta réponse, si le joueur de la zone B, tenant sa raquette peut intercepter la balle.
4. Détermine si la balle peut retomber dans l'aire de jeu.

2 Lors d'une séance de Travaux Pratiques, votre professeur réalise l'expérience schématisée ci-dessous afin que vous déterminiez les ordonnées y_M d'une particule à la sortie du champ et $Y_{M'}$ de son point d'impact sur l'écran. Pour ce faire, il applique une tension U continue réglable entre la cathode C et l'anode A d'un tube thermo électronique à vide (la figure constitue une représentation très schématisée du dispositif expérimental ; l'anode A est trouée en son milieu.)



Le professeur règle la tension U de façon que la vitesse des électrons au niveau de la plaque A soit $v = 6.10^6 \text{ m.s}^{-1}$.

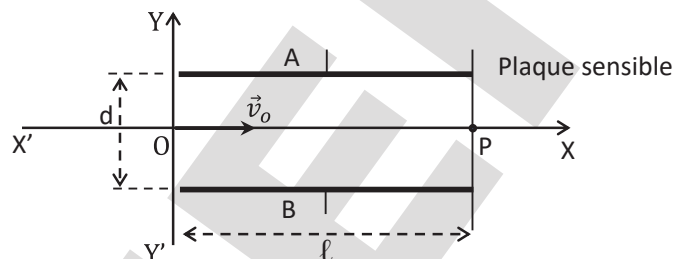
Les électrons arrivent au point O avec la vitesse colinéaire à Ox . Ils sont alors soumis sur une distance $\ell = 0,1 \text{ m}$ à l'action d'un champ électrique $\vec{E}$ uniforme créé par un condensateur plan dont les armatures P_1 et P_2 sont parallèles et distantes de $d = 0,05 \text{ m}$.

Données : Masse d'un électron : $0,9.10^{-30} \text{ kg}$;
 $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$. Le poids de l'électron est négligeable devant la force électrique. La distance D du milieu des plaques P_1 et P_2 à l'écran vaut $D = 0,3 \text{ m}$.

Situations d'évaluation

1. Donne les caractéristiques du champ électrostatique $\vec{E}$ uniforme.
2. Détermine :
 - 2.1 le sens de $\vec{E}$ pour obtenir un point d'impact M' des électrons sur l'écran ;
 - 2.2 la plaque au potentiel le plus élevé.
3. Établis :
 - 3.1 les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de l'électron ;
 - 3.2 l'équation cartésienne de sa trajectoire $y = f(x)$.
4. Détermine :
 - 4.1 la tension U' que le professeur doit appliquer entre les plaques P_1 et P_2 pour obtenir une déviation $\alpha = 20^\circ$ en M ;
 - 4.2 les caractéristiques du vecteur vitesse au point M ;
 - 4.3 l'ordonnée y_M de M et celle $Y_{M'}$ de M' .

Un faisceau homocinétique d'électrons de masse m , de charge $q = -e$ pénètre en O entre les armatures avec un vecteur vitesse $\vec{v}_0$ parallèle à l'axe $X'OX$.



Une plaque sensible est placée à la sortie des armatures pour recueillir l'impact des électrons. L'impact est au point P lorsque la différence de potentiel est $V_A - V_B = 0$ et au point C lorsqu'elle est $V_A - V_B = +400V$; P et C sont distants de $PC = 14 \text{ mm}$.

Il te demande de l'aide afin de déterminer la masse de l'électron.

Données : $v_0 = 25000 \text{ km.s}^{-1}$; $d = 4 \text{ cm}$; $l = 10 \text{ cm}$; charge élémentaire $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$.

Le poids de l'électron est négligeable devant la force électrique.

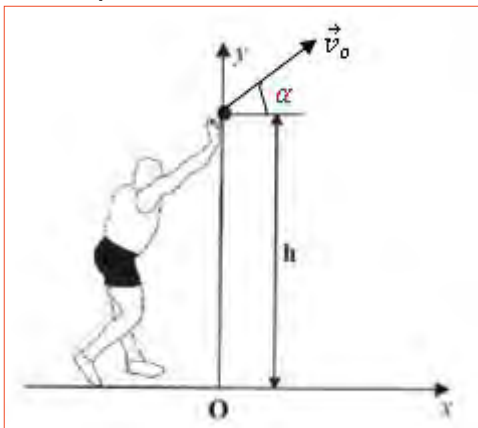
1. Précise le sens du champ électrostatique entre les armatures A et B pour que l'impact soit en C .
2. Positionne le point C sur le schéma.
3. Établis l'équation cartésienne de la trajectoire d'un électron entre O et C .
4. Détermine la masse m de l'électron.

3 Ton ami découvre dans ses recherches que la masse m de l'électron peut être déterminée expérimentalement par le dispositif schématisé ci-dessous.

Ce dispositif est constitué de deux armatures métalliques A et B , planes, parallèles à un axe horizontal $X'OX$, distante de d , de longueur l et placées dans le vide.

Situations d'évaluation

4 Tu as été désigné(e) par le professeur d'EPS pour montrer l'influence de l'angle α sur la portée à partir de l'étude du mouvement du « Poids » lancé par un athlète.



L'athlète a lancé le « Poids » à une distance $d = 21,09$ m. A l'instant $t = 0$ s du lancer, le poids se trouve à une hauteur $h = 2$ m au-dessus du sol et part avec un vecteur-vitesse initiale $\vec{v}_0$ faisant un angle $\alpha = 45^\circ$ avec l'axe horizontal. Le « Poids » est assimilé à un objet ponctuel.

1. Établis :

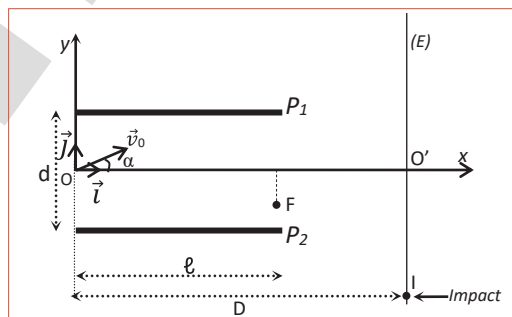
- 1.1 les équations horaires du mouvement du « Poids »;
- 1.2 l'équation cartésienne de la trajectoire en fonction de h , α , g et v_0 .

2. Détermine :

- 2.1 la valeur de la vitesse initiale en fonction de h , α , g et d ;
- 2.2 le temps que met le « Poids » pour rester en l'air ;
- 2.3 la hauteur maximale atteinte par le poids au cours de la trajectoire.

3. Montre que la portée est maximale compte tenu de la valeur de l'angle α d'inclinaison de $\vec{v}_0$.

5 Au cours d'une séance de travaux dirigés, votre professeur vous demande d'étudier le mouvement d'une particule chargée, l'hélium (${}^4_2\text{He}^{2+}$). Cette particule, animée d'un vecteur vitesse $\vec{v}_0$ faisant un angle α avec l'axe (Ox), pénètre au point O entre deux plaques métalliques chargées et en sort au point F.



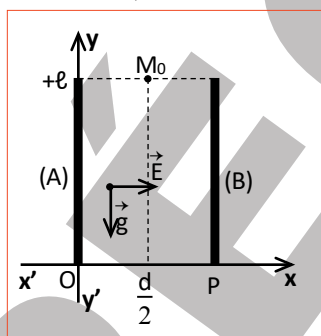
1. Indique les signes des charges des plaques (P_1) et (P_2).
2. Représente sur la figure le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$.
3. Détermine entre les plaques:
 - 3.1 les expressions des équations horaires du mouvement de la particule ;
 - 3.2 l'équation cartésienne de sa trajectoire ;
 - 3.3 l'expression de la distance minimale d entre le sommet S et la plaque pour que la particule ne heurte pas (P_1).

la valeur de la tension U_{AB} pour laquelle la goutte d'huile passe par le point P.

Tu es candidat.

1. Cite les forces qui agissent sur la goutte d'huile.
2. Détermine les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ de la goutte d'huile.
3. Établis :
 - 3.1 les équations horaires du mouvement de la goutte d'huile ;
 - 3.2 l'équation cartésienne de la trajectoire et donne sa nature.
4. Détermine la valeur de la tension U_{AB} .

6 Au concours dénommé les « Cracks en physique », des élèves candidats sont soumis à un exercice qui porte sur l'expérience de Millikan. Au cours de cette expérience, deux plaques métalliques verticales (A) et (B), placées dans le vide à une distance d l'une de l'autre, sont soumises à une tension $V_A - V_B = U_{AB}$ positive. La longueur des plaques est ℓ . (voir figure ci-dessous).



Entre les plaques, se superposent deux champs : le champ de pesanteur $\vec{g}$ et le champ électrique $\vec{E}$.

Une goutte d'huile sphérique M ponctuelle, de masse m , portant une charge électrique positive q , est abandonnée sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$ s en un point M_0 dont les coordonnées dans le système d'axes (Ox, Oy) sont $x_0 = \frac{d}{2}$; $y_0 = \ell$.

Données : $d = 4$ cm ; $\ell = 1$ m ;

Pour être vainqueur à ce concours, il faut trouver



Leçon 5

Oscillations mécaniques libres

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un oscillateur mécanique.
Connaître	les caractéristiques générales d'un oscillateur mécanique.
Déterminer	l'équation différentielle d'un oscillateur mécanique non amorti.
Connaître	la forme générale de la solution de l'équation différentielle d'un oscillateur harmonique.
Déterminer	les caractéristiques du mouvement d'un oscillateur mécanique non amorti : – la pulsation propre ; – la période propre ; – la fréquence propre ; – l'amplitude ; – la phase à l'origine des dates.
Écrire	la solution de l'équation différentielle.
Montrer	la conservation de l'énergie mécanique d'un oscillateur non amorti.
Tracer	les graphes $x(t)$ et $v(t)$.
Exploiter	les graphes $x(t)$ et $v(t)$.

Situation d'apprentissage



Après avoir étudié les mouvements rectilignes et curvilignes, le professeur de physique-chimie informe ses élèves que la prochaine étude portera sur un mouvement rectiligne sinusoïdal effectué par un oscillateur mécanique. Curieux, les élèves décident de faire des recherches pour connaître les caractéristiques générales d'un oscillateur mécanique, de déterminer l'équation différentielle d'un oscillateur harmonique et sa solution.

Résumé du cours

1 Définition

Un oscillateur mécanique est un système mécanique évoluant de part et d'autre d'une position d'équilibre stable.

2 Les caractéristiques d'un oscillateur mécanique

Le mouvement de l'oscillateur mécanique est un mouvement de va et vient autour d'une position d'équilibre stable, qui se répète identique à lui-même. C'est un mouvement périodique de période propre T_0 , de fréquence propre N_0 .

La période T_0 des oscillations du pendule élastique est indépendante de l'amplitude X_m des oscillations.

3 Équation différentielle du mouvement de l'oscillateur mécanique

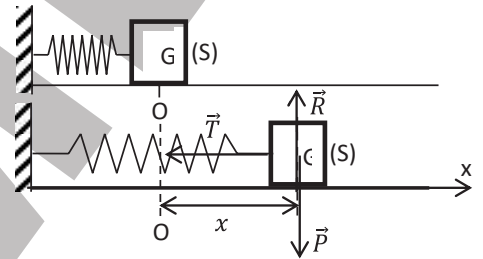
Au cours de l'étude les frottements sont négligés.

Théorème du centre d'inertie $\sum \vec{F}_{ex} = m\vec{a}$

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a} \quad \text{avec} \quad \vec{T} = -k\vec{OG} = -kx\vec{i}$$

Projection sur l'axe (O, x) : $m\ddot{x} + kx = 0 \rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$.

$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$: Équation différentielle du mouvement de l'oscillateur mécanique non amorti.



4 Forme générale de la solution de l'équation différentielle

- $x = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$
 - x : est l'élongation à la date t (en mètre);
 - X_m : l'amplitude du mouvement ou élongation maximale (en m) ;
 - ω_0 : la pulsation propre de l'oscillateur (en rad.s^{-1}) ;
 - φ : la phase à l'origine des dates (en radians)
 - $(\omega_0 t + \varphi)$: la phase à l'instant de date t (en radians).

4 Caractéristiques du mouvement d'un oscillateur mécanique non amorti

Pulsation propre ω_0 : $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Période propre T_0 : $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Fréquence propre N_0 : $N_0 = \frac{1}{T_0} \rightarrow N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

4 Caractéristiques du mouvement d'un oscillateur mécanique non amorti

Energie potentielle du système (masse-ressort-terre) : $E_p = \frac{1}{2}kX_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$

Energie cinétique de la masse : $E_c = \frac{1}{2}mX_m^2\omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi)$

Energie mécanique totale du système (masse + ressort + terre) : $E_m = \frac{1}{2}kX_m^2 = \frac{1}{2}mX_m^2\omega_0^2$

C'est une grandeur constante.

L'énergie mécanique totale d'un oscillateur mécanique non amorti est constante à chaque instant.

Activités d'application

1 Complète les phrases ci-dessous :

1. Un oscillateur mécanique est animé d'un mouvement.....de part et d'autre de sa position d'équilibre.
2. La fréquence est le.....de fois que le mouvement se répète pendant une seconde.
3. Le est son unité.

2 Détermine la masse du solide accroché au ressort d'un pendule élastique non amorti, de raideur $k = 10^3 \text{ N.m}^{-1}$ oscillant à la fréquence $N = 50 \text{ Hz}$.

3 Réécris correctement une phrase qui a un sens avec les groupes de mots ci-dessous.

1. du ressort. / ne dépend que / d'un pendule / de la masse / élastique / et / La pulsation propre / de la constante de raideur / accrochée
2. en énergie cinétique / des oscillations / libres / et vice-versa. / Au cours / l'énergie potentielle / du ressort / de la masse / se transforme / mécaniques

4 Mets une croix dans la case V si l'affirmation est vraie ou dans la case F si l'affirmation est fausse.

N°	Affirmation	V	F
1	Une équation différentielle est une équation qui lie une fonction et l'une ou plusieurs de ses dérivées.		
2	Au cours d'un mouvement rectiligne sinusoïdal, l'énergie cinétique est toujours égale à l'énergie potentielle.		
3	Un oscillateur mécanique est dit libre si une fois lâché, aucune autre action extérieure n'impose de mouvement.		
4	Le mouvement d'un pendule élastique est rectiligne et uniformément varié.		

5 L'équation horaire du mouvement d'un oscillateur mécanique libre est :

$$x = 0,05 \cos(25t - \frac{\pi}{2}) \text{ avec } x \text{ en m et } t \text{ en s.}$$

1. Trouve les caractéristiques (ω_o , T_o , X_m , φ) de cet oscillateur.
2. Calcule les abscisses x pour $t = 0 \text{ s}$; $0,1 \text{ s}$; $0,125 \text{ s}$ et $0,25 \text{ s}$.

6 Un pendule élastique non amorti est constitué d'une masse ponctuelle $m = 0,1 \text{ kg}$, accrochée à un ressort horizontal, de raideur $k = 40 \text{ N.m}^{-1}$. L'amplitude maximale des oscillations est $X_m = 3 \text{ cm}$.

1. Sa pulsation propre est :
a) 20 rad.s^{-1} ; b) 200 rad.s^{-1} ; c) 2000 rad.s^{-1} .
2. Sa période propre est :
a) $0,0314 \text{ s}$; b) $0,00314 \text{ s}$; c) $0,314 \text{ s}$.
3. La vitesse maximale atteinte par le centre d'inertie de la masse est :
a) 60 m.s^{-1} ; b) 6 m.s^{-1} ; c) $0,6 \text{ m.s}^{-1}$.

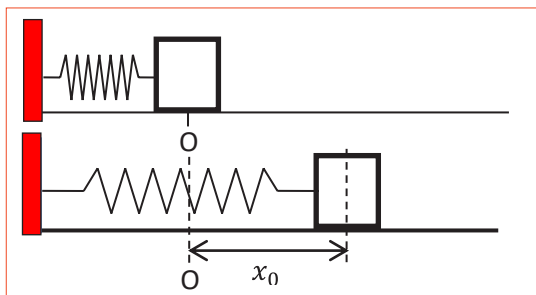
Entoure, pour chaque proposition, la bonne réponse.

7 Pour chaque proposition, écris le numéro suivi de la lettre V si elle est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

1. Au cours de l'oscillation d'un pendule élastique, la vitesse est maximale à la position d'équilibre.
2. Le mouvement du pendule élastique est accéléré lorsque le système étudié se dirige vers sa position d'équilibre.
3. Au cours des oscillations libres d'un pendule élastique, il y a conservation de l'énergie mécanique du système à chaque instant.
4. Au cours des oscillations libres d'un pendule élastique, la vitesse s'annule en deux points.

Activités d'application

8 Un pendule élastique est constitué d'un solide de masse $m = 15 \text{ g}$ accroché à un ressort horizontal de raideur $k = 20 \text{ N.m}^{-1}$, de masse négligeable et à spires non jointives, fixé à un support. Le solide est écarté de $x_0 = 7 \text{ cm}$ de sa position d'équilibre puis lâché sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0 \text{ s}$.



1. Représente sur le deuxième schéma les forces qui s'exercent sur le solide.
2. Établis l'équation différentielle du mouvement.
3. Détermine l'équation horaire du mouvement.

9 Écris l'équation horaire du mouvement d'un pendule élastique horizontal non amorti dont les caractéristiques sont les suivantes :

1. $\omega_0 = 200\pi \text{ rad/s}$; $X_m = 10 \text{ cm}$ et $x_0(t = 0 \text{ s}) = 10 \text{ cm}$.
2. $\omega_0 = 200\pi \text{ rad/s}$; $X_m = 10 \text{ cm}$ et $x_0(t = 0 \text{ s}) = 0 \text{ cm}$.

10 Un pendule élastique non amorti est constitué d'un solide de masse $m = 100 \text{ g}$ et d'un ressort de constante de raideur $k = 22,5 \text{ N.m}^{-1}$. L'équation horaire de son mouvement est :

$$x = 0,05 \sin\left(15t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ avec } x \text{ en m et } t \text{ en s.}$$

1. Écris l'expression de son :
 - 1.1 énergie potentielle;
 - 1.2 énergie cinétique.
2. Calcule la valeur de son énergie mécanique.
3. Détermine la valeur maximale de la vitesse du solide.

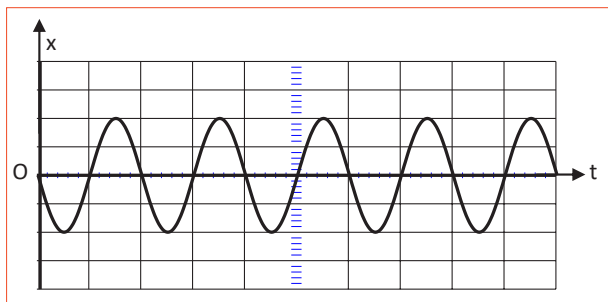
11 L'énergie mécanique totale d'un pendule élastique horizontal non amorti est

$$E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2.$$

Établis son équation différentielle.

Activités d'application

12 L'enregistrement du mouvement d'oscillations verticales d'un solide (S) de masse m , accroché à un ressort de masse négligeable et à spires non jointives, a permis de tracer la courbe représentant les variations de son abscisse x en fonction du temps t .



Échelle : 1 division correspond à 5 cm en ordonnées et en abscisses 1 division correspond à 0,1 s.

- Détermine les valeurs de :
 - l'amplitude X_m ;
 - la période T_0 ;
 - la phase φ à l'origine.
- Écris l'équation horaire du mouvement.
- Déduis-en l'équation de la vitesse $v(t)$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

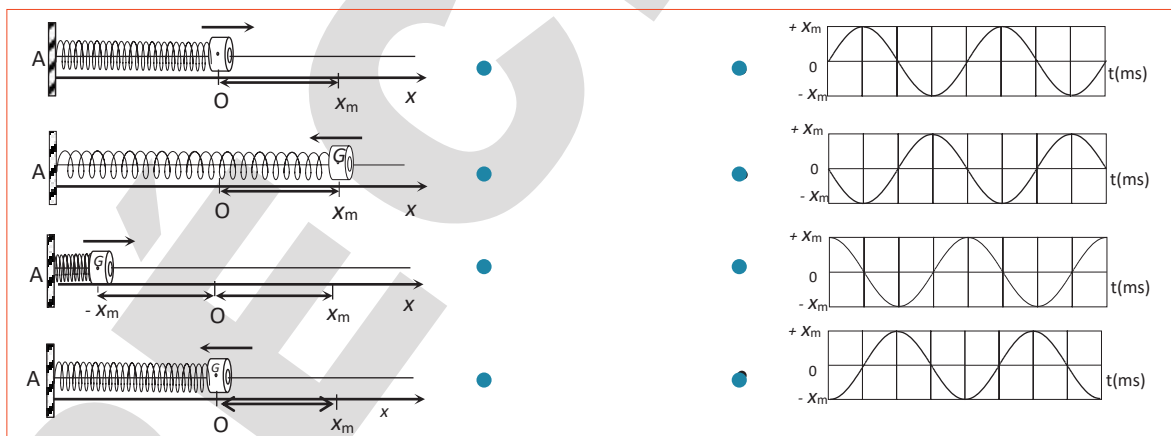
.....

.....

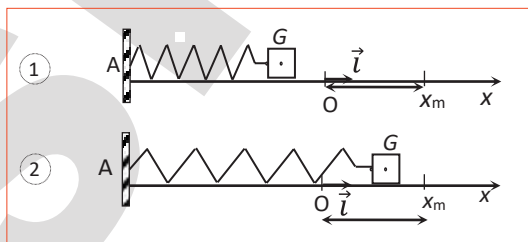
.....

.....

13 Un pendule horizontal écarté de sa position d'équilibre est lâché sans vitesse initiale. Sur chaque figure, la flèche indique le sens du mouvement à l'instant $t = 0$ s. Relie par un trait chaque oscillateur à l'oscillogramme qui lui correspond.



14 Les schémas ci-dessous représentent la position d'un pendule élastique à deux instants donnés.



- Représente les forces qui s'exercent sur le solide dans les deux cas.

- Établis dans chaque cas l'équation différentielle.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Situations d'évaluation

1 Lors d'une séance de travaux pratiques, ton groupe étudie les oscillations mécaniques libres d'un pendule horizontal afin de représenter son équation horaire.

Le pendule est constitué d'un solide de masse $m = 0,1 \text{ kg}$, de centre d'inertie G , attaché à l'extrémité libre d'un ressort horizontal de raideur k . Il a un mouvement rectiligne sinusoïdal. Au cours de ce mouvement, le solide passe à la position initiale $x_0 = 0 \text{ m}$ avec une vitesse de valeur $v_0 = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$, orienté vers l'extrémité fixe. Données : $\omega_0 = 7,85 \text{ rad/s}$; $\pi = 3,14 \text{ rad}$.

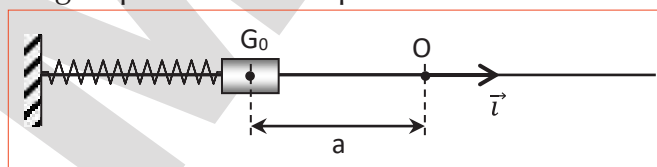
Échelle : $1,5 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ cm}$ et $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,2 \text{ s}$

Tu es choisi pour la rédaction du compte-rendu.

- Établis l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G du solide.
- Montre que l'équation horaire $x = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ est la solution de l'équation différentielle avec $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$.
- Détermine :
 - T_0 , φ , X_m et k ;
 - l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie du solide.
- Représente sur deux périodes l'équation horaire du mouvement.

2 Lors d'une séance de Travaux Pratiques, ton groupe étudie un oscillateur mécanique afin de représenter ses différentes énergies.

L'oscillateur mécanique est constitué d'un solide de masse $m = 200 \text{ g}$, d'un ressort à spires non jointives de raideur $k = 26 \text{ N/m}$, de masse négligeable. L'ensemble peut glisser sans frottement le long d'un axe $(O, \vec{i})$ horizontal. Le solide est attaché à l'une des extrémités du ressort, l'autre extrémité étant fixée rigidement. Le système est raccourci à partir de sa position d'équilibre, d'une longueur $a = 3 \text{ cm}$ et est lâché à $t = 0 \text{ s}$ sans vitesse initiale. La référence des énergies potentielles de pesanteur est le sol.



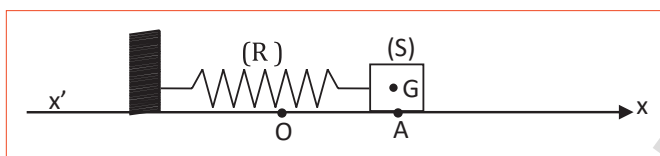
Tu es choisi pour la rédaction du compte-rendu.

- Établis l'équation horaire caractérisant le mouvement du centre d'inertie du solide.
- Exprime :
 - l'énergie cinétique E_c du système ;
 - l'énergie potentielle E_p du système (ressort + masse) ;
 - l'énergie mécanique E_m du système (ressort + masse).
- Détermine :
 - la valeur maximale de la vitesse du solide ;
 - l'accélération maximale du solide.
- Représente qualitativement les énergies E_c , E_p et E_m .

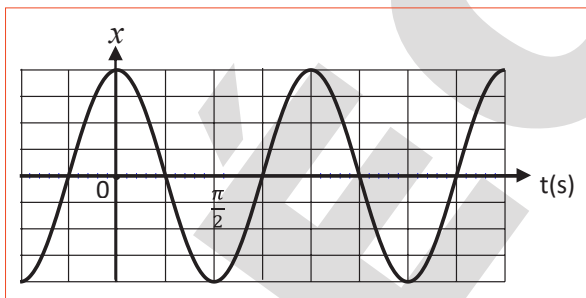
Situations d'évaluation

3 Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur réalise avec vous l'expérience de la figure ci-dessous pour montrer la conservation de l'énergie mécanique. Le pendule élastique est constitué par un solide (S) de masse $m = 0,2 \text{ kg}$, soudé à l'une des extrémités d'un ressort (R) à spires non jointives de masse négligeable et de constante de raideur k , l'autre extrémité étant attaché à un support fixe.

À partir du point O, le solide (S) est écarté vers un point A d'abscisse x_A et à la date $t = 0 \text{ s}$, (S) est abandonné à lui-même sans vitesse initiale.



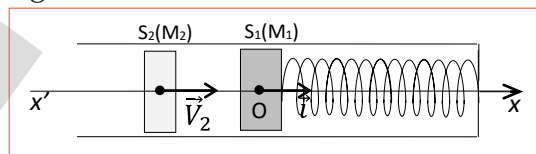
Au cours de son mouvement le solide (S) se déplace sans frottement et son centre d'inertie G est repéré par l'élongation $OG = x(t)$. À l'équilibre le centre d'inertie de (S) coïncide avec le point O, origine de l'axe orienté (x' , x). L'enregistrement des variations de l'élongation x au cours du temps est représenté par l'oscillogramme ci-dessous.



1 division $\leftrightarrow$ 1 cm en ordonnées et 1 division $\leftrightarrow$ $\frac{\pi}{4} \text{ s}$ en abscisse.

1. Donne les caractéristiques générales d'un oscillateur mécanique.
2. Déduis de l'oscillogramme :
 - 2.1 l'amplitude des oscillations ;
 - 2.2 la période propre des oscillations.
3. Écris la loi horaire du mouvement du solide.
4. Montre que l'énergie mécanique est constante.

4 Dans un laboratoire de physique-chimie, un groupe d'élèves est soumis à l'étude d'un oscillateur composé d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$ et de longueur à vide $\ell_0 = 0,2 \text{ m}$ enfilé sur une tige horizontale. L'une de ses extrémités est fixe, l'autre est soudée à un solide creux S_1 de masse $M_1 = 75 \text{ g}$. Une tige d'axe (Ox) représentée assure le guidage de l'ensemble (Voir figure).



Le centre d'inertie G de S_1 coïncide avec le point O. Un membre du groupe lance un deuxième solide S_2 creux, de masse $M_2 = 25 \text{ g}$ qui vient heurter le solide S_1 au repos avec un vecteur vitesse $\vec{V}_2$ dirigée vers la droite suivant l'axe du ressort. Après le choc, S_2 reste accroché à S_1 . Ainsi l'ensemble ($S_1 + S_2$) commence à osciller sans frottement.

Donnée : $V_2 = 1 \text{ m.s}^{-1}$.

Le professeur vous demande d'établir l'équation horaire du mouvement du pendule.

1. Représente les forces qui s'exercent sur le système après le choc.
2. Détermine :
 - 2.1 la vitesse V de l'ensemble ($S_1 + S_2$) juste après le choc ;
 - 2.2 le raccourcissement maximal X_m du ressort.
3. Établis l'équation différentielle qui régit le mouvement de l'ensemble ($S_1 + S_2$).

Situations d'évaluation

4. Détermine l'équation horaire du mouvement de l'ensemble ($S_1 + S_2$).

lâche sans vitesse initiale.

Donnée : période des oscillations $T = 0,5$ s.

A $t = 0$ s, G est au point O d'abscisse $x_0 = 0$ cm dans le sens positif.

Votre professeur de Physique-Chimie vous demande de déterminer l'énergie cinétique du système en un instant donné.

1. Représente les forces qui s'exercent dès que le solide est lâché.
2. Établis l'équation différentielle du mouvement de S.
3. Écris l'équation horaire du mouvement sous la forme : $x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$.
4. Détermine l'énergie cinétique du système aux instants $t_1 = 0,125$ s ; $t_2 = 0,25$ s.

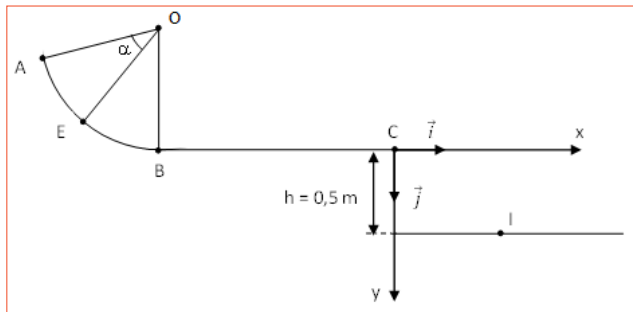
- 5 Au cours des travaux pratiques, ton groupe réalise un pendule élastique constitué d'un solide ponctuel S creux, de masse m , solidaire à un ressort de raideur $k = 20 \text{ N.m}^{-1}$ de masse négligeable. L'ensemble coulisse sans frottement le long d'une tige servant de guide.

À l'équilibre, le centre d'inertie G du solide est au point O.

Un membre du groupe écarte le solide de sa position d'équilibre d'abscisse $X_m = 2$ cm puis le

Exercices de synthèse

1 En vue de tester le niveau réel de ses élèves, le professeur de Physique-Chimie leur demande d'étudier le mouvement d'un solide sur le profil schématisé ci-dessous.



AB, portion circulaire représente $\frac{1}{6}$ de la circonférence du cercle de centre O et de rayon $R = 15 \text{ m}$. Le point O est situé sur la verticale de B. La portion BC est rectiligne de longueur $\ell = 15 \text{ m}$. Sur cette portion, il existe des forces de frottements équivalentes à une force unique tangente à l'axe (C, x) d'intensité f . AB et BC sont dans un même plan vertical. Le solide, de masse $m = 1 \text{ kg}$, assimilable à un point matériel, glisse sur la piste. Il part du point A sans vitesse initiale, parcourt les trajets AB et BC ; puis arrive au point C avec la vitesse $V_C = 9,5 \text{ m.s}^{-1}$. Il quitte la piste au point C et atterrit au point I (voir figure ci-dessus).

Tu prends part à cette évaluation.

Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

1. Énonce le théorème :
 - 1.1 de l'énergie cinétique ;
 - 1.2 du centre d'inertie.
2. Détermine :
 - 2.1 la vitesse V_E du solide au point E défini par l'angle $\alpha = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$;
 - 2.2 la vitesse V_B du solide au point B ;
 - 2.3 la valeur R de la réaction de la piste sur le solide au point E.
3. Montre que l'intensité f des forces de frottement a pour valeur 2 N.
4. Détermine :

4.1 l'équation cartésienne de la trajectoire du solide dans le repère $(C, \vec{i}, \vec{j})$

4.2 les coordonnées du point de chute I ;

4.3 la vitesse V_I du solide au point I.

Exercices de synthèse

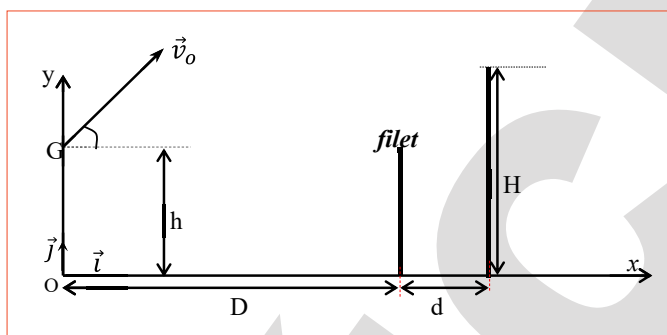
2 Ton professeur de Physique-Chimie a assisté à un match de tennis. Il présente le récit de cette compétition à ses élèves de terminale scientifique lors d'une séance de travaux dirigés.

« Au cours de la compétition, un joueur A voyant son adversaire avancer, décide de le loper.

Il frappe, à la date $t = 0$ s, la balle de masse m dont le centre d'inertie G est située à une hauteur $h = 0,5$ m du sol et à une distance $D = 12$ m du filet.

Il communique ainsi à cette balle une vitesse v_0 dont le vecteur vitesse fait un angle $\alpha = 60^\circ$ avec l'horizontale. » (Voir figure).

Un joueur B, se trouvant à une distance $d = 2$ m derrière le filet tente d'arrêter la balle en levant verticalement sa raquette, à une hauteur $H = 3$ m. L'action de l'air sur la balle est négligée ».

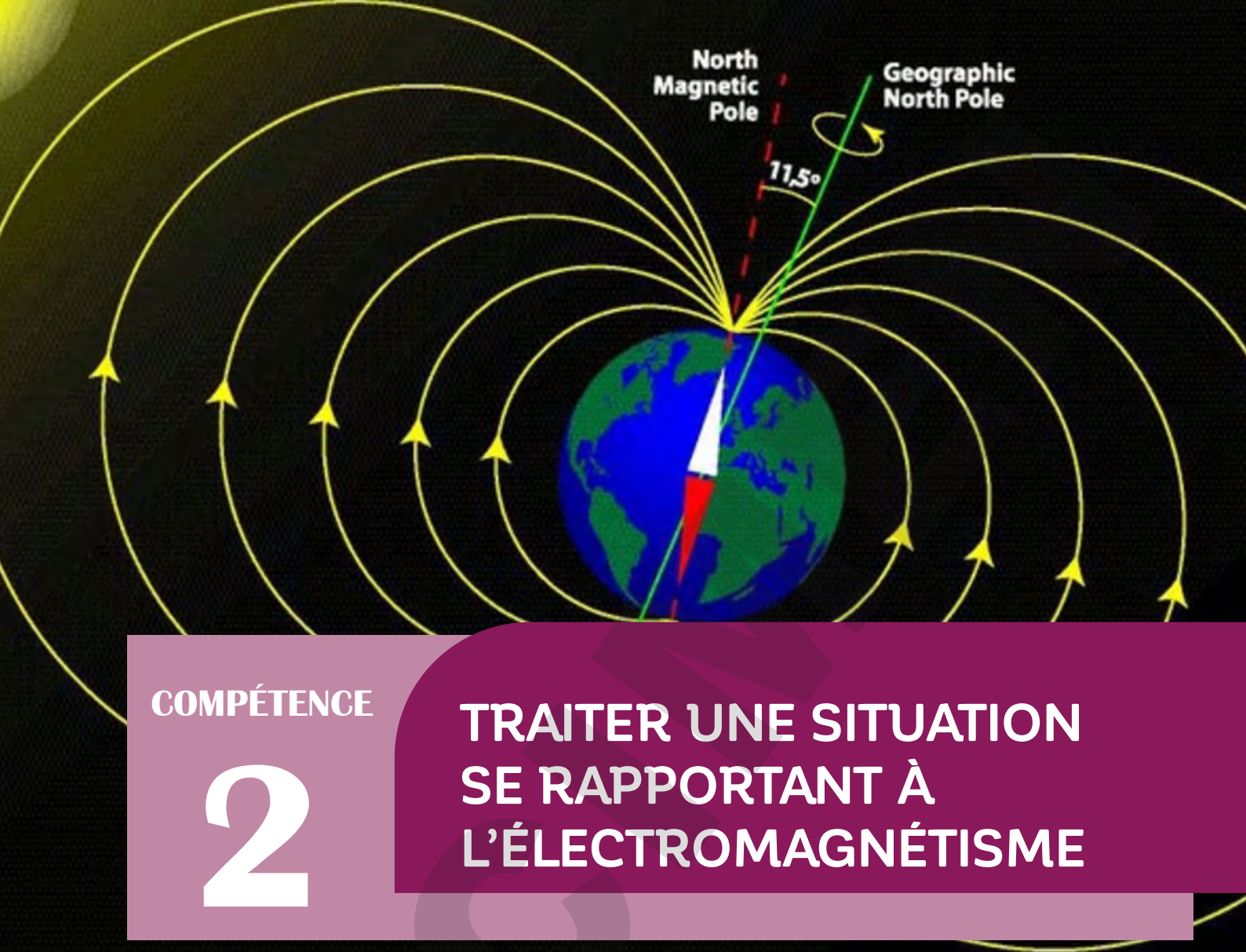


Données : $v_0 = 14 \text{ m.s}^{-1}$ et $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Le Professeur demande à ses élèves de dire si le lob est réussi.

Tu es élève de la classe.

1. Représente qualitativement le poids $\vec{P}$ de la balle et le champ de pesanteur $\vec{g}$.
2. Établis dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$:
 - 2.1 les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de G en fonction de g , v_0 , α , h et t ;
 - 2.2 l'équation cartésienne de la trajectoire du centre d'inertie G de la balle.
3. Vérifie que cette équation s'écrit :
$$y = -0,10x^2 + 1,73x + 0,50.$$
4. Montre que le joueur ne peut intercepter la balle.



COMPÉTENCE

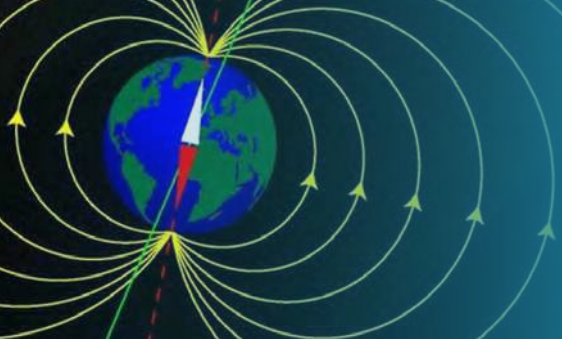
2

TRAITER UNE SITUATION
SE RAPPORTANT À
L'ÉLECTROMAGNÉTISME

THÈME 2 : ÉLECTROMAGNÉTISME

LEÇONS

- 1 CHAMP MAGNÉTIQUE
- 2 MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGÉE DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE UNIFORME
- 3 LOI DE LAPLACE
- 4 INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE
- 5 AUTO-INDUCTION



Leçon 1

Champ magnétique

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	l'espace champ magnétique.
Déterminer	les caractéristiques du vecteur-champ magnétique.
Représenter	le vecteur-champ magnétique $\vec{B}$.
Définir	- une ligne de champ. - le spectre magnétique.
Représenter	le spectre magnétique : - d'un aimant droit ; - d'un aimant en « U ».
Définir	un solénoïde.
Connaître	- les règles d'orientation du champ magnétique. - les sources de champ magnétique.
Représenter	le spectre magnétique d'un solénoïde parcouru par un courant électrique continu.
Déterminer	les caractéristiques du champ magnétique créé par un solénoïde parcouru par un courant électrique.
Connaître	l'unité de champ magnétique.
Tracer	le graphe $B = f(I)$ pour un solénoïde.
Utiliser	la relation $B = \mu_0 n I$ avec $n = \frac{N}{l}$.
Déterminer	les composantes horizontale et verticale du champ magnétique terrestre.

Situation d'apprentissage

Au cours de leur formation en scoutisme, des élèves utilisent une boussole pour s'orienter. L'instructeur leur apprend que l'aiguille de la boussole est magnétisée et qu'elle s'aligne sur le champ magnétique terrestre. Voulant en savoir davantage sur le champ magnétique à leur retour en classe, ces élèves décident de connaître l'espace champ magnétique, les caractéristiques du vecteur champ magnétique, les aimants et l'unité du champ magnétique.

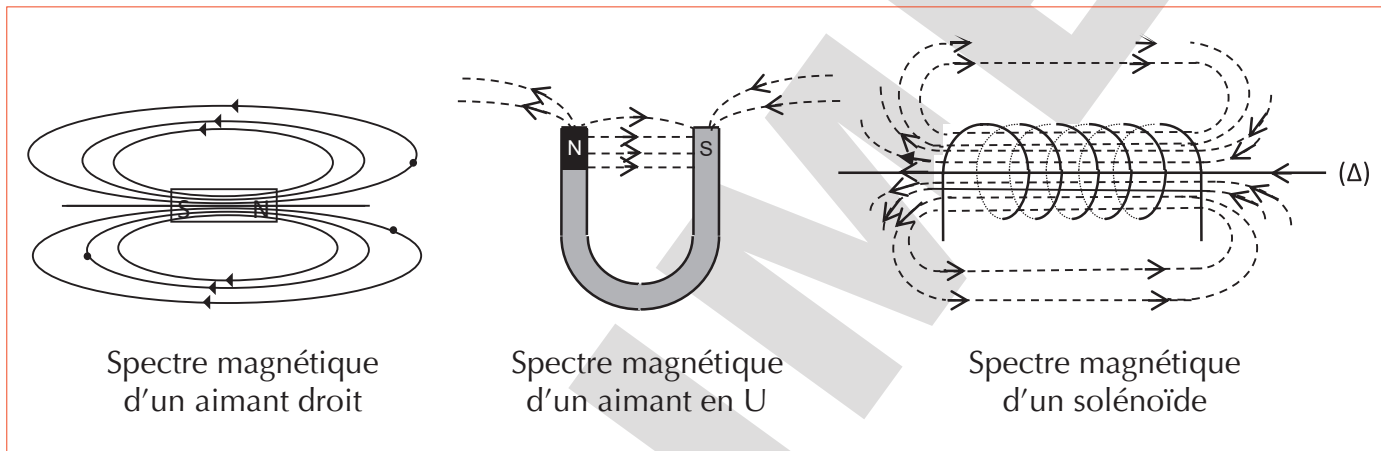


1 Espace champ magnétique

Un aimant ou un fil parcouru par un courant électrique provoque une modification de certaines propriétés de leur espace environnant. Cet espace est le siège d'un champ magnétique. Ce champ magnétique peut être détecté par une aiguille aimantée.

Le champ magnétique est décrit en un point M par les caractéristiques d'un vecteur appelé vecteur champ magnétique $\vec{B}(M)$.

2 Spectres magnétiques



Les lignes de champ sont parallèles à l'intérieur des bras de l'aimant en U et du solénoïde. Dans ces zones, le champ magnétique est dit uniforme.

Les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}$ créé par un aimant sont :

- sa direction : tangente aux lignes de champ ;
- son sens : du pôle nord vers le pôle sud de l'aimant, à l'extérieur de l'aimant ;
- son intensité mesurée en tesla (T), est d'autant plus grande que les lignes de champ sont serrées.

3 Champ magnétique créé par un solénoïde

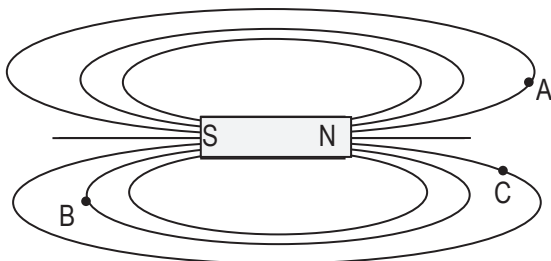
$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I \quad \left\{ \begin{array}{l} B \text{ en tesla (T)} \\ I \text{ en ampère (A)} \end{array} \right.$$

ou

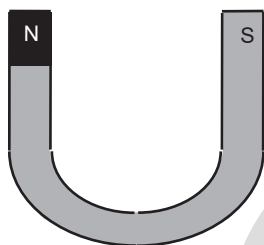
$$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I \quad \left\{ \begin{array}{l} n = \frac{N}{\ell} \text{ nombre de spires par unité de longueur en spires par mètre (spires par m) ;} \\ N : \text{le nombre de spires ;} \\ \ell : \text{la longueur du solénoïde en mètre (m) ;} \\ \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ USI} \end{array} \right.$$

Activités d'application

1 Représente qualitativement sur le schéma ci-dessous les champs magnétiques $\vec{B}_A$, $\vec{B}_B$ et $\vec{B}_C$ respectivement aux points A, B et C.



2 Représente qualitativement le spectre magnétique de l'aimant en U.



3 Mets une croix dans la case Vraie si l'affirmation est vraie ou dans la case Faux si l'affirmation est fausse.

N°	Affirmation	Vraie	Faux
1	Les lignes de champ d'un champ magnétique ne se coupent jamais.		
2	Le champ magnétique créé par un aimant droit est uniforme.		
3	Le champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde est proportionnel au nombre de spires.		
4	Le champ magnétique est dit uniforme lorsque les lignes de champ sont parallèles.		

4 Représente qualitativement au point O les vecteurs champs magnétiques créés par les deux aimants droits identiques A_1 et A_2 placés dans le vide à la même distance de ce point.



Schéma 2

Schéma 1

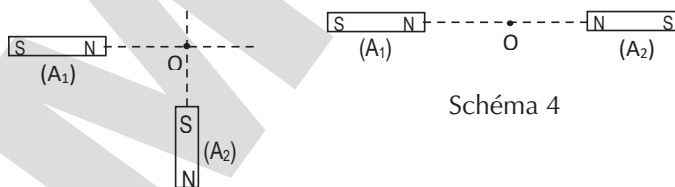
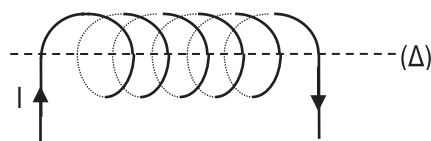


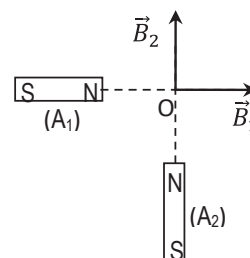
Schéma 4

Schéma 3

1. Représente qualitativement le vecteur champ magnétique à l'intérieur de la bobine schématisée ci-dessous parcourue par un courant constant d'intensité I .
2. Indique les faces de la bobine.



- 6 Soit le schéma ci-dessous :
 1. Représente le champ magnétique résultant $\vec{B}$ au point O.
 2. Détermine la valeur du champ magnétique $\vec{B}$.
 3. Calcule la valeur de l'angle α entre $\vec{B}$ et $\vec{B}_1$.



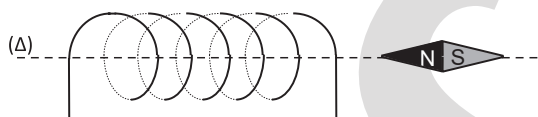
Données : $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ sont orthogonaux de valeur : $B_1 = B_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ T}$.

Activités d'application

7 Complète les phrases suivantes avec les mots ou groupe de mots qui conviennent.

1. Une bobine parcourue par un courant crée dans l'espace qui l'entoure.
2. Dans une région où règne un champ magnétique uniforme sont des droites parallèles.
3. A l'intérieur d'un solénoïde les lignes de champ sont orientées de la vers la
4. Une bobine parcourue par un courant possède des propriétés

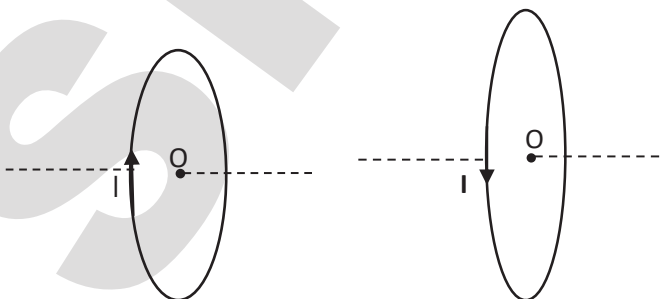
8 Soit le schéma ci-dessous :



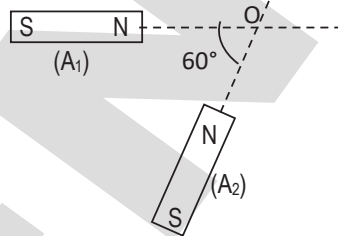
1. Indique :
 - 1.1 les faces du solénoïde ;
 - 1.2 le champ magnétique $\vec{B}$ en son centre.
2. Précise le sens du courant qui le traverse.

9 Deux bobines plates sont traversées chacune par un courant électrique d'intensité I .

1. Trace les lignes de champ magnétique.
2. Représente le champ magnétique crée par chaque bobine plate au point O.



10 Un aimant A_1 crée au point O un champ magnétique d'intensité $B_1 = 2 \text{ mT}$ et un deuxième aimant A_2 crée au même point O un champ magnétique d'intensité $B_2 = 4 \text{ mT}$. Les deux aimants sont placés à distance égale du point O (voir schéma).



1. Représente au point O :
 - 1.1 les vecteurs champs magnétiques créés par les aimants A_1 et A_2 ;
 - 1.2 le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ résultant.
2. Calcule la valeur du champ magnétique résultant.

Échelle : 1 cm représente 2 mT.

11 Une bobine de longueur $\ell = 20 \text{ cm}$, comportant $N = 1000$ spires est traversé par un courant d'intensité $I = 200 \text{ mA}$. La perméabilité du vide est $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I.}$

Calcule la valeur du champ magnétique à l'intérieur de cette bobine.

Situations d'évaluation

1 En voulant étudier expérimentalement avec vous les circuits comme sources de champ magnétique, votre professeur réalise l'expérience décrite ci-dessous. Il utilise un solénoïde de longueur L et de nombre de spires N inconnu.

À l'aide d'un tesla mètre, vous mesurez l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde, en fonction de l'intensité du courant électrique qui le traverse. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

I (A)	0	0,5	1	1,5	2	2,5
B(mT)	0	3,4	6,7	10,2	13,2	16,8

Le professeur vous demande de déterminer le nombre de spires qui constituent le solénoïde.

Données : La longueur du solénoïde est $L = 40 \text{ cm}$;
 $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ S.I}$

Échelles : $2 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ A}$ et $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$.

1. Donne la relation entre l'intensité du champ magnétique et l'intensité du courant.
2. Représente graphiquement la fonction $B = f(I)$.
3. Établis à partir du graphe la relation entre l'intensité du champ magnétique et l'intensité du courant.
4. Dédus-en le nombre de spires du solénoïde.

2 Pour réaliser des expériences en vue de déterminer les caractéristiques d'un champ magnétique, votre professeur met à votre disposition un solénoïde dont les caractéristiques sont les suivantes : $N = 400$ spires ; longueur $\ell = 0,4 \text{ m}$; rayon $r = 2,5 \text{ cm}$; résistance électrique de la bobine obtenue $R = 30 \Omega$.

Vous réalisez les expériences suivantes :

Expérience 1 :

Vous branchez le solénoïde aux bornes d'un générateur de tension continue de f.é.m. $E = 12 \text{ V}$ et relevez à l'aide d'un tesla mètre la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

Expérience 2 :

Vous placez maintenant le solénoïde dans un espace où règne un champ magnétique horizontal et uniforme de valeur $B_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

- En l'absence de courant électrique, une aiguille aimantée placée au centre du solénoïde, s'oriente perpendiculairement à l'axe du solénoïde (Voir schéma 1).
- Lorsqu'un courant électrique continu d'intensité I identique à celle de l'expérience 1 traverse la bobine, l'aiguille aimantée dévie d'un angle α (Voir schéma 2).

Tu es désigné pour rédiger le compte-rendu.

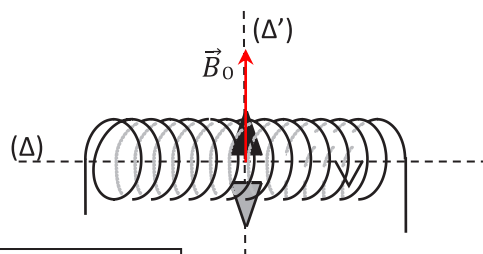


Schéma 1 ($I = 0 \text{ A}$)

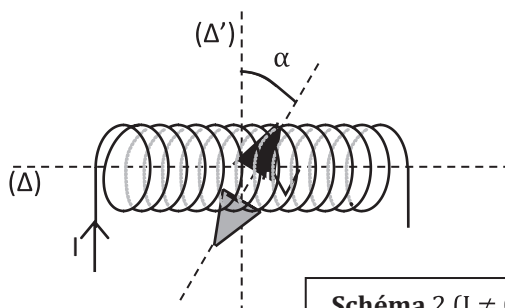
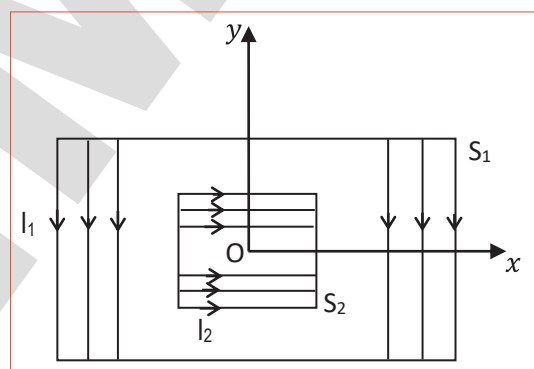


Schéma 2 ($I \neq 0 \text{ A}$)

Situations d'évaluation

1. Dis ce que représente le champ magnétique $\vec{B}_0$.
2. Détermine :
 - 2.1 l'intensité du courant I qui traverse le solénoïde dans l'expérience 1 ;
 - 2.2 la valeur du champ magnétique $\vec{B}_1$ créé par le solénoïde dans l'expérience 2.
3. Représente qualitativement :
 - 3.1 les vecteurs champs magnétiques $\vec{B}_0$ et $\vec{B}_1$ au centre du solénoïde dans l'expérience 2 ;
 - 3.2 le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ résultant.
4. Détermine la valeur :
 - 4.2 du champ magnétique $\vec{B}$ résultant ;
 - 4.1 de l'angle de déviation α .

- 3** Lors d'une séance de Travaux Pratiques, ton groupe réalise une expérience sous la direction du professeur, en vue de déterminer la valeur du champ magnétique résultant de deux solénoïdes. A l'intérieur d'un solénoïde S_1 comportant $n_1 = 1000$ spires par mètre et parcouru par un courant d'intensité $I_1 = 2$ A, vous placez un solénoïde S_2 de sorte que son axe soit perpendiculaire à celui de S_1 . Le solénoïde S_2 est formé de $N_2 = 200$ spires régulièrement enroulées sur une longueur de $l_2 = 5$ cm et l'intensité du courant électrique qui y circule vaut $I_2 = 1$ A.
- Données : La perméabilité du vide est $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ S.I et le champ magnétique terrestre est négligeable.*



1. Représente qualitativement :
 - 1.1 les champs magnétiques $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ créés respectivement au point O par les solénoïdes S_1 et S_2 ;
 - 1.2 le vecteur champ magnétique résultant $\vec{B}$.
2. Détermine les valeurs des champs magnétiques $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$.
3. Déduis-en :
 - 3.1 la valeur du champ magnétique résultant $\vec{B}$;
 - 3.2 la valeur de l'angle α entre $\vec{B}_1$ et $\vec{B}$.

Tu es élève de la classe.

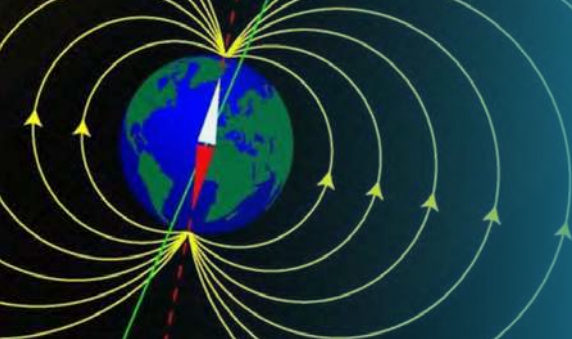
1. Définis un solénoïde.
2. Montre que la bobine b_1 peut être assimilée à un solénoïde.
3. Détermine l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur de b_1 .
4. Détermine la valeur B' du champ magnétique à l'intérieur de l'association des bobines b_1 et b_2 .

4 Au cours d'un devoir surveillé sur le champ magnétique créé par une bobine parcourue par un courant, vous êtes soumis au sujet suivant.

Une bobine b_1 , de longueur $\ell = 50 \text{ cm}$, comportant $N = 1\,000$ spires, de diamètre $d = 4 \text{ cm}$, est parcourue par un courant électrique d'intensité $I = 300 \text{ mA}$.

La bobine b_1 est juxtaposée à une bobine b_2 identique de façon à obtenir un solénoïde de longueur 2ℓ .

Donnée : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ SI}$;



Leçon 2

Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	la force de Lorentz.
Connaître	l'expression de la force de Lorentz.
Représenter	- la force de Lorentz. - le vecteur $\vec{B}$. - le vecteur $q\vec{v}$.
Déterminer	les caractéristiques de la force de Lorentz.
Déterminer	la nature du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme (cas particulier où $\vec{B} \perp \vec{v}$).
Connaître	l'expression du rayon de la trajectoire.
Déterminer	la déflexion magnétique.
Analyser	le mouvement d'une particule chargée dans : - un spectromètre de masse ; - un cyclotron ; - un filtre de Wien ou filtre de vitesses.

Situation d'apprentissage

Suivant un documentaire scientifique à la télé, des élèves en classe de Terminale au Lycée Moderne 2 Gagnoa apprennent que tout l'écran de la télévision à tube cathodique qu'ils regardent est illuminé par les spots produits par des faisceaux d'électrons soumis à l'action conjuguée de deux champs magnétiques uniformes. Voulant en savoir davantage, ils informent leurs camarades de classe, et ensemble, ils s'organisent pour définir la force de Lorentz, déterminer les caractéristiques cette force et analyser le mouvement d'une particule chargée dans un spectromètre de masse, dans un cyclotron et dans un filtre de vitesses.



Résumé du cours

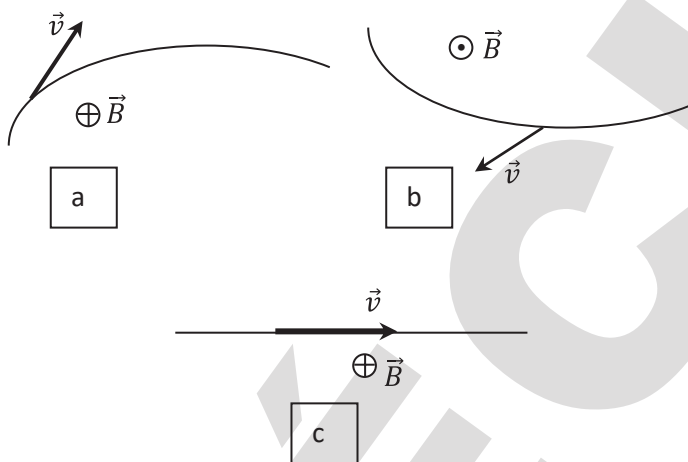
- 1 La force de Lorentz :** La force de Lorentz agissant sur une particule de charge q animée d'un vecteur-vitesse $\vec{v}$ dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ est $\vec{f} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$.
- 2 Ses caractéristiques**
 - La direction de $\vec{f}$ est perpendiculaire au plan contenant les vecteurs $\vec{v}$ et $\vec{B}$;
 - Le sens de $\vec{f}$ est tel que le trièdre $(q\vec{v}, \vec{B}, \vec{f})$ est direct ;
 - L'intensité de $\vec{f}$ est $f = |q| \cdot v \cdot B \cdot |\sin(\vec{v}, \vec{B})|$.
- 3 La puissance de la force de Lorentz,** dans le cas où $\vec{B} \perp \vec{v}$, est nulle : $P = \vec{f} \cdot \vec{v} = 0 \text{ W}$.
Le travail de la force de Lorentz est nul. Le mouvement de la particule est donc uniforme.
- 4** Si la particule de charge q et de masse m a un vecteur-vitesse $\vec{v}$ perpendiculaire au champ magnétique uniforme $\vec{B}$, la trajectoire est plane et circulaire de rayon $R = \frac{mv}{|q|B}$.

Activités d'application

1

- Définis la force de Lorentz.
- Donne son expression vectorielle.
- Donne l'expression de son intensité.

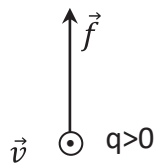
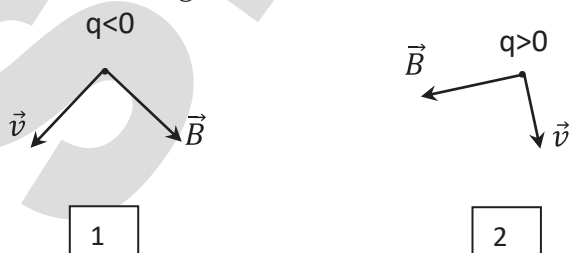
2 Les figures ci-après où la particule de charge q animé d'un vecteur-vitesse $\vec{v}$ dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ te sont proposées.



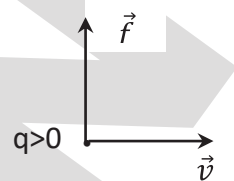
Dans chaque des cas ci-dessus :

1. représente la force magnétique $\vec{f}$ qui s'applique sur la particule ;
2. précise le signe de la charge de la particule.

3 Soient les figures suivantes :



3



4

1. Représente le vecteur $q\vec{v}$ dans chacun des cas.
2. Représente la force de Lorentz dans les cas 1 et 2.
3. Représente le vecteur champ $\vec{B}$ dans les cas 3 et 4.

4 Une particule chargée est en mouvement dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Son vecteur vitesse $\vec{v}$ est perpendiculaire au vecteur $\vec{B}$.

Pour chacune des propositions suivantes :

1. la force magnétique est orthogonale au champ magnétique $\vec{B}$; ☐
2. la force magnétique est parallèle au vecteur vitesse ; ☐
3. la trajectoire est toujours circulaire ; ☐
4. le champ magnétique accélère le mouvement de la particule ; ☐
5. la puissance développée par la force magnétique est nulle ; ☐
6. le mouvement de la particule est toujours plan, ☐

écris la lettre V en face de la proposition si elle est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

5 Une particule chargée est en mouvement dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Son vecteur vitesse $\vec{v}$ est orthogonal au champ $\vec{B}$.

1. La trajectoire de cette particule est :
 - a. circulaire ;
 - b. parabolique ;
 - c. rectiligne ;
 - d. hélicoïdale.

Activités d'application

2. L'énergie cinétique de cette particule :

- augmente ;
- diminue ;
- reste constante ;
- est nulle.

Pour chacune des propositions, entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

6 Une particule de charge $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ est animée d'une vitesse $v = 10^6 \text{ m.s}^{-1}$ dans une direction faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ d'intensité $B = 0,01 \text{ T}$.

1. L'expression de l'intensité de la force de Lorentz est :

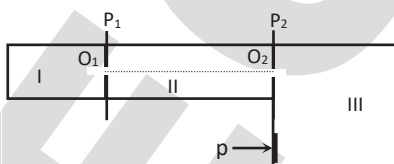
- $q.v.B.\cos\alpha$;
- $q.v.B.\sin\alpha$;
- $q.v.B$.

2. L'intensité de la force de Lorentz est :

- $3,20 \cdot 10^{-15} \text{ N}$;
- $2,77 \cdot 10^{-15} \text{ N}$;
- $1,60 \cdot 10^{-15} \text{ N}$.

Entoure pour chaque proposition la lettre correspondant à la bonne réponse.

7 Dans le dispositif ci-contre, des ions chargés positivement sont produits dans la chambre I, puis pénètrent en O_1 dans la chambre II où ils sont accélérés jusqu'au point O_2 . Ils entrent ensuite dans la chambre III et sont déviés vers la plaque p.



1. Nomme les chambres désignées par I, II et III.

2. Représente :

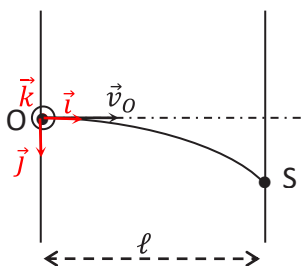
- le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ dans la chambre II ;
- le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ qui règne dans la chambre III.

8 Une particule, de masse $m = 3,34 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, de charge $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et de vitesse $v = 1,96 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$, pénètre dans un champ magnétique uniforme de valeur $B = 0,2 \text{ T}$, perpendiculaire au vecteur vitesse.

1. Donne l'expression du rayon de la trajectoire de cette particule.

2. Calcule sa valeur.

9 Une particule de charge q positive et de masse m est émise en O avec un vecteur-vitesse $\vec{v}_0$ de valeur $v_0 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ (voir figure). Elle pénètre dans une zone de longueur $\ell = 4 \text{ cm}$ où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire à $\vec{v}_0$, de valeur $B = 0,1 \text{ T}$. La particule est déviée vers le bas.



1. Représente le vecteur champ $\vec{B}$.

2. Montre que dans le champ magnétique, le mouvement de la particule est :

- plan ;
- uniforme ;
- circulaire.

Activités d'application

10 Un électron, animé d'une vitesse $v_0 = 2.10^7 \text{ m.s}^{-1}$, pénètre dans un champ magnétique uniforme de valeur $B = 0,2 \text{ T}$.

Calcule la valeur de la force de Lorentz lorsque :

1. $\vec{v}_0$ est perpendiculaire à $\vec{B}$;
2. $\vec{v}_0$ est parallèle à $\vec{B}$;
3. $\vec{v}_0$ fait un angle de 60° avec $\vec{B}$.

Donnée : charge d'un électron : $q = -e = -1,6.10^{-19} \text{ C}$.

11 Un électron est animé d'une vitesse angulaire $\omega = 3,52.10^9 \text{ rad.s}^{-1}$ dans un champ magnétique uniforme de valeur $B = 0,02 \text{ T}$. Le vecteur vitesse de l'électron $\vec{v}_0$ est orthogonal au vecteur champ $\vec{B}$. L'expression du rayon de la trajectoire est :

$$R = \frac{mv_0}{eB}$$

1. Montre que la période T du mouvement de l'électron est : $T = \frac{2\pi m}{eB}$.
2. Calcule sa valeur.

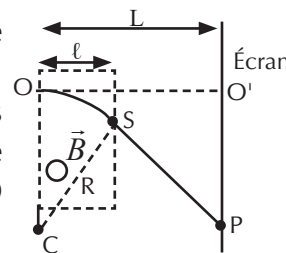
Données : masse d'un électron : $m = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$; charge d'un électron : $q = -e = -1,6.10^{-19} \text{ C}$.

12 Un faisceau d'électrons animés d'un vecteur vitesse $\vec{v}_0$ pénètre dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal à $\vec{v}_0$.

1. Calcule la valeur f de la force de Lorentz pour $v_0 = 2.10^5 \text{ m.s}^{-1}$ et $B = 0,2 \text{ T}$.
2. Calcule la valeur P du poids d'un électron.
3. Compare f et P .
4. Conclus.

Données : masse d'un électron : $m = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$; charge d'un électron : $q = -1,6.10^{-19} \text{ C}$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

13 Dans une chambre mise sous vide, un faisceau homocinétique d'électrons émis avec un vecteur-vitesse $\vec{v}_0$, pénètre en un point O dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ délimité par une région de largeur ℓ . Ces électrons décrivent une trajectoire circulaire de centre C et de rayon R. Ils en ressortent au point S.



(Voir figure ci-dessus)

1. Indique sur le schéma le sens du vecteur champ uniforme $\vec{B}$.

On considère l'angle $\alpha = (\widehat{CS, CO})$.

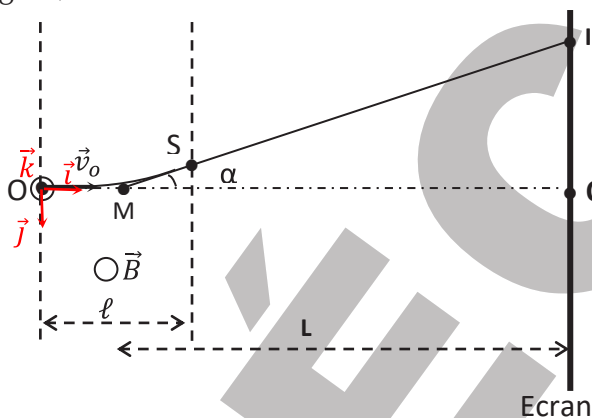
2. Montre que : $\sin \alpha = \frac{\ell}{R}$
3. Donne la nature du mouvement des électrons après le point S.

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de Travaux Pratiques, votre professeur vous informe que l'écran d'un poste téléviseur est illuminé par les spots produits par des faisceaux d'électrons pouvant se déplacer sous l'action conjuguée de deux champs magnétiques uniformes. Les électrons subissent ainsi une déviation horizontale et une déviation verticale.

Le professeur désigne ton groupe pour déterminer la déviation magnétique produite par l'un des champs magnétiques.

Vous considérez alors un faisceau homocinétique d'électrons qui traverse la zone de longueur $\ell = 2 \text{ cm}$ où règne le champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Le vecteur-vitesse initial $\vec{v}_0$ du faisceau au point O est perpendiculaire au vecteur champ $\vec{B}$. Un écran est placé à la distance $L = 40 \text{ cm}$ du point M, centre de l'espace où règne le champ $\vec{B}$. Le faisceau d'électrons atteint l'écran au point I (voir figure).



On admettra que l'angle de déviation $\bar{B}$ du faisceau est suffisamment petit et ℓ sera considéré comme négligeable devant L .

Tu es le rapporteur du groupe.

1. Indique, en justifiant ta réponse, sur le schéma le sens de $\vec{B}$ pour que le faisceau d'électrons arrive au point I de l'écran.
2. Montre que dans la zone où règne le champ magnétique $\vec{B}$ le mouvement d'un électron est :
 - 2.1 plan ;
 - 2.2 uniforme ;
 - 2.3 circulaire.

3. Déduis-en la valeur du rayon de la trajectoire.
4. Détermine la déflexion magnétique $O'I$ sur l'écran.

A large, faint, diagonal watermark reading "SAMPLE" is overlaid across the entire page. The text is in a bold, sans-serif font and is oriented from the bottom-left towards the top-right.

2 Au cours de ses recherches, ton voisin de classe découvre des informations sur l'importance industrielle du dispositif ci-dessous appelé spectrographe de masse. Ce dispositif permet de séparer les différents isotopes d'un élément chimique.

Ton voisin désire déterminer le nombre de nucléons x du deuxième isotope du potassium naturel. En effet, le potassium naturel est un mélange de deux isotopes ^{39}K et ^xK . L'isotope ^{39}K est le plus abondant.

Pour augmenter ses chances de succès, il sollicite ton appui.

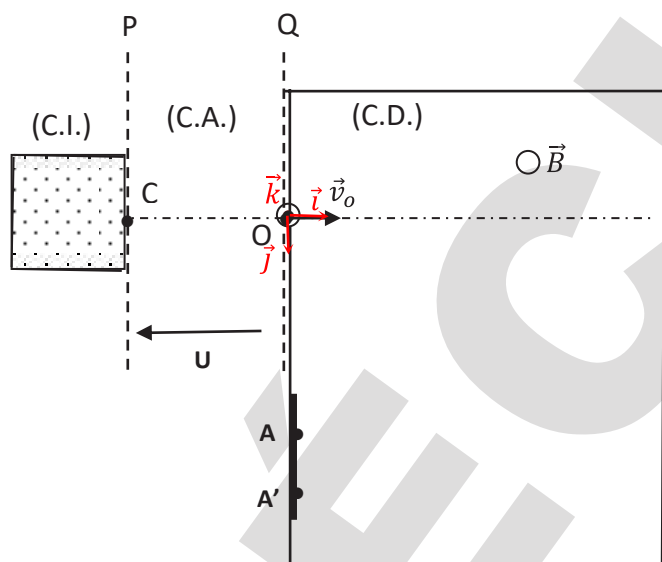
Le dispositif comprend :

- une chambre d'ionisation (C.I.) où les isotopes sont ionisés.

Situations d'évaluation

- une chambre d'accélération (C.A.) où les ions $^{39}\text{K}^+$ et $^x\text{K}^+$ produits sont accélérés entre les plaques P et Q par un champ électrique uniforme $\vec{E}$. La vitesse initiale v_c est nulle.
- une chambre de déviation (C.D.) où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, perpendiculaire à la vitesse des ions. Dans cette zone, les ions sont animés d'un mouvement circulaire uniforme.
- un écran luminescent permettant de repérer les impacts A et A' des ions.

Données : masse d'un ion $^{39}\text{K}^+$: $m_1 = 39u$;
 masse d'un ion $^x\text{K}^+$: $m_2 = xu$; $u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $U = 10^3 \text{ V}$; $B = 0,1 \text{ T}$; le poids
 des ions est négligeable devant les autres forces.
 $OA = 60 \text{ cm}$ et $AA' = 1,5 \text{ cm}$.



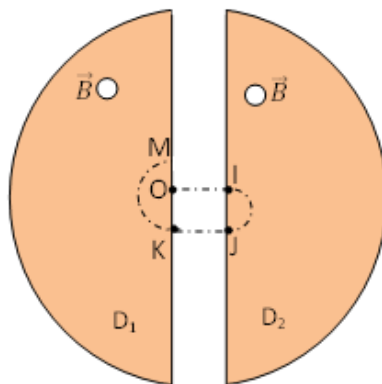
- Établis l'expression de la vitesse :
 - v_1 d'un ion $^{39}\text{K}^+$ à son passage en O en fonction de e , U et u ;
 - v_2 d'un ion $^x\text{K}^+$ à son passage en O en fonction de e , U , x et u .
- Montre que les trajectoires des ions $^{39}\text{K}^+$ et $^x\text{K}^+$ ont des rayons respectifs $R_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{78uU}{e}}$ et $R_2 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2xuU}{e}}$
- Montre que $\frac{OA'}{OA} = \sqrt{\frac{x}{39}}$.
- Détermine la valeur de x .

3 Ton camarade de classe apprend au cours d'une émission scientifique que le cyclotron permet d'accélérer des particules chargées pour produire de l'énergie. Il est constitué de deux enceintes demi-cylindriques D_1 et D_2 appelées « dees » placées horizontalement dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ vertical (voir figure). Dans l'espace compris entre D_1 et D_2 , les protons sont soumis à un champ électrique alternatif $\vec{E}$ de façon à être accélérés à chaque passage.

Les protons sont émis au point O avec une vitesse négligeable. Ils décrivent à l'intérieur des « dees » un mouvement circulaire uniforme.

Pour mieux comprendre le fonctionnement de ce dispositif, il sollicite ton aide.

Données : masse d'un proton : $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
 charge d'un proton : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $B = 1,5 \text{ T}$;
 $U = 1000 \text{ V}$; rayon moyen des « dees » : $R_m = 0,8 \text{ m}$.



Situations d'évaluation

1. Précise :

1.1 la direction et le sens du vecteur champ électrique $\vec{E}$ pour que un proton soit accéléré entre les points O et I ;

1.2 le sens de $\vec{B}$ sur la figure pour obtenir le sens de rotation indiqué.

2. Détermine :

2.1 la vitesse v_I d'un proton en I en fonction de e, U et m ;

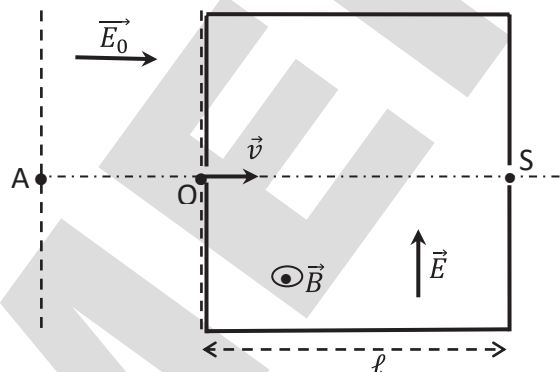
2.2 la vitesse v_2 d'un proton en K en fonction de e, U et m (lorsqu'il a fait un tour) ;

2.3 l'expression du rayon de la trajectoire II ;

2.4 l'expression de la vitesse v_n d'un proton après n tours.

3. Calcule l'énergie maximale d'un proton connaissant le rayon moyen R_m des « dees ».

4 Ton voisin de la classe, qui n'a pas suivi la dernière séance du cours de physique, te demande de lui expliquer le principe de fonctionnement du dispositif schématisé ci-dessous (voir figure).



Ce dispositif permet de séparer des particules chargées en mouvement en fonction de leur vitesse. Il porte le nom de filtre de vitesse ou filtre de Wien. Dans la zone de longueur ℓ , règnent simultanément un champ électrique $\vec{E}$ et un champ magnétique $\vec{B}$.

Les particules sont des ions isotopes ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ préalablement accélérés sous une tension U_0 dans un champ électrique uniforme $\vec{E}_0$ convenablement choisi. Ils pénètrent en O avec les vitesses $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_2$ de même direction (OS).

Le poids d'un ion est négligeable devant les autres forces.

1. Établis l'expression de la vitesse :

1.1 v_1 d'un ion ${}^6\text{Li}^+$ à son passage en O ;

1.2 v_2 d'un ion ${}^7\text{Li}^+$ à son passage en O.

2. Représente les forces agissant sur un ion.

3. Établis la relation entre E, B et la vitesse v_1 des ions ${}^6\text{Li}^+$ sachant qu'ils sont recueillis en S sans être déviés.

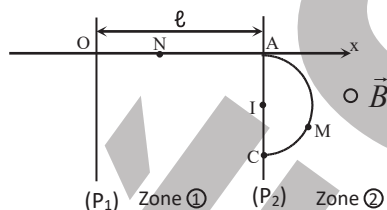
4. Explique dans quel sens modifier :

4.1 la valeur de $\vec{B}$, sans changer celle de $\vec{E}$, pour recueillir les ions ${}^7\text{Li}^+$ au point S.

4.2 la valeur de $\vec{E}$ (donc U), sans changer celle de $\vec{B}$, pour recueillir les ions ${}^7\text{Li}^+$ au point S.

1. Représente qualitativement :
 - 1.1 au point N, le champ électrique $\vec{E}$ et la force électrique $\vec{F}_e$ s'exerçant sur le proton ;
 - 1.2 au point M, la force magnétique $\vec{F}_m$ et le vecteur champ magnétique $\vec{B}$.
2. Montre que :
 - 2.1 la valeur de la vitesse du proton au point A est $v_A = 3,71 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$;
 - 2.2 l'énergie cinétique du proton est constante dans la zone ② ;
 - 2.3 le mouvement du proton est circulaire et uniforme.
3. Détermine la distance AC.

5 Lors d'une séance de travaux dirigés, votre professeur vous demande d'étudier le mouvement d'un proton dans un dispositif comportant deux zones notées ① et ② (voir figure).



La zone ① est délimitée par deux plaques verticales et parallèles (P_1) et (P_2) distantes d'une longueur ℓ .

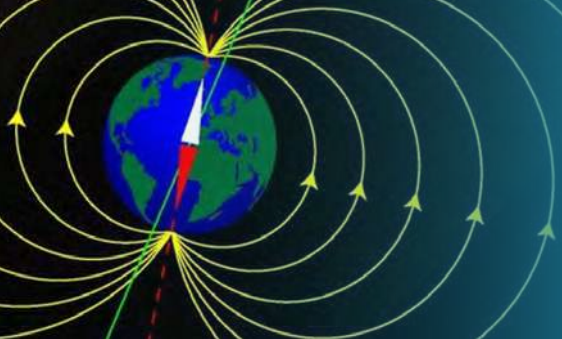
La zone ② s'étend au-delà de la plaque (P_2). Il y règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

Une différence de potentiel $V_{P_1} - V_{P_2} = U$ est appliquée entre les deux plaques.

Le proton de masse m_p part du point O sans vitesse initiale et arrive au point A avec un vecteur vitesse $\vec{v}_A$.

Au-delà de la plaque (P_2), le proton entre dans la zone ② où il est soumis au champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal à $\vec{v}_A$.

Données : $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $U = 720 \text{ V}$; $B = 0,6 \text{ T}$.



Leçon 3

Loi de Laplace

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Énoncer	la loi de Laplace.
Déterminer	les caractéristiques de la force de Laplace.
Représenter	la force de Laplace.
Utiliser	la loi de Laplace.
Analyser	quelques applications de la loi de Laplace : – balance de Cotton ; – roue de Barlow.
Expliquer	le fonctionnement d'un haut-parleur.

Situation d'apprentissage

Un élève de la classe de Terminale au Lycée Municipal Ouragahio découvre dans une revue scientifique le principe de fonctionnement du moteur à courant continu. Ce principe est le suivant : une roue constituée de rayons rigides en cuivre, mobile autour d'un axe fixe, placée dans un champ magnétique uniforme et traversée par un courant continu subit une force, appelée force de Laplace, qui la fait tourner à une vitesse donnée. L'élève partage cette information avec ses camarades de classe. Afin de mieux s'approprier cette force, la classe s'organise pour déterminer ses caractéristiques, la représenter et analyser quelques unes de ses applications.



Résumé du cours

1 La force de Laplace

La force de Laplace $\vec{F}$ est une force magnétique qui agit sur un conducteur de longueur ℓ parcouru par un courant électrique d'intensité I et placé dans un champ magnétique $\vec{B}$.

2 Son expression est : $\vec{F} = I \cdot \vec{\ell} \wedge \vec{B}$

3 Ses caractéristiques

- Le point d'application : le milieu de l'élément conducteur plongé dans le champ magnétique ;
- La direction de $\vec{F}$ est perpendiculaire au plan contenant les vecteurs $\vec{\ell}$ et $\vec{B}$;
- Le sens de $\vec{F}$ est tel que le trièdre $(\vec{\ell}, \vec{B}, \vec{F})$ est direct ;
- L'intensité de $\vec{F}$ est $F = I \cdot \ell \cdot B \cdot |\sin(\widehat{\vec{\ell}, \vec{B}})|$.

Activités d'application

1. Énonce la Loi de Laplace.

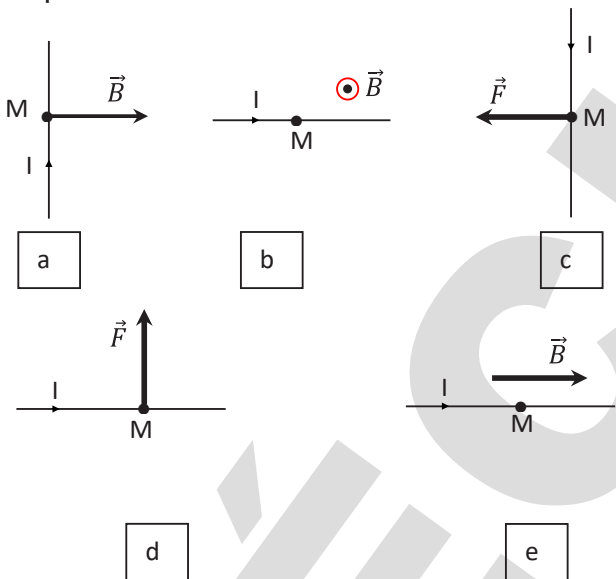
.....

.....

.....

.....

Représente dans chacun des cas suivants, la force de Laplace $\vec{F}$ ou le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ au point M.



1. La force magnétique s'exerçant sur la tige est nulle si :

2. La force magnétique s'exerçant sur la tige s'applique:

3. La force magnétique s'exerçant sur la tige AB est une force :

4. Le sens de la force magnétique s'exerçant sur la tige AB dépend :

- a) du sens du courant et du sens de $\vec{B}$;
- b) du sens du courant et de l'angle $\alpha = (\widehat{AB}, \vec{B})$;
- c) du sens de $\vec{B}$ uniquement.

Pour chacune des propositions ci-dessus, entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

4 Un conducteur rectiligne de longueur $\ell = 10 \text{ cm}$, parcouru par un courant continu d'intensité $I = 4 \text{ A}$ est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de valeur $B = 0,4 \text{ T}$. L'angle $\alpha = (\vec{\ell}, \vec{B}) = 70^\circ$.

1. Fais un schéma simplifié du conducteur I, du vecteur champ $\vec{B}$ et de la force magnétique $\vec{F}$.

2. Calcule la valeur de $\vec{F}$.

Activités d'application

5 Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots suivants :

Laplace ; l'aimant ; éléments ; la membrane ; son ; la bobine ; vibrer ; bobine ; membrane.

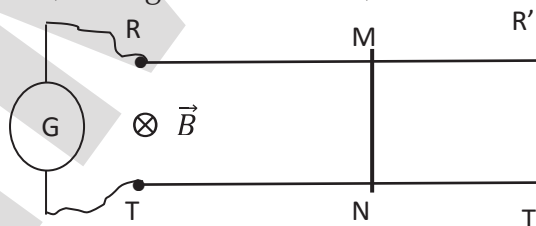
Un haut-parleur est un dispositif électronique incontournable aujourd'hui en communication. Il est constitué essentiellement de trois que sont et La bobine, solidaire de la membrane peut coulisser sur le pôle Nord de l'aimant. La , parcourue par un courant alternatif de fréquence N est soumise à des forces de dont le sens varie sans cesse avec celui du courant. La solidaire de la bobine, effectue des oscillations de même fréquence que le courant alternatif. Elle fait donc l'air qui l'entoure et on perçoit un de fréquence N .

6 Un conducteur rectiligne, de longueur ℓ , parcouru par un courant électrique d'intensité I , est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

Calcule la valeur de la force de Laplace $\vec{F}$ qui s'exerce sur ce conducteur dans les cas suivants :

1. $\ell = 5 \text{ cm}$; $I = 1,2 \text{ A}$; $B = 5 \text{ mT}$; $\vec{\ell} \perp \vec{B}$.
2. $\ell = 3 \text{ cm}$; $I = 0 \text{ A}$; $B = 0,3 \text{ T}$; $\vec{\ell} \perp \vec{B}$.
3. $\ell = 1,5 \text{ cm}$; $I = 0,2 \text{ A}$; $B = 0,35 \text{ T}$; $(\vec{\ell}, \vec{B}) = 30^\circ$.
4. $\ell = 4 \text{ cm}$; $I = 3 \text{ A}$; $B = 0 \text{ T}$; $\vec{\ell} \perp \vec{B}$.

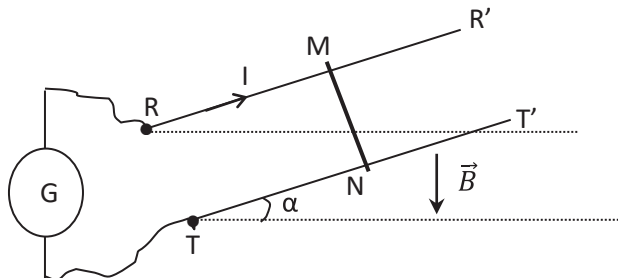
7 Les deux rails de cuivre RR' et TT' , schématisés ci-dessous, sont parallèles et horizontaux. Une tige MN en cuivre de masse $m = 10 \text{ g}$ et de longueur $\ell = 15 \text{ cm}$ peut se déplacer sans frottement le long de ces rails. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, vertical, de valeur $B = 20 \text{ mT}$. Le générateur G de tension continue délivre un courant d'intensité $I = 5 \text{ A}$. (Voir figure ci-dessous).



1. Indique le sens du courant pour que la tige MN se déplace vers $R'T'$.
2. Détermine les caractéristiques de la force magnétique qui s'exerce sur la tige MN .

Activités d'application

8 Une tige MN en cuivre de masse $m = 10 \text{ g}$ et de longueur $\ell = 15 \text{ cm}$ peut se déplacer sans frottement le long de deux rails (Voir figure). L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ vertical, de valeur $B = 20 \text{ mT}$. Le générateur G de tension continue délivre un courant d'intensité $I = 5 \text{ A}$.



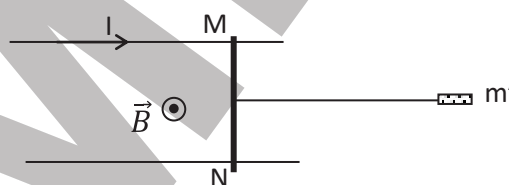
Figure

1. Représente les forces qui s'exercent sur la tige MN.
2. Détermine l'angle d'inclinaison α des rails par rapport à l'horizontale pour obtenir l'équilibre de la tige MN (Voir figure). Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

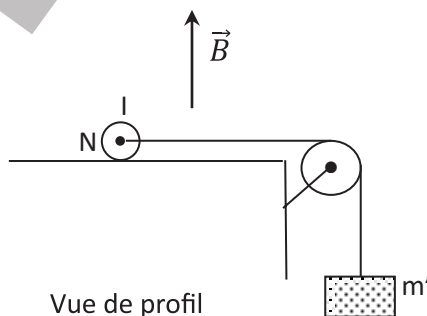
9 Sur le dispositif de la figure ci-dessous les rails et la tige MN sont dans le plan horizontal et le champ magnétique $\vec{B}$ est vertical. À l'aide d'un contrepoids de masse m' , on maintient la tige MN en équilibre. Les frottements au niveau de la poulie sont négligeables.

Détermine la valeur de la masse m' .

Données : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; masse de la tige MN : $m = 10 \text{ g}$; longueur de la tige MN : $\ell = 15 \text{ cm}$; valeur du champ magnétique uniforme : $B = 20 \text{ mT}$; intensité du courant : $I = 5 \text{ A}$.



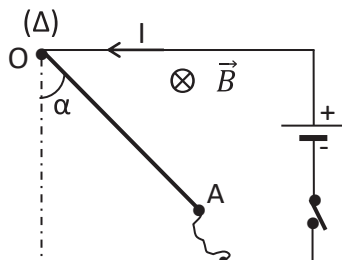
Vue de dessus



Vue de profil

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur demande à ton groupe de déterminer l'intensité I du courant qui traverse un conducteur placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Le dispositif utilisé est schématisé ci-dessous.



Données :

$m = 20 \text{ g}$; $\ell = 10 \text{ cm}$; $B = 0,5 \text{ T}$;
 $\alpha = 30^\circ$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Le conducteur rectiligne OA, homogène, de masse m et de longueur ℓ est susceptible de tourner dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité O. L'autre extrémité est reliée à un fil conducteur souple qui permet de maintenir le contact électrique avec un générateur de tension continu. Le champ magnétique est horizontal et orthogonal au plan de la figure.

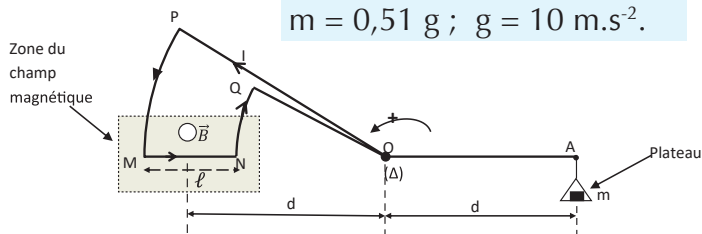
Tu es le rapporteur du groupe.

1. Décris ce que tu observes lorsque le circuit est ouvert.
2. Représente sur un schéma les forces agissant sur le conducteur lorsque le circuit est fermé.
3. Écris la condition d'équilibre du conducteur susceptible de tourner autour de l'axe (Δ) horizontal passant par son extrémité O.
4. Détermine la valeur de l'intensité I du courant qui traverse le conducteur.

2 Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur de Physique-Chimie demande à ton groupe de mesurer l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$ uniforme à l'intérieur d'un aimant en U à l'aide du dispositif schématisé ci-dessous appelé « balance de Cotton ». Un courant électrique d'intensité I parcourt la partie rigide OPMNQ du circuit. Le circuit électrique extérieur alimentant le cadre n'est pas représenté. Les brins PM et NQ sont des arcs de cercle de centre O. Le brin MN est horizontal lorsque la balance est en équilibre ; il plonge entièrement dans le champ magnétique uniforme $\vec{B}$ à mesurer qui est perpendiculaire au plan de la figure. Une masse marquée m est nécessaire dans le plateau du fléau pour équilibrer la balance lorsque le courant d'intensité I est établi.

Données :

$MN = \ell = 2 \text{ cm}$; $I = 10 \text{ A}$;
 $m = 0,51 \text{ g}$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.



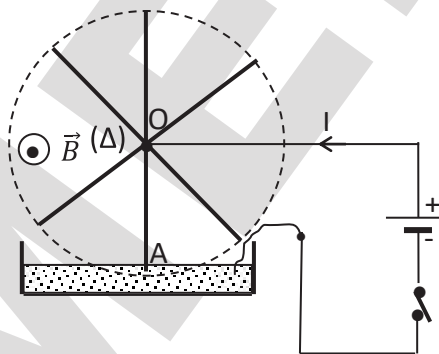
1. Précise le sens de $\vec{B}$ pour que la balance dévie vers la gauche lorsqu'on ferme le circuit.

Situations d'évaluation

- Représente les forces qui s'exercent sur l'ensemble du système (fléau + plateau + masse).
- Montre, en utilisant la condition d'équilibre de la balance autour de l'axe (Δ), que pour une valeur de l donnée, la masse à placer dans le plateau est proportionnelle à B .
- Déduis-en la valeur du champ magnétique $\vec{B}$.

mercure qui permet de maintenir le contact électrique avec un générateur de tension continue. La longueur de la partie de la tige située dans le mercure est négligeable.

La roue tourne à la vitesse angulaire $\omega = 60$ tours par minute.



Données : $R = OA = 20 \text{ cm}$; $m = 2 \text{ g}$; $I = 5 \text{ A}$; $B = 0,5 \text{ T}$.

Tu es le membre du club chargé de la présentation.

- Représente la force magnétique qui s'exerce sur le rayon vertical.
- Détermine :
 - la valeur de la force magnétique ;
 - le moment de la force magnétique.
- Explique la continuité du mouvement de rotation de la roue.
- Détermine la puissance mécanique du moteur ainsi réalisé.

3 Au concours annuel des clubs de physique de ta région, le club de ton établissement choisit de montrer au jury le principe de fonctionnement du moteur à courant continu. Le dispositif utilisé est une roue mobile autour d'un axe horizontal (Δ), constituée de rayons rigides en cuivre régulièrement repartis (voir figure). La longueur d'un rayon est R et sa masse est m . Le dispositif est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ horizontal et orthogonal au plan de la figure. Les frottements sont négligés.

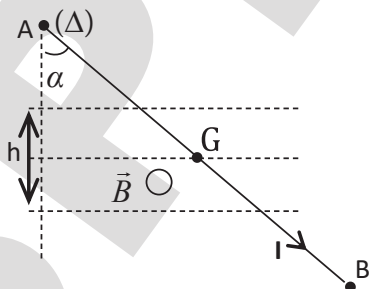
Le rayon vertical OA plonge dans un bac de

- Établis l'expression de l'intensité F de la force qui s'exerce en G sur le fil.
- Écris la relation qui lie les moments des forces à l'équilibre du conducteur.
- Détermine la valeur de l'intensité I du courant.

4 Votre professeur vous présente le schéma du dispositif ci-dessous en vue de déterminer l'intensité du courant dans le fil AB.

AB est un fil de cuivre de longueur ℓ , de masse m dont une portion est plongée dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

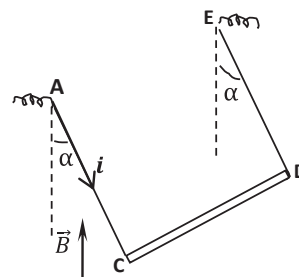
Ce fil est libre de pivoter autour d'un axe horizontal (Δ) passant par le point A. Parcouru par un courant continu d'intensité I , il s'écarte d'un angle α par rapport à la verticale passant par le point A et s'immobilise (voir figure).



Données : $m = 20 \text{ g}$; $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$; $\alpha = 30^\circ$; $h = 5 \text{ cm}$; $B = 0,5 \text{ T}$.

- Représente, sur un schéma, les forces agissant sur ce fil AB.

5 Au cours d'une séance de travaux dirigés, ton Professeur de Physique Chimie vous présente le dispositif schématisé ci-dessous.



La barre cylindrique CD utilisée, de masse m , est suspendue horizontalement par deux fils conducteurs verticaux AC et ED, de même longueur et de masse négligeable.

Situations d'évaluation

La barre est plongée dans un champ magnétique $\vec{B}$, uniforme, vertical créé par l'aimant en U de largeur ℓ .

Le professeur fait passer un courant électrique d'intensité I constant de A vers E.

À l'équilibre de la barre, les fils AC et ED sont inclinés du même angle α par rapport à la verticale.

Il te demande de déterminer l'intensité I du courant qui permet d'avoir cette inclinaison.

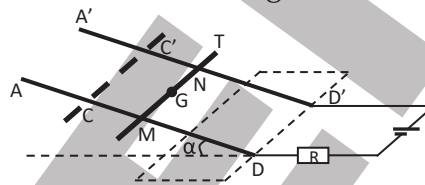
Données : $\alpha = 10^\circ$; $\ell = 5 \text{ cm}$; $B = 0,2 \text{ T}$,
 $m = 7 \text{ g}$ et $g = 10 \text{ N/kg}$

1. Donne l'expression de la force de Laplace.
2. Représente les forces appliquées à la barre CD.
3. Détermine :
 - 3.1 la valeur des tensions $\vec{T}_1$ et $\vec{T}_2$ des fils AC et ED ;
 - 3.2 l'intensité I du courant électrique.

6 Dans la salle expérimentale de ton lycée, ton Professeur de Physique-Chimie réalise l'expérience ci-après représentée avec deux rails parallèles AD et A'D' reliés à un générateur, distants de d et inclinés d'un angle α avec le plan horizontal. Il ferme le circuit par une tige T

perpendiculaire aux rails, de masse m , pouvant glisser sans frottement le long des rails.

Le circuit est alors parcouru par un courant continu d'intensité I (voir figure).



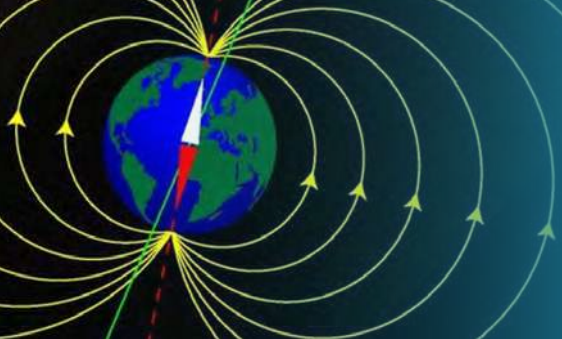
Le plan des rails est soumis à un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ vertical.

Données : $d = 12 \text{ cm}$; $\alpha = 8^\circ$; $m = 32 \text{ g}$; $l = 2A$.
 $g = 10 \text{ m.s}^{-1}$; $CD = 15 \text{ cm}$.

Il te demande de déterminer la vitesse de la tige T aux extrémités des rails.

1. Représente lorsque la tige est en équilibre :
 - 1.1 les forces qui s'exercent sur elle ;
 - 1.2 le vecteur champ magnétique $\vec{B}$.
2. Indique la nature du mouvement du centre d'inertie G de la tige.
3. Détermine la vitesse de la tige lorsqu'elle arrive à la position DD'.

[illegible]



Leçon 4

Induction électromagnétique

Tableau des habiletés et des contenus

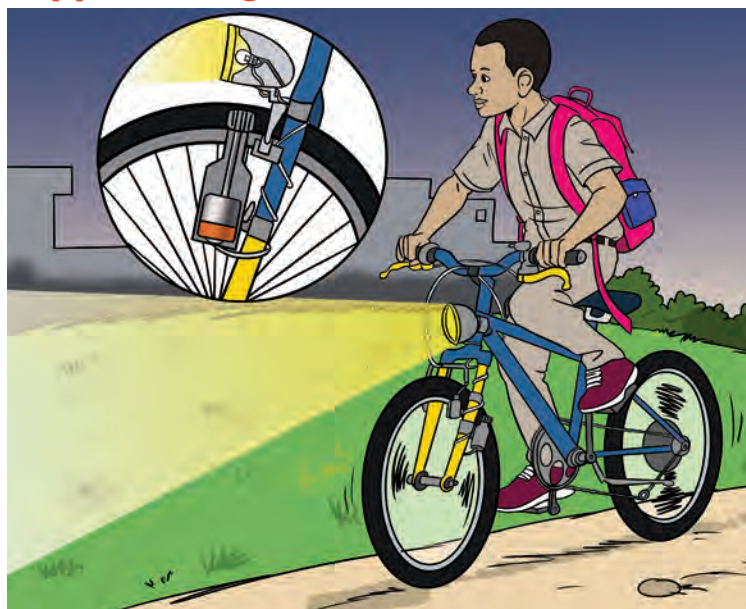
HABILETÉS	CONTENUS
Définir	le flux magnétique.
Connaître	- l'expression du flux magnétique. - l'unité légale de flux magnétique.
Expliquer	le phénomène d'induction électromagnétique.
Connaître	les lois de l'induction électromagnétique : - loi de Lenz ; - loi de Faraday-Lenz.
Déterminer	- le sens du courant induit en utilisant : - la loi de Lenz ; - la loi de Faraday-Lenz. - la f.é.m. induite dans un circuit.
Appliquer	la loi de Lenz à un circuit soumis à une variation de flux magnétique.
Expliquer	le principe de fonctionnement de quelques appareils à partir de la loi de Faraday -Lenz : - transformateurs ; - courant de Foucault ; - microphone électrodynamique.
Expliquer	le principe de production de l'électricité par les alternateurs dans les centrales électriques.

Situation d'apprentissage

Ton camarade de classe utilise souvent le phare de sa bicyclette lorsqu'il revient de l'école les soirs.

Il sait que c'est le contact de l'alternateur avec la roue qui permet d'allumer le phare, mais ne comprend pas son principe de fonctionnement. Il pose sa préoccupation à toute la classe.

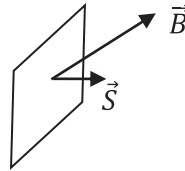
Sous la conduite du professeur, la classe décide de comprendre le phénomène à la base de l'allumage du phare, de connaître les lois y afférentes et d'appliquer la loi de Lenz à un circuit soumis à une variation de flux magnétique.



1 Le flux magnétique

- $\Phi = N \cdot \vec{B} \cdot \vec{S}$ est le flux du champ magnétique $\vec{B}$ à travers un circuit de surface orientée $\vec{S}$, comportant N spires.

Il caractérise la répartition de l'intensité d'un champ magnétique à travers ce circuit.



- Le flux magnétique est exprimé en weber (Wb).

2 Les lois de l'induction électromagnétique

- Loi de Lenz : le phénomène d'induction magnétique est tel que par ses effets électromagnétiques, il s'oppose à la cause qui lui donne naissance.
- Loi de Faraday-Lenz : la force électromotrice d'induction est égale à l'opposé de la dérivée par rapport au temps du flux magnétique inducteur. $e = -\frac{d\Phi}{dt}$

3 Utilisation des lois de l'induction électromagnétique

- La loi de Lenz est utilisée pour déterminer le sens du courant induit.
- La loi de Faraday-Lenz est utilisée pour déterminer la force électromotrice d'induction.

Activités d'application

1

1. Définis le flux d'un champ magnétique à travers une surface.
2. Donne l'unité légale de flux magnétique.

.....

.....

.....

.....

.....

2 Écris l'expression du flux d'un champ magnétique $\vec{B}$ à travers :

1. une spire de surface S ;
2. une bobine de surface S , comportant N spires.

.....

.....

.....

.....

.....

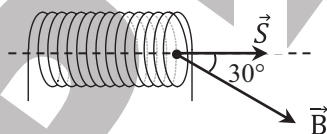
.....

.....

.....

.....

3 Calcule le flux magnétique du champ $\vec{B}$ de valeur $B = 0,5 \text{ T}$, à travers la surface d'une bobine comportant une couche de nombre de spires $N = 50$, de diamètre $d = 8 \text{ cm}$, schématisée ci-dessous.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

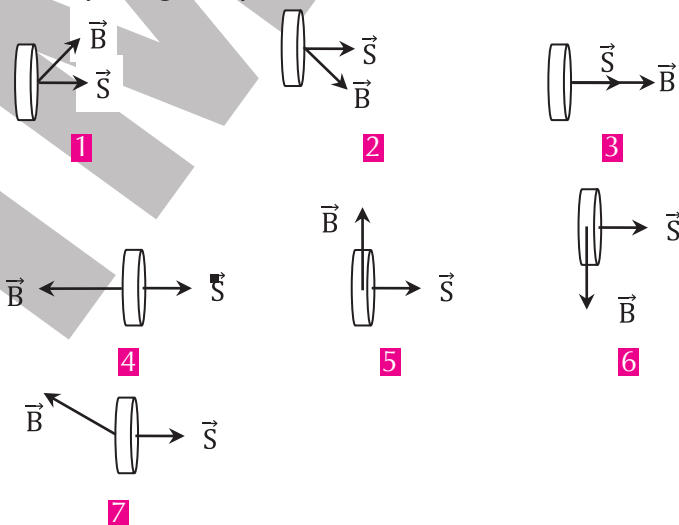
4 Le flux magnétique exprime l'intensité du champ magnétique à travers une surface.

Il est maximal lorsque le vecteur champ magnétique et le vecteur surface :

1. sont colinéaires et de même sens ;
2. sont colinéaires et de sens opposés ;
3. sont perpendiculaires ;
4. forment un angle de 45° .

Entoure le numéro qui correspond à la bonne réponse.

5 Une bobine de surface S est plongée dans un champ magnétique $\vec{B}$.



Classe par leur numéro, les différents cas dans le tableau suivant.

Flux magnétique maximal	Flux magnétique minimal	Flux magnétique nul	Autres

6 Explique le phénomène d'induction électromagnétique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

7 Énonce :

1. la loi de Lenz.
2. la loi de Faraday-Lenz.

.....

.....

.....

.....

.....

8 Toute variation du flux magnétique à travers un circuit induit, crée une f.é.m.

1. Lorsque le flux magnétique diminue, la f.é.m. :
 - a) a une valeur négative ;
 - b) a une valeur nulle ;
 - c) a une valeur positive ;
 - d) a une valeur décroissante.
2. Lorsque le flux magnétique augmente, la f.é.m. :
 - a) a une valeur négative ;
 - b) a une valeur nulle ;
 - c) a une valeur positive ;
 - d) a une valeur croissante.
3. Lorsque le flux magnétique passe de 0 à 0,5 Wb en 1 s, la f.é.m. a pour valeur :
 - a) 0,5 V ;
 - b) 0 V ;
 - c) - 0,5 V ;
 - d) - 1 V.
4. Lorsque le flux magnétique passe de 0,5 Wb à 0 en 1 s, la f.é.m. a pour valeur :
 - a) 0 V ;
 - b) 0,5 V ;
 - c) - 0,5 V ;
 - d) - 1 V.

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

9 Ordonne les mots et groupes de mots ci-dessous de sorte à constituer une phrase ayant un sens.

1. du courant induit / Le sens / il s'oppose à la cause / par ses effets électromagnétiques, / qui lui donne naissance. / est tel que
2. dans ce circuit. / dans un circuit / du flux du champ magnétique / La f.é.m. induite créée / à l'opposée de la variation / est égale

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10 Voici des propositions :

Le flux magnétique à travers la section d'un circuit dépend du vecteur champ magnétique et du vecteur surface de la section.

1. La f.é.m. induite et le courant induit sont de même signe. ☐
2. Le flux magnétique d'un champ $\vec{B}$ à travers une surface est maximal quand le vecteur champ magnétique et le vecteur surface ont la même direction et le même sens. ☐
3. La loi de Lenz permet de déterminer la f.é.m. induite. ☐
4. La loi de Faraday-Lenz permet de déterminer la f.é.m. induite. ☐

Écris en face de chacune d'elle la lettre V si elle est vraie, ou la lettre F si elle est fausse.

11 Complète le texte ci-dessous avec les mots et expressions suivants :

d'induction électromagnétique ; la surface d'un conducteur ; Lenz ; la variation du flux ; du courant induit ; un courant induit ; Faraday-Lenz

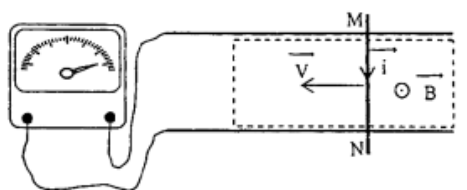
Le mouvement d'un alternateur de bicyclette permet d'allumer le phare de celle-ci.

C'est qui circule

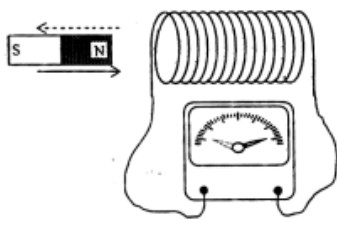
Activités d'application

dans ces conditions, lui-même engendré par Ce phénomène est connu sous le nom Il résulte de la variation du flux d'un champ magnétique à travers Le sens est tel que par ses effets électromagnétiques, il s'oppose à la cause qui lui donne naissance : c'est la loi de Quant à la loi de , elle permet de déterminer la f.é.m. créée par le phénomène.

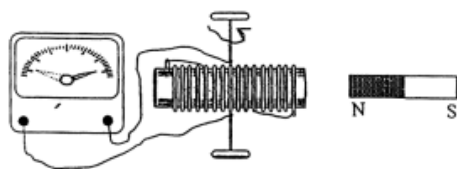
12 Observe les schémas des dispositifs ci-dessous.



1



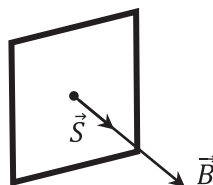
2



3

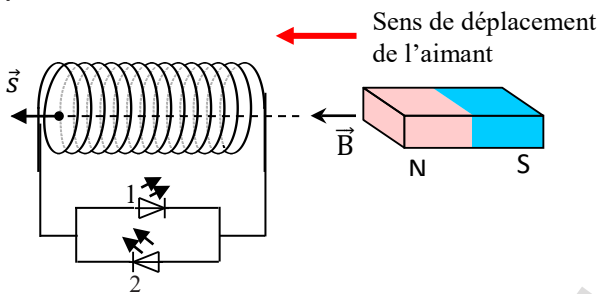
Cite, dans chaque cas, la grandeur dont la variation est à l'origine de la naissance du courant induit.

13 Détermine la f.é.m. induite dans le cadre rectangulaire ci-dessous de section $S = 2.10^{-2} \text{ m}^2$, lorsque le champ magnétique passe de la valeur $B = 0,1 \text{ T}$ à la valeur $B = 0,6 \text{ T}$ pendant 2 s .

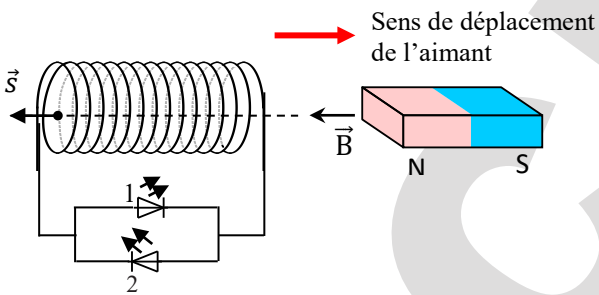


Situations d'évaluation

1 Ton petit frère élève dans un centre de formation professionnelle, option électricité, vient de suivre la leçon sur la production de courant alternatif. Mais il ne comprend pas par quel principe le courant peut être produit aussi simplement à l'aide d'une bobine et d'un aimant. Il te sollicite pour lui expliquer le phénomène à partir des expériences représentées par les schémas suivants que le professeur leur a proposés.



Cas a) : Seule la DEL 2 s'allume.



Cas b) : Seule la DEL 1 s'allume.

$\vec{B}$ est le champ magnétique créé par l'aimant sur l'axe de la bobine. $\vec{S}$ est le vecteur surface de la bobine.

1. Indique dans chaque cas a) et b) de l'expérience :
 - 1.1 comment varie le flux du champ magnétique de l'aimant à travers la bobine ;
 - 1.2 le sens du courant électrique dans la bobine.
2. Donne :
 - 2.1 le nom du phénomène observé à travers la création de courant électrique ;
 - 2.2 la cause de ce phénomène.
3. Compare les sens du champ magnétique induit $\vec{B}_i$ créé dans la bobine et celui de la variation $\Delta \vec{B}$ du champ magnétique de l'aimant dans les cas a) et b).

4. Dégage la loi qui découle de la comparaison précédente.

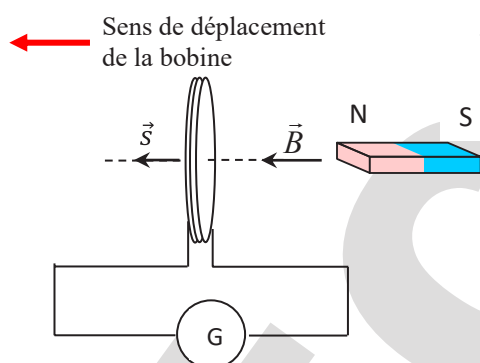
Situations d'évaluation

2 Ton petit frère sait que le déplacement d'un aimant devant une bobine engendre le phénomène d'induction électromagnétique. Mais il se demande si le déplacement d'une bobine devant un aimant donne le même résultat. En outre, il envisage de déterminer la tension à l'origine du courant induit créé.

Aide-le en exploitant l'expérience schématisée ci-dessous.

$\vec{B}$ est le champ magnétique créé par l'aimant sur l'axe de la bobine. $\vec{S}$ est le vecteur surface de la bobine. G est un galvanomètre.

La bobine a pour nombre de spires $N = 500$, pour rayon $R = 5 \text{ cm}$ et pour résistance $r = 10 \Omega$. Son déplacement régulier fait varier le champ magnétique créé en son centre par l'aimant de $0,5 \text{ T}$ à $0,1 \text{ T}$ pendant une durée $\Delta t = 1 \text{ s}$.



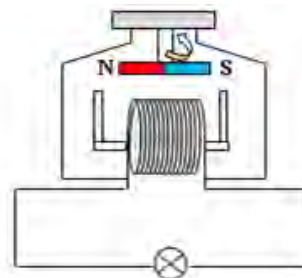
1. Énonce la loi de Lenz.
2. Trouve le sens du courant électrique dans le circuit.
3. Détermine la f.é.m. induite créée dans la bobine.
4. Déduis-en l'intensité du courant électrique dans le circuit.

3 Ton voisin de classe allume très souvent le phare de sa bicyclette lorsqu'il revient de l'école les soirs.

Il sait que c'est le contact de l'alternateur avec la roue qui permet d'allumer le phare, mais il veut comprendre davantage son principe de fonctionnement. Il te demande de le lui expliquer.

Tu disposes du schéma ci-dessous.

Données : L'aimant tourne à la vitesse de 150 tr/min , à proximité de la bobine de nombre de spires $N = 150$ et de rayon $R = 4 \text{ cm}$. Il induit la bobine avec le champ magnétique de valeur supposée constante $B = 0,5 \text{ T}$.

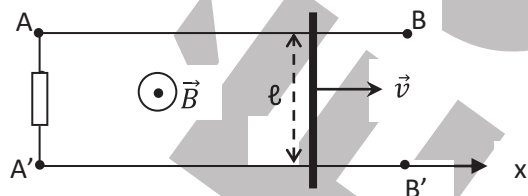


1. Représente le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ de l'aimant et le vecteur surface $\vec{S}$ de la bobine, tous deux orientés dans le même sens.
2. Explique à l'aide du schéma, le phénomène permettant d'allumer le phare.

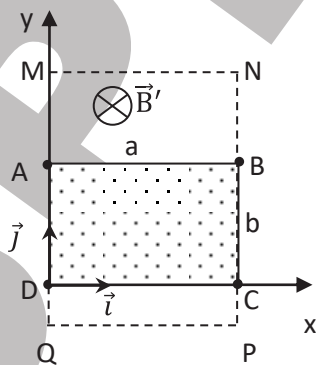
Situations d'évaluation

3. Exprime le flux du champ magnétique de l'aimant à travers la section de la bobine en fonction de B , N , R et de l'angle α entre le vecteur surface $\vec{S}$ de la bobine et le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ de l'aimant en rotation.
4. Dédus-en l'expression de la f.é.m. induite créée dans la bobine.

4 Des élèves de ta classe ont été désignés pour concevoir les deux dispositifs ci-dessous afin d'illustrer le phénomène de l'induction électromagnétique.



Dispositif 1



Dispositif 2

Le dispositif 1 est constitué de deux rails distants de $\ell = 15 \text{ cm}$, placés dans un champ magnétique

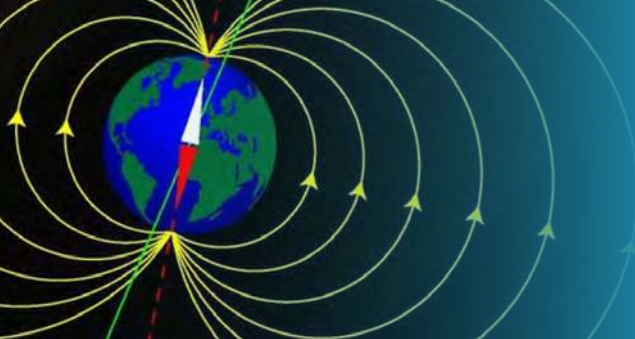
uniforme $\vec{B}$ de valeur $B = 0,5 \text{ T}$. Une tige de cuivre se déplace à vitesse constante $v = 2 \text{ m.s}^{-1}$ sur les rails à partir du segment AA' à la date $t = 0$ suivant l'axe (A', x) .

La tige de cuivre et les rails ont une résistance négligeable $R = 0,5 \, \Omega$.

Le dispositif 2 est constitué d'un cadre de cuivre rectangulaire ABCD de longueur $a = 15 \text{ cm}$, de largeur $b = 10 \text{ cm}$ et de résistance $R' = 0,6 \Omega$, qui se déplace dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}'$ de valeur $B' = 0,4 \text{ T}$, à vitesse constante $v' = 3 \text{ m.s}^{-1}$. $\vec{B}'$ couvre la partie MNPQ de l'espace. À la date $t = 0$, le point D coïncide avec l'origine du repère d'espace $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

Tes camarades te sollicitent pour les aider à exploiter le phénomène résultant de ces dispositifs.

1. Indique le sens du courant induit produit dans chaque dispositif.
2. Exprime le flux du champ magnétique lors du déplacement :
 - 2.1 de la tige de cuivre dans le dispositif 1 en fonction de ℓ , B , v et de la date t ;
 - 2.2 du cadre de cuivre dans le dispositif 2 en fonction de a , b , B' , v' et de la date t .
3. Détermine la f.é.m. dans les deux dispositifs.
4. Dédus-en la valeur de l'intensité du courant dans les deux dispositifs.



Leçon 5

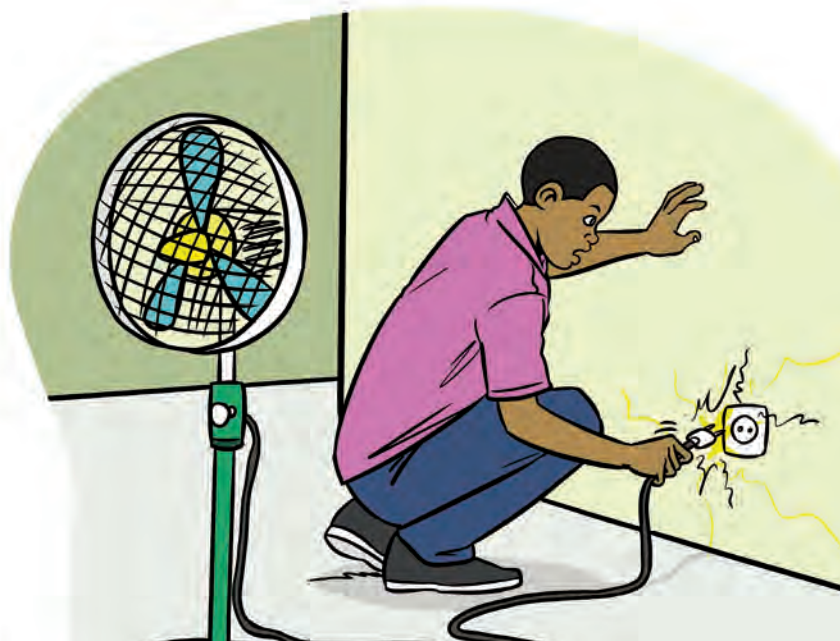
Auto-induction

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	le flux propre.
Connaître	l'expression du flux propre $\phi_p = Li$.
Expliquer	le phénomène d'auto-induction.
Connaître	la loi de l'auto-induction.
Déterminer	l'inductance L d'un solénoïde.
Connaître	- l'expression de l'inductance L d'un solénoïde. - l'unité d'inductance.
Connaître	l'expression de : - la tension aux bornes d'une bobine ; - l'énergie magnétique emmagasinée dans une bobine.
Déterminer	- la force électromotrice d'auto-induction. - la tension aux bornes d'une bobine. - l'énergie électromagnétique emmagasinée dans une bobine.
Appliquer	la loi de l'auto-induction.

Situation d'apprentissage

Au cours d'une réception, Ako un élève en Terminale D au lycée Nanan Kouakou Kouao de Niablé voulant débrancher le ventilateur qui servait à rafraîchir la «sono», observe des étincelles. Très intrigué, il s'informe auprès d'un invité qui lui dit brièvement que le phénomène responsable de ces étincelles est appelé auto-induction. Il lui conseille d'en parler à son professeur de physique chimie, s'il veut en savoir davantage. En classe, il informe ses amis et ensemble avec l'aide du professeur, ils entreprennent d'expliquer le phénomène d'auto-induction, de connaître la loi de l'auto-induction, de déterminer la force électromotrice d'auto-induction et l'énergie électromagnétique emmagasinée dans une bobine



1 Auto-Induction

- Une bobine, traversée par un courant électrique d'intensité i , crée dans tout l'espace environnant un champ magnétique.
- La variation de l'intensité du courant dans une bobine provoque la variation du flux propre du champ magnétique avec apparition d'une force électromotrice auto-induite : c'est le phénomène d'auto-induction.
- Le phénomène d'auto-induction est tel qu'il s'oppose, par ses effets à la cause qui lui donne naissance.
- L'auto-induction se manifeste qu'en régime variable.

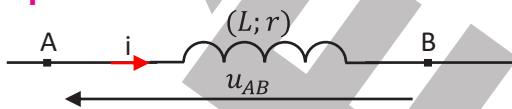
2 Inductance

- Le flux propre ϕ_p d'une bobine éloignée de toute substance magnétique et parcourue par un courant d'intensité i est : $\phi_p = Li$.
 L : inductance de la bobine ou coefficient d'auto-induction
 L s'exprime en henry (H) ;
 ϕ_p s'exprime en weber (Wb).
- Expression de l'inductance L d'un solénoïde
 Une bobine de longueur ℓ , de rayon moyen r , comporte N spires a pour inductance :

$$L = \frac{\mu_0 \pi N^2 r^2}{\ell}$$

- Loi de Faraday-Lenz : force électromotrice d'auto-induction
 La force électromotrice d'auto-induction est proportionnelle à l'opposé de la dérivée de l'intensité i du courant électrique par rapport au temps : $e = -L \frac{di}{dt}$.

3 Expression de la tension aux bornes d'une bobine



$$u_{AB} = ri - e \quad ; \quad u_{AB} = ri + L \frac{di}{dt}$$

4 Energie magnétique ϵ_m emmagasinée dans une bobine

L'énergie magnétique ϵ_m emmagasinée dans une bobine d'inductance L , lorsque l'intensité du courant passe de la valeur 0 à la valeur i est : $\epsilon_m = \frac{1}{2} Li^2$.

Activités d'application

1

1. Définis le flux propre.
2. Donne son expression.

.....

.....

.....

.....

2 Réarrange les mots et groupes de mots ci-dessous de sorte à obtenir une affirmation correcte en rapport avec l'auto induction :

1. d'auto induction / de l'intensité du courant, / dans les circuits, / phénomène / L'apparition / la variation / d'une f.é.m. / par suite de/ constitue le
2. qui lui donne/ induite / à la cause / tend par ses effets / naissance. / à s'opposer / La f.é.m

.....

.....

.....

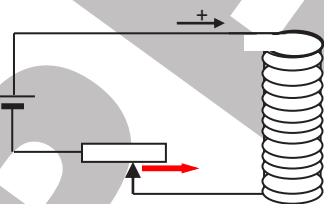
.....

.....

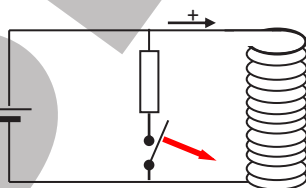
.....

.....

3 Tu réalises les circuits électriques a et b suivants :



Circuit a) : Variation de l'intensité i .



Circuit b) : Ouverture du circuit.

Tu effectues les opérations indiquées en rouge. Indique le signe de la force électromotrice d'auto-induction dans chaque circuit.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4 Un solénoïde d'inductance L de longueur $\ell = 50 \text{ cm}$, de section $S = 100 \text{ mm}^2$, comportant $N = 500$ spires, est parcouru par un courant d'intensité $I = 2,5 \text{ A}$.

Tu fais décroître l'intensité du courant d'une manière régulière, jusqu'à $1,5 \text{ A}$ en 10 ms .

1. L'expression de l'inductance L du solénoïde est :

a) $L = \frac{\mu_0 N S^2}{\ell}$;

b) $L = \frac{\mu_0 \ell S^2}{N}$;

c) $L = \frac{\mu_0 N^2 S}{\ell}$

2. La valeur de l'inductance L du solénoïde est :

a) $L = 0,063 \text{ H}$;

b) $L = 0,63 \text{ H}$;

c) $L = 0,0063 \text{ H}$.

3. La valeur de la force électromotrice induite e dans le solénoïde est :

a) 63 V ;

b) $0,63 \text{ V}$;

c) $0,0063 \text{ V}$.

4. L'énergie électromagnétique emmagasinée dans le solénoïde est :

a) $E_m = 20 \text{ J}$;

b) $E_m = 2 \text{ J}$;

c) $E_m = 0,2 \text{ J}$.

Entoure, dans chaque cas, la lettre correspondant à la bonne réponse.

Activités d'application

5 Une bobine d'inductance L et de résistance $R = 6,3 \, \Omega$ est parcourue par un courant variable d'intensité $i = -30t + 3$ (en A).

Détermine la valeur de L pour que la tension aux bornes de la bobine soit nulle à la date $t_1 = 50 \, \text{ms}$.

.....

.....

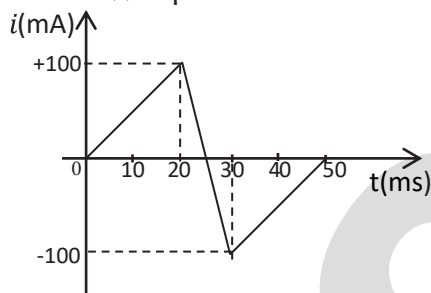
.....

.....

.....

.....

6 Une bobine assimilable à un solénoïde théorique d'inductance $L = 5 \, \text{mH}$ est traversée par un courant $i(t)$ représenté ci-dessous :



1. Exprime i en fonction du temps entre 0 et 50 ms.
2. Trace la représentation graphique de la tension $u = V_M - V_N$ aux bornes de la bobine sachant que le sens positif sur le conducteur va de M vers N et que la résistance de la bobine est négligeable.

Échelle : 1 cm représente 25 mV.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7 Une bobine d'inductance $L = 0,1 \, \text{H}$ est branchée aux bornes d'un générateur de courant continu. On ouvre brusquement le circuit qui alimente la bobine. On observe une étincelle au

niveau de l'interrupteur. Le courant s'annule au bout de $\Delta t = 0,5 \cdot 10^{-2} \, \text{s}$.

1. Donne le nom du phénomène qui est à l'origine de cette étincelle.
2. Donne l'expression de la f.é.m e d'auto-induction créée par la bobine.
3. Calcule e.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8 Une bobine d'inductance $L = 0,15 \, \text{H}$ emmagasine une énergie de $0,4 \, \text{J}$, lorsqu'elle est parcourue par un courant continu.

1. Calcule l'intensité I de ce courant électrique.
2. Détermine la nouvelle valeur de l'énergie emmagasinée si l'intensité du courant est multiplié par 2.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

9 Une bobine d'auto-inductance $L = 0,04 \text{ H}$, de résistance négligeable, est parcourue par un courant d'intensité $i = 0,02\sin(500\pi t)$.

Détermine les expressions en fonction du temps :

1. de la f.é.m. auto-induite e ;
2. de la tension aux bornes de la bobine.

10 Le flux propre à travers une bobine plate de résistance $r = 0,2 \Omega$ est donné en fonction du temps (unités du SI) par $\phi_p = 0,02t$, pour t variant de 0 à 1 s. Ensuite, le flux reste constant.

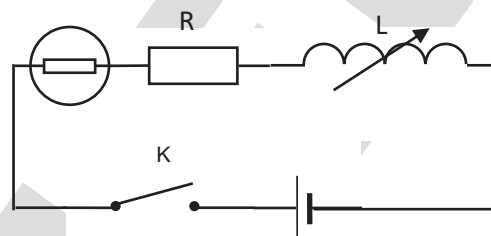
1. Calcule la f.é.m. d'auto-induction aux bornes de cette bobine.
2. Indique sur un schéma l'orientation choisie pour la spire et le sens du courant induit.

11 Un dipôle (RL) est monté en série avec une lampe à incandescence. L'ensemble est alimenté par un générateur de f.é.m $E = 6 \text{ V}$ et de résistance interne négligeable.

À la fermeture de l'interrupteur K, l'éclat de la lampe augmente progressivement pendant un certain temps.

1. Nomme le phénomène observé.
2. Explique ce phénomène.

3. Tu fais varier la valeur de l'inductance L de la bobine. Dans un premier cas L est négligeable. Dans un deuxième cas L a sa valeur maximale. Dis comment la lampe atteint son éclat normal dans chaque cas.



- 12** Une bobine pure a pour inductance $L = 0,8 \text{ H}$. Les variations du courant dans cette bobine sont indiquées dans le figure 1 ci-dessous.

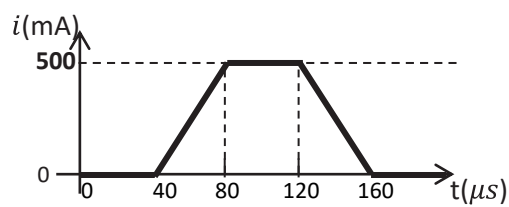
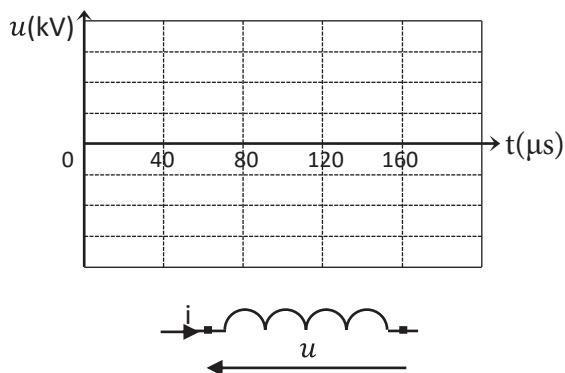


Figure 1

Activités d'application

Figure 2



1. Détermine la valeur de la tension u d'auto-induction :
 - 1.1 entre $40\ \mu s$ et $80\ \mu s$;
 - 1.2 entre $120\ \mu s$ et $160\ \mu s$.
2. Représente les variations de la tension u de 0 à $160\ \mu s$ en complétant le schéma de la figure 2.

13 Une bobine de résistance interne r , de longueur ℓ , de rayon moyen R , comporte N spires. Elle est parcourue par un courant I .

1. Montre que l'expression de l'inductance L de

la bobine est : $L = \frac{\mu_0 \pi N^2 R^2}{\ell}$

2. Calcule L.

Données : $\ell = 11 \text{ cm}$; $R = 6 \text{ cm}$;
 $N = 900$ spires ; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I.}$

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur vous fait réaliser le montage schéma 1. Lors de l'ouverture du circuit vous observez des étincelles. Puis s'établit le régime permanent. Pour éviter les étincelles, le professeur vous conseille de réaliser les circuits représentés aux schémas 2 et 3.

Vous ouvrez brusquement l'interrupteur. Le courant s'annule dans le circuit en un temps très bref de l'ordre de 10 ms. Cette durée permet

d'assimiler $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ et $\frac{di}{dt}$.

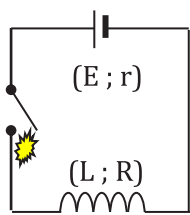


Schéma 1

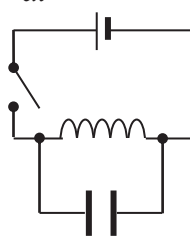


Schéma 2

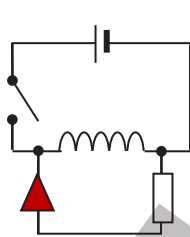


Schéma 3

Données : Pour le générateur : $E = 12 \text{ V}$, $r = 2 \Omega$ et pour la bobine $L = 1 \text{ H}$, $R = 10 \Omega$

Il vous demande d'expliquer fonctionnement de ces circuits.

1. Donne le nom du phénomène observé à l'origine des étincelles.
2. Explique pourquoi on peut observer une étincelle, ou « arc de rupture » à l'ouverture de l'interrupteur.
3. Détermine :
 - 3.1 l'intensité du courant en régime permanent ;
 - 3.2 la f.é.m. d'auto-induction dans la bobine.
4. Explique pourquoi les montages des schémas 2 et 3 permettent d'éviter l'apparition d'un arc de rupture.

2 En vue de représenter la tension aux bornes d'une bobine, tu es désigné(e) pour réaliser le circuit représenté par le schéma de la figure 1. La portion de circuit AB est constituée d'une bobine sans noyau, d'inductance $L = 5,0 \text{ mH}$ et de résistance $r = 2,0 \Omega$.

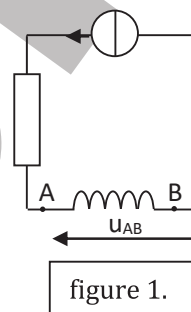


figure 1.

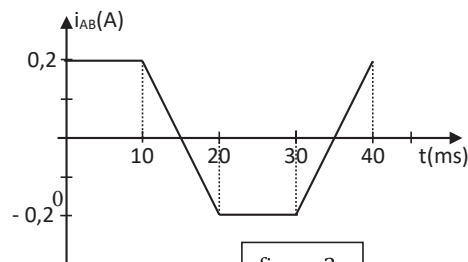


figure 2.

Dans un premier temps, la bobine est parcourue par un courant électrique d'intensité constante $i_{AB} = 0,20 \text{ A}$.

Dans un second temps, la bobine est parcourue par un courant dont l'intensité varie avec le temps comme l'indique la figure 2.

1. Définis le flux propre.
2. Indique les intervalles de temps où il y a variation du flux propre à travers la bobine.
3. Détermine la force électromotrice d'auto-induction e dans la bobine au cours de ces variations.
4. Représente la tension u_{AB} aux bornes de la bobine sur l'intervalle de temps $[0 ; 40 \text{ ms}]$.

Situations d'évaluation

3 Ton groupe de travaux pratiques réalise le montage représenté par la figure 1. Le circuit comporte une bobine d'inductance L inconnue et de résistance négligeable, une résistance de valeur $R = 10 \text{ k}\Omega$ ainsi qu'un générateur basse fréquence. Le générateur délivre entre ses bornes une tension alternative triangulaire.

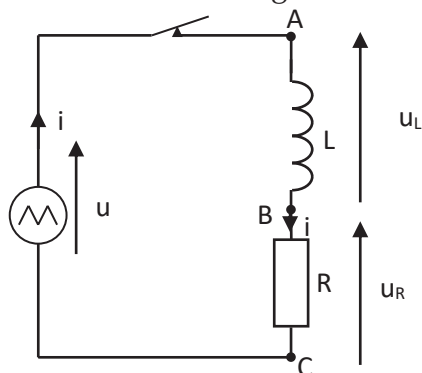
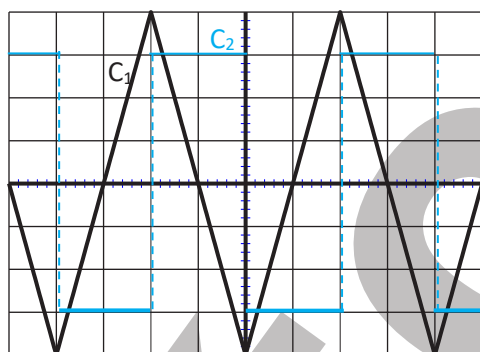


Figure 1



Base de temps: $0,5\text{ms}\cdot\text{div}^{-1}$

Sensibilité verticale sur la voie 1 : $0,1\text{V}\cdot\text{div}^{-1}$

Figure 2

Les oscillogrammes ci-dessus donnent l'allure des différentes tensions observées.

Votre professeur vous demande de déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine.

Propose la réponse de ton groupe.

1. Complète sur la figure 1 les branchements de l'oscilloscope bicourbe pour visualiser les tensions aux bornes de la bobine (voie 1) et du conducteur ohmique (voie 2).
2. Détermine :
 - 2.1 la période T de la tension ;
 - 2.2 la tension u_L aux bornes de la bobine sur une demi-période où elle est positive.

3. Établis une relation entre la tension u_{AB} et la tension u_{BC} .
4. Détermine la valeur L de l'inductance de la bobine.

Exercices de synthèse

1 Un groupe d'élèves d'une classe Terminale scientifique d'un Lycée, accompagné de leur professeur de physique-chimie, se propose de vérifier quelques caractéristiques d'une bobine se trouvant dans leur laboratoire. Généralement, sur le corps d'une bobine, le fabriquant indique entre autre le nombre de spires N et l'intensité maximale du courant $I_{\max}$ qui peut la traverser. Malheureusement l'indication du nombre de spires N est effacée. Cette bobine est assimilée à un solénoïde de longueur $\ell = 0,5 \text{ m}$, comportant N spires de rayon $R = 5 \text{ cm}$.

Afin de déterminer le nombre N de spires de la bobine, le groupe la place horizontalement; son axe (Δ) est orthogonal au plan méridien magnétique puis réalise les deux expériences suivantes.

Expérience 1 :

- A l'absence de courant, une aiguille placée au centre de cette bobine, prend la direction indiquée sur la figure 1.
- Lorsqu'un courant électrique continu d'intensité I parcourt le solénoïde, l'aiguille dévie d'un angle θ par rapport à la verticale (sens du courant indiquée sur la figure 2)

Expérience 2 : Le groupe fait varier l'intensité I du courant continu qui parcourt la bobine et mesure la valeur de l'angle θ puis trace la courbe $\tan \theta = f(I)$ (voir figure 3). Le champ magnétique créée par le solénoïde sera noté $\vec{B}_1$.

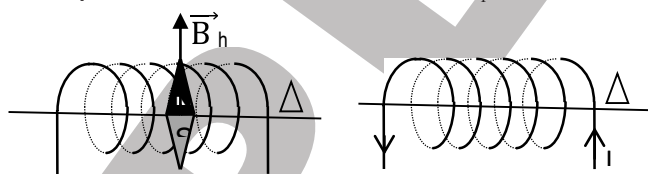


Figure 1

Figure 2

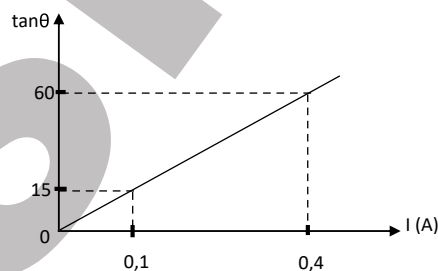


Figure 3

Données : $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ SI}$; $B_h = 2.10^{-5} \text{ T}$ (Valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre).

1. Précise:
 - 1.1 les sources de champ magnétique indiquées dans le texte ;
 - 1.2 l'expression du champ magnétique créé par le solénoïde en fonction de N , l , ℓ et μ_0 .
2. Représente qualitativement sur le même schéma (figure 2) :
 - 2.1 les champs magnétiques $\vec{B}_l$ et $\vec{B}_h$;
 - 2.2 l'aiguille aimantée ;
 - 2.3 l'angle θ ;
 - 2.4 le champ magnétique résultant $\vec{B}$.
3. Exprime $\tan \theta$ en fonction de B_h , N , l , ℓ et μ_0 .
4. Dédus de ce qui précède, le nombre N de spires.

Exercices de synthèse

2 Au cours d'une séance de travaux dirigés, votre professeur vous demande d'exploiter les déviations des particules dans un champ magnétique.

Dans un premier cas, des ions isotopes du zinc, $^{68}\text{Zn}^{2+}$ de masse m_1 et $^{70}\text{Zn}^{2+}$ de masse m_2 , sont émises en un point S avec des vitesses négligeables. Devant S est placée une plaque métallique P percée d'un trou O (figure ①). On établit entre les points S et O une tension $U_1 = V_S - V_P$. On admet que l'ensemble est placé dans le vide. Au-delà de P le champ électrostatique est nul et il règne un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme perpendiculaire au plan de la figure.

Les ions isotopes du zinc sont déviés dans le champ magnétique $\vec{B}$. M_1 est le point d'impact des ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ sur la plaque métallique P.

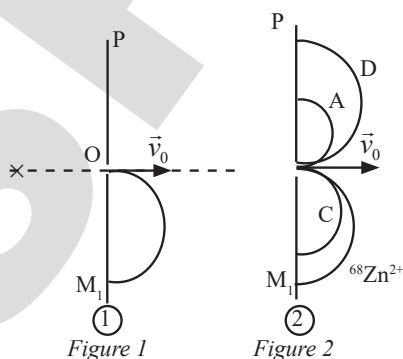
$OM_1 = 20 \text{ cm}$ (figure ①). M_2 est le point d'impact sur P des ions $^{70}\text{Zn}^{2+}$.

Dans un second cas, les ions désignés par A, D et C, portant chacun une charge absolue $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, sont introduits successivement en O avec la même vitesse $\vec{v}_0$ que les ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$. Les trajectoires de ces ions sont représentées sur la figure ② et leurs rayons ont pour valeurs $R_A = 5,59 \text{ cm}$, $R_D = 10,30 \text{ cm}$ et $R_C = 6,76 \text{ cm}$.

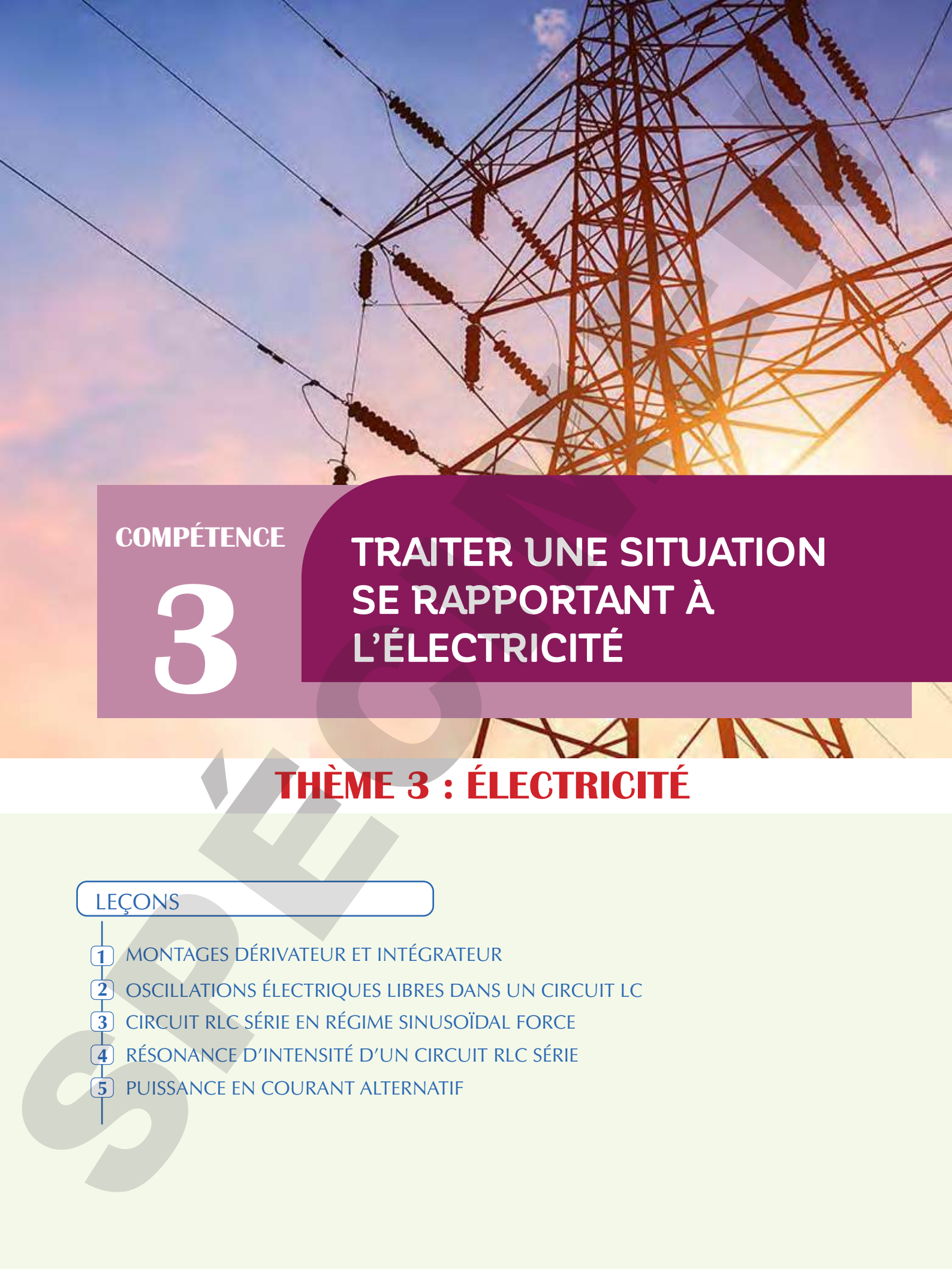
Le professeur vous demande d'identifier les ions A, C et D dans la liste suivante : $^{39}\text{K}^+$; $^{23}\text{Na}^+$; $^{35}\text{Cl}^-$; $^{19}\text{F}^-$.

On néglige le poids des particules par rapport aux autres forces.

On admettra que la masse d'un atome ^A_ZX est Au où $1.u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.



1. Donne le sens du champ magnétique $\vec{B}$.
2. Détermine :
 - 2.1 l'expression de la vitesse v_0 des ions en O en fonction de q , m et U_1 ;
 - 2.2 l'expression du rayon de la trajectoire circulaire d'un ion en fonction de q , m , B et U_1 ;
 - 2.3 la distance OM_2 .
3. Trouve le signe de la charge portée par chacun des ions A, C et D.
4. Détermine :
 - 4.1 les masses m_A , m_D et m_C en unité de masse atomique, pour chaque ion ;
 - 4.2 les ions A, D et C.



COMPÉTENCE

3

TRAITER UNE SITUATION
SE RAPPORTANT À
L'ÉLECTRICITÉ

THÈME 3 : ÉLECTRICITÉ

LEÇONS

- 1 MONTAGES DÉRIVATEUR ET INTÉGRATEUR
- 2 OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES LIBRES DANS UN CIRCUIT LC
- 3 CIRCUIT RLC SÉRIE EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCE
- 4 RÉSONANCE D'INTENSITÉ D'UN CIRCUIT RLC SÉRIE
- 5 PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF

Leçon 1

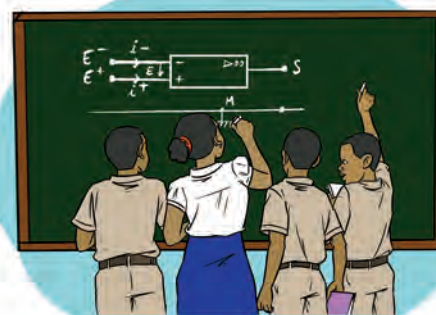
Montages dérivateur et intégrateur

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Connaître	les caractéristiques d'un amplificateur opérationnel idéal.
Interpréter	les oscillogrammes: – du montage dérivateur ; – du montage intégrateur.
Établir	la relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie : – d'un montage dérivateur ; – d'un montage intégrateur.
Distinguer	un montage dérivateur d'un montage intégrateur.
Dégager	l'intérêt d'un montage : – dérivateur ; – intégrateur.

Situation d'apprentissage

Foungbé, élève en terminale D au lycée Moderne d'Abengourou, découvre dans une revue scientifique qu'en plus des opérations mathématiques vues en classe de première, l'amplificateur opérationnel permet dans certains montages d'avoir les opérations de dérivation et d'intégration. Soucieux d'en savoir davantage, il entreprend avec ses camarades de classe, d'interpréter un montage dérivateur et un montage intégrateur, d'établir la relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie et de dégager l'intérêt de ces deux montages.



Résumé du cours

1 Caractéristiques d'un amplificateur opérationnel idéal

- L'entrée inverseuse E^- et l'entrée non inverseuse E^+ sont pratiquement au même potentiel.
 $V_{E^+} - V_{E^-} = \varepsilon = 0 \text{ V}$, tension de seuil.
- Les courants d'entrées sont négligeables : $i^+ \approx i^- \approx 0 \text{ mA}$.

2 Montage dérivateur

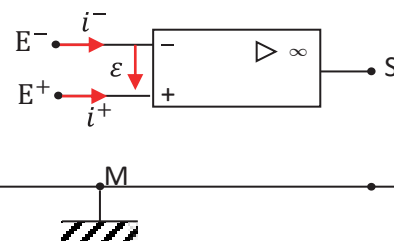
La tension de sortie u_s est proportionnelle à la dérivée par rapport au temps de la tension d'entrée

$$u_e : u_s = -RC \frac{du_e}{dt}$$

3 Montage intégrateur

La dérivée de la tension de sortie u_s est proportionnelle à la tension d'entrée u_e ou la tension de sortie u_s est proportionnelle à une primitive de la tension d'entrée u_e : $u_e = -RC \frac{du_s}{dt}$ ou

$$u_s = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^t u_e dt$$



Activités d'application

1 Indique les caractéristiques d'un amplificateur opérationnel idéal.

2 Pour chacune des affirmations suivantes, coche la case V si elle est vraie ou la case F si elle est fausse.

V F

☐ ☐

☐ ☐

☐ ☐

☐ ☐

3 Relie par une flèche le type de montage à la relation correcte entre les tensions d'entrée u_e et de sortie u_s .

Montage
Intégrateur
Dérivateur

Relation entre u_e et u_s

$$u_s = -RC \int_0^t u_e dt$$

$$u_s = -RC \frac{du_e}{dt}$$

$$u_s = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_e dt$$

$$u_s = -\frac{1}{RC} \frac{du_e}{dt}$$

4 Réarrange les mots, groupes de mots ou formules suivants afin de construire une phrase qui a un sens.

1. applique / une tension u_e / Lorsqu'on / on obtient, en sortie, / une tension u_s telle que/ d'un montage dérivateur, / à l'entrée inverseuse / :

$$u_s = -RC \frac{du_e}{dt}$$

2. donne /d'une tension u_e appliquée/ à l'entrée inverseuse / une tension u_s / telle que :

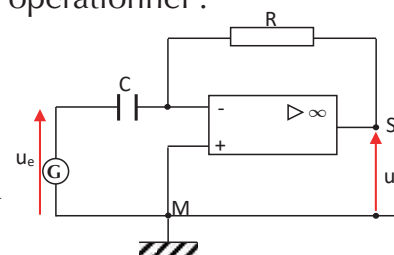
$$u_s = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_e dt . / \text{Un montage intégrateur}$$

5 Soit le montage ci-contre utilisant un amplificateur opérationnel :

1. Nomme ce montage.

2. Donne sans démonstration la relation entre la tension

d'entrée u_e et la tension de sortie u_s .



Activités d'application

3. Précise la forme de la tension obtenue à la sortie si on applique à l'entrée une tension de forme :

- 3.1 tension rectangulaire ;
- 3.2 tension sinusoïdale ;
- 3.3 tension triangulaire.

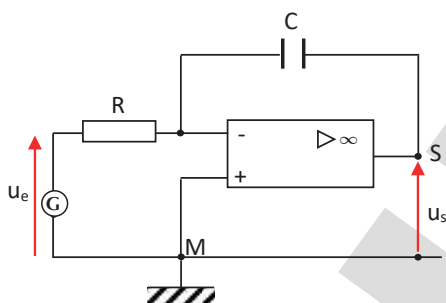
6 Soit le montage ci-contre utilisant un amplificateur opérationnel :

1. Nomme ce montage.

2. Donne sans démonstration la relation entre la tension d'entrée u_e et la tension de sortie u_s .

3. Précise la forme de la tension obtenue à la sortie si on applique à l'entrée une tension de forme rectangulaire.

4. Représente dans le même repère, l'allure des tensions d'entrée u_e et de sortie u_s .



7 Dans le montage suivant, :

la résistance vaut

$R = 10^5 \Omega$ et le

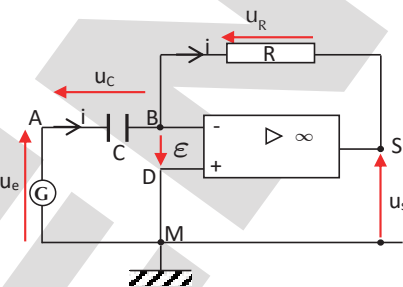
condensateur

a une capacité

$C = 10 \mu F$.

1. Établis la relation entre la tension d'entrée u_e et la tension de sortie u_s .

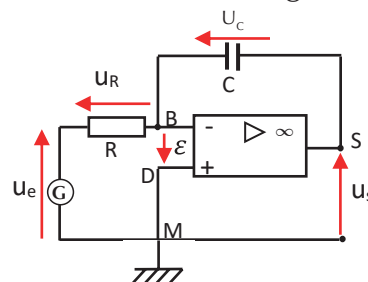
2. Déduis-en le nom du montage.



8 Dans le montage ci-dessous, la résistance vaut $R = 10^5 \Omega$ et le condensateur a une capacité $C = 10 \mu F$.

1. Établis la relation entre la tension d'entrée u_e et la tension de sortie u_s .

2. Déduis-en le nom du montage.

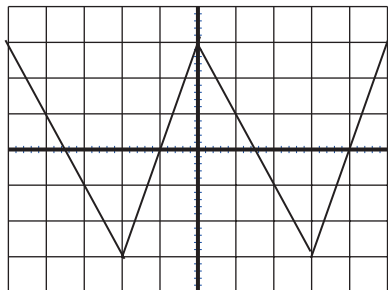


Activités d'application

9 Une tension en dents de scie a pour période $T = 2.10^{-2}$ s ; son oscillogramme est représenté par la figure ci-dessous.

Balayage : 4 ms.div⁻¹,

sensibilité verticale sur la voie 1 : 1 V.div⁻¹.



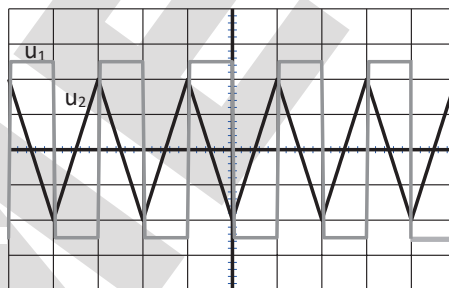
Tu appliques cette tension u_i à l'entrée d'un dérivateur, comprenant un résistor de résistance $R = 10^4 \Omega$ et un condensateur placé juste avant l'entrée inverseuse de capacité $C = 1 \mu F$.

Tu visualises la tension de sortie u_s sur la deuxième voie de l'oscilloscope.

1. Détermine l'expression de la tension de sortie sur une période.
2. Indique le type de signal qu'on obtient à la sortie sur la voie 2.
3. Représente u_c sur une période.

Données : Balayage : 4 ms.div^1 ; Sensibilité verticale sur la voie 2 est $2,5 \text{ V.cm}^{-1}$.

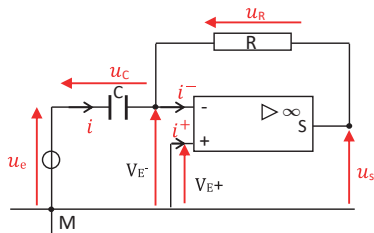
10 Deux tensions u_1 et u_2 sont visualisées sur l'écran d'un oscilloscope dont le balayage horizontal est 1 ms/div et la sensibilité verticale est 2 V/div sur les deux voies. (Voir figure ci-dessous) u_1 : tension en créneaux et u_2 : tension triangulaire.



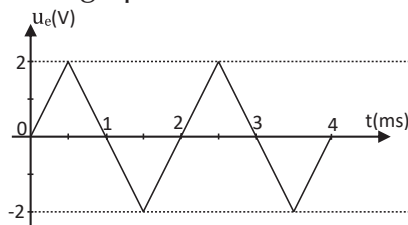
1. Donne le nom du montage qui permet de passer u_2 à u_1 .
2. Fais le schéma du montage.
3. Détermine la valeur de sa constante de temps RC.

Situations d'évaluation

1 Le montage ci-dessous est étudié en travaux pratiques par ton groupe. L'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire, c'est-à-dire : $V_{E+} = V_{E-}$ et $i^+ = i^- = 0$ A.



Ton groupe applique à l'entrée une tension $u_e(t)$ en « dents de scie » dont les caractéristiques sont portées sur le graphe ci-dessous.



Il est demandé à ton groupe de représenter la tension de sortie u_s .

Données : $C = 50$ nF ; $R = 20$ k Ω ; Échelles : 1 cm représente 0,5 ms ; 1 cm représente 1 V

Tu es le rapporteur.

1. Donne l'expression de :
 - 1.1 la tension u_c en fonction de u_e ;
 - 1.2 la tension u_R en fonction de u_s .
2. Exprime la tension de sortie u_s en fonction de R , C et de la dérivée $\frac{du_e}{dt}$.
3. Exprime la tension de sortie $u_s(t)$ pour une période.
4. Représente sur le même graphe : $u_e(t)$ et $u_s(t)$.

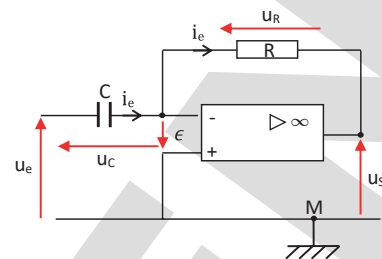
.....

.....

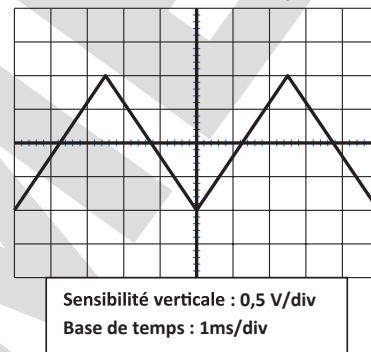
.....

.....

2 Au cours d'une séance de, travaux pratiques les élèves étudient le circuit ci-après en vue de représenter la grandeur qu'il donne à sa sortie.



Ils disposent l'oscillogramme ci-dessous indiquant la tension d'entrée u_e :



Données : $R = 10$ k Ω et $C = 100$ nF. L'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire.

Tu es le rapporteur de ton groupe.

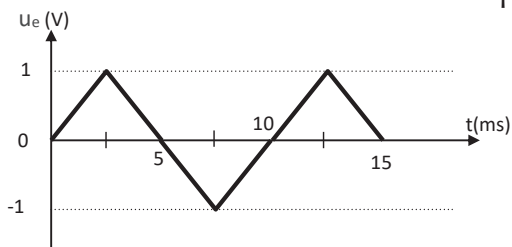
1. Donne :
 - 1.1 la relation entre u_e et u_c ;
 - 1.2 l'expression de i_e en fonction de u_s et R .
2. Établis l'expression de u_s en fonction de u_e , R et C .
3. Détermine :
 - 3.1 pour $0 \leq t \leq \frac{T}{2}$,
 - 3.1.1 la variation $\frac{\Delta u_e}{\Delta t}$;
 - 3.1.2 la valeur de tension de sortie u_s ;
 - 3.2 pour $\frac{T}{2} \leq t \leq T$,
 - 3.2.1 la variation $\frac{\Delta u_e}{\Delta t}$;
 - 3.2.2 la valeur de tension de sortie u_s .
4. Représente les variations de $u_s(t)$ sur l'écran de l'oscilloscope.

.....

.....

.....

3 Au cours d'une séance de travaux pratiques



en classe de Terminale, votre professeur de Physique-Chimie vous demande de représenter la tension de sortie d'un montage dérivateur. Ce montage comporte un amplificateur opérationnel (AO) considéré comme parfait, un condensateur de capacité $C = 0,1 \mu\text{F}$ et un conducteur ohmique de résistance $R = 100 \text{ k}\Omega$.

Ton groupe applique une tension d'entrée

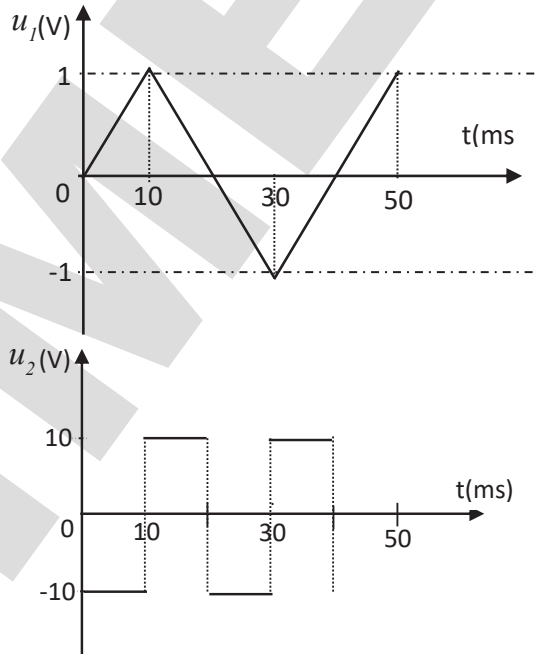
$u_e = V_E - V_M$ entre les points E et M (E borne d'entrée, S borne de sortie, M masse). Les variations de la tension u_e sont données par la courbe ci-dessous. La tension de saturation de l'AO est $V_{\text{sat}} = \pm 13 \text{ V}$.

Tu utiliseras l'échelle suivante : 1 div pour 2,5 ms ; 1 div pour 1 V.

Tu es le rapporteur de ton groupe.

1. Fais le schéma du montage en mettant en évidence la borne d'entrée E du montage, la borne de sortie S et la masse M.
2. Détermine la période T et la fréquence N de la tension u_e .
3. Exprime la tension de sortie u_s en fonction de R, C et $\frac{du_e}{dt}$.
4. Représente le graphe $u_s(t)$ à l'échelle indiquée plus haut.

4 Au cours d'une séance de travaux pratiques portant sur les montages dérivateur et intégrateur, votre professeur vous propose les deux figures ci-dessous.



La tension u_1 est appliquée à l'entrée d'un montage comportant un amplificateur opérationnel (AO) idéal, un conducteur ohmique de résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$ et un condensateur de capacité C inconnue. La tension u_2 est la tension observée à la sortie du montage. Le professeur vous demande de déterminer la capacité C du condensateur.

Tu es le rapporteur du groupe.

1. Nomme le montage utilisé.
2. Fais le schéma de ce montage.
3. Établis la relation entre u_1 et u_2 .
4. Détermine la capacité C du condensateur.



Leçon 2

Oscillations électriques libres dans un circuit LC

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un oscillateur électrique.
Interpréter	la charge et la décharge d'un condensateur.
Établir	l'équation différentielle d'un oscillateur électrique LC.
Connaitre	une solution de l'équation différentielle.
Connaitre	les caractéristiques des oscillations d'un oscillateur électrique LC : - la pulsation propre ; - la période propre ; - la fréquence propre ; - l'amplitude ; - la phase à l'origine des dates.
Utiliser	• la pulsation propre. • la période propre. • la fréquence propre. • l'amplitude. • la phase à l'origine des dates.
Déterminer	l'énergie emmagasinée dans un circuit LC.
Montrer	la conservation de l'énergie totale du circuit LC.
Établir	l'analogie oscillateur mécanique-oscillateur électrique.
Expliquer	l'influence de la résistance interne de la bobine sur les oscillations électriques.
Analyser	un montage à "résistance négative".
Expliquer	l'entretien des oscillations avec un circuit intégré linéaire.

■ Situation d'apprentissage ■

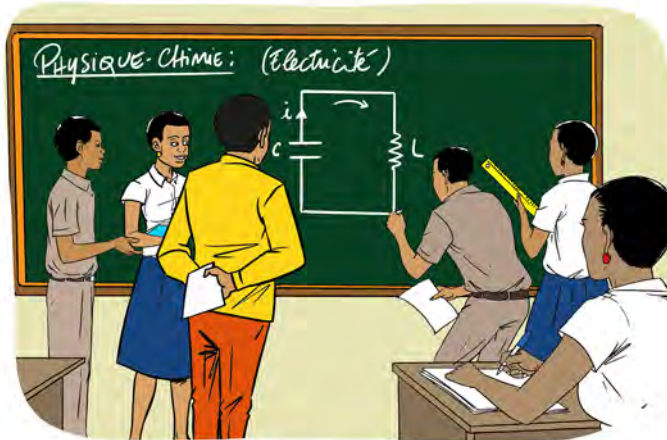
Kouao, élève en TD au Lycée Moderne d'Abengourou, apprend dans une revue scientifique que :

dans le domaine électrique, lorsqu'on branche une bobine d'inductance L de résistance négligeable aux bornes d'un condensateur préalablement chargé, la tension aux bornes du condensateur évolue de façon sinusoïdale : $u = U_m \cos(\omega t + \varphi)$. Le circuit LC est alors le siège d'oscillations électriques.

Impressionné, Kouao veut en savoir davantage.

En classe, sous la supervision du professeur, il entreprend avec ses camarades de définir un oscillateur électrique LC, d'établir son

équation différentielle, de montrer l'analogie oscillateur mécanique-oscillateur électrique et d'expliquer l'influence de la résistance de la bobine sur les oscillations électriques.



Résumé du cours

❖ Un oscillateur électrique est constitué d'un condensateur de capacité C , en série avec bobine d'auto-inductance L et de résistance négligeable.

❖ Si le condensateur a été initialement chargé, le circuit LC oscille. La charge q du condensateur à l'instant t est solution de l'équation différentielle : $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$

❖ Une solution de cette équation différentielle est : $q = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ où ω_0 est la pulsation propre. $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

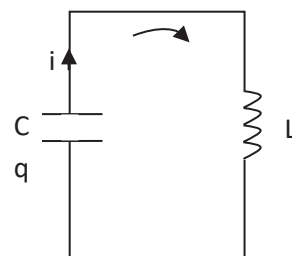
La période des oscillations est : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

❖ L'énergie d'un circuit LC non amorti est constante. $E = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C}$.

❖ Lors des oscillations électriques libres d'un dipôle (LC) ; des conversions de l'énergie magnétique de la bobine en énergie électrique du condensateur, puis de l'énergie électrique en énergie magnétique se succèdent périodiquement.

❖ Les oscillations électriques d'un dipôle (RLC) sont rapidement amorties du fait de l'effet Joule.

❖ Les oscillations peuvent être entretenues par un dispositif fournissant au dipôle (RLC) une puissance égale à celle qu'il dissipe par effet Joule.



Activités d'application

1 Pour chacune des affirmations suivantes, coche la case **V** si elle est vraie ou la case **F** si elle est fausse.

V	F
---	---

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1 Dans un circuit LC, si on multiplie par quatre (4) la valeur de L, la période des oscillations est multipliée par quatre. | ☐ | ☐ |
| 2 Le dispositif qui entretient les oscillations fournit l'énergie perdue par transfert thermique. | ☐ | ☐ |
| 3 Dans un circuit RLC, l'énergie initialement stockée dans le condensateur va être intégralement transmise à la bobine. | ☐ | ☐ |
| 4 Des oscillations électriques existent dans tout circuit RLC. | ☐ | ☐ |
| 5 L'énergie totale d'un oscillateur non amorti est constante. | ☐ | ☐ |
| 6 La pseudo période des oscillations peu amorties est pratiquement égale à la période propre T_0 du circuit LC idéal. | ☐ | ☐ |
| 7 La résistance totale du circuit est responsable de l'amortissement des oscillations. | ☐ | ☐ |
| 8 L'énergie totale d'un oscillateur amorti augmente à cause de l'effet joule. | ☐ | ☐ |

2 Donne la définition :

1. de la période propre d'un dipôle LC ;
2. des oscillations libres ou non amorties ;
3. des oscillations amorties ;
4. des oscillations entretenues.

.....

.....

.....

3 Réarrange les groupes de mots suivants afin de construire une phrase qui a un sens.

1. par un dispositif / fournissant / égale à celle qu'il dissipe / Les oscillations / au dipôle / peuvent être entretenues / une puissance / par effet Joule.
2. amorties / les oscillations / Dans un circuit RLC, / sont rapidement / du fait de l'effet Joule.

.....

.....

.....

.....

.....

4 Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupe de mots suivants :

de l'effet Joule; l'intensité i ; transfert; oscillations sinusoïdales; proportionnelle; régime aperiodique; circuit inductif; compensée; oscillations amorties; se conserve; circuit oscillant.

Un condensateur permet d'accumuler de l'énergie et de la restituer. La décharge d'un condensateur dans un donne naissance :

- à des de courant si la résistance R du circuit est négligeable ;
- à des ou à un quand la résistance augmente.

Au cours des oscillations d'un circuit LC non résistif, l'énergie totale

Il y a d'énergie entre le condensateur et la bobine et inversement.

L'énergie emmagasinée dans un de résistance R diminue

Activités d'application

progressivement à cause Cette perte peut être
par un apport d'énergie fournie par un générateur G délivrant à ses bornes une tension u_g
..... à du courant qu'il débite.

5 Un circuit électrique fermé comprend un condensateur AB de capacité $C = 1 \mu\text{F}$ et une bobine d'inductance L et de résistance négligeable. La tension aux bornes du condensateur a pour expression : $u_{AB}(t) = 2\cos(5000t)$ (u_{AB} en V, t en s).

1. L'inductance L de la bobine est :

- a) $L = 0,4 \text{ H}$;
- b) $L = 0,04 \text{ H}$;
- c) $L = 0,004 \text{ H}$.

3. L'intensité $i(t)$ du courant dans le circuit a pour expression :

- a) $i(t) = + 10^{-2} \cdot \sin(5 \cdot 10^3 t)$;
- b) $i(t) = - 10^{-2} \cdot \cos(5 \cdot 10^3 t)$;
- c) $i(t) = - 10^{-2} \cdot \sin(5 \cdot 10^3 t)$.

5. La valeur de l'énergie électromagnétique emmagasinée est :

- a) $E = 2 \cdot 10^{-6} \text{ J}$;
- b) $E = 20 \cdot 10^{-6} \text{ J}$;
- c) $E = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ J}$.

2. L'expression de la charge $q(t)$ portée par l'armature A du condensateur est :

- a) $q(t) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(5 \cdot 10^3 t)$;
- b) $q(t) = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(5 \cdot 10^3 t)$;
- c) $q(t) = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(5 \cdot 10^3 t)$.

4. L'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit est :

- a) décroissante ;
- b) croissante ;
- c) constante.

6. La pulsation propre du circuit est :

- a) $\omega_0 = 50 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$;
- b) $\omega_0 = 5 \cdot \pi \cdot 10^3 \text{ rad/s}$;
- c) $\omega_0 = 50 \cdot 10^2 \text{ rad/s}$.

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

6 Établis l'analogie entre un oscillateur électrique et un oscillateur mécanique en reliant la grandeur électrique à la grandeur mécanique.

Oscillateur électrique	
$L\ddot{q} + \frac{q}{C} = 0$	•
q	•
$E_t = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C}$	•
$i = \frac{dq}{dt}$	•
$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	•
$q = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$	•

Oscillateur mécanique	
x	•
$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	•
$E_m = \frac{1}{2} k X_m^2$	•
$v = \frac{dx}{dt}$	•
$x = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$	•
$m\ddot{x} + kx = 0$	•

Activités d'application

7 Un oscillateur électrique est caractérisé par des grandeurs physiques dont la période et l'énergie.

1. L'énergie d'un dipôle idéal LC :
 - a) est nulle aux instants où la charge du condensateur est nulle ;
 - b) est maximale aux instants où l'intensité du courant dans le circuit est maximale ;
 - c) est indépendante du temps.
2. L'énergie d'un dipôle RLC qui fonctionne sans entretien des oscillations est :
 - a) uniquement dissipée par effet Joule ;
 - b) indépendante du temps ;
 - c) dissipée dans chacun des trois composants.
3. La période propre d'un dipôle LC :
 - a) double si L et C doublent ;
 - b) est proportionnelle au produit LC ;
 - c) est inversement proportionnelle au produit LC

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à bonne réponse.

8 Un oscillateur électrique RLC peut être entretenu.

L'entretien est réalisé :

- a. en branchant en série un générateur de basses fréquences délivrant une tension « en créneaux » ;
- b. en branchant en série un « dipôle à résistance négative » ;
- c. en branchant en série un générateur de courant.

Entoure la lettre qui correspond à bonne réponse.

9 Un circuit LC est constitué d'un condensateur de capacité $C = 100 \mu\text{F}$ et d'une bobine d'inductance $L = 1 \text{ H}$. Le condensateur est initialement chargé sous une tension $U = 20 \text{ V}$. Détermine :

1. l'énergie fournie au circuit oscillant ;
2. l'intensité maximale I_m du courant dans le circuit.

10 La fréquence propre d'un circuit LC a pour valeur : $N_o = 4000 \text{ Hz}$.

Tu veux modifier cette fréquence pour qu'elle devienne : $N'_o = 2000 \text{ Hz}$.

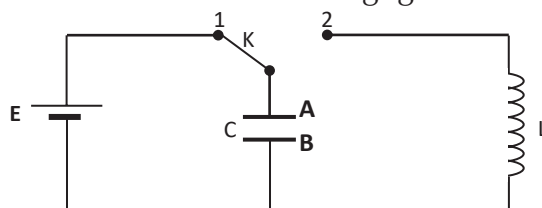
1. Donne l'expression de la fréquence en fonction de L et de C.
2. Montre que pour obtenir N'_o , tu dois augmenter la capacité du condensateur.

11 Un circuit oscillant non amorti, d'inductance $L = 10 \text{ mH}$ et de capacité $C = 50 \text{ pF}$ est parcouru par un courant sinusoïdal d'intensité maximale $I_m = 0,10 \text{ mA}$ à la date $t = 0 \text{ s}$.

1. Schématise le montage en indiquant les conventions utilisées.
2. Détermine les lois horaires donnant :
 - 2.1 l'intensité $i(t)$ dans le circuit ;
 - 2.2 la charge $q(t)$ du condensateur.

12 Soit le montage ci-dessous où $L = 10 \text{ mH}$, $E = 10 \text{ V}$ et $C = 1 \mu\text{F}$.

La bobine a une résistance négligeable.



Activités d'application

L'interrupteur K est placé en position 1 pendant un temps suffisamment long pour permettre la charge totale du condensateur.

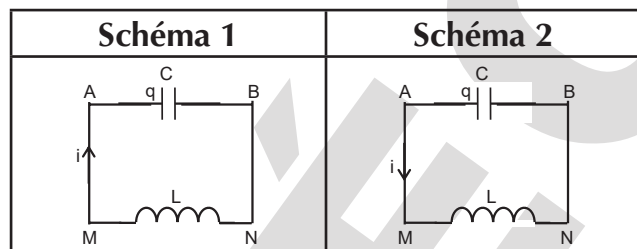
1. Détermine :

- 1.1 la tension U_C aux bornes du condensateur ;
- 1.2 la charge Q_A portée par l'armature A ;
- 1.3 l'énergie électrostatique emmagasinée dans le condensateur.

A l'instant $t = 0$ s, K est placé sur la position 2.

- 2.1 Établis l'équation différentielle donnant la variation de la charge q du condensateur en fonction du temps.
- 2.2 Calcule la pulsation propre ω_0 du circuit.

13 Soient les schémas de montages ci-dessous dans lesquels l'intensité i du courant sera compté positivement dans les sens indiqués :



Pour chaque schéma :

1. donne la relation entre i et $\frac{dq}{dt}$;
2. exprime les tensions u_{AB} et u_{MN} en fonction de q , L , C et t ;
3. établis l'équation différentielle régissant les variations de q .

14 Un condensateur de capacité $C = 0,2 \mu\text{F}$ est chargé sous une tension $U = 12$ V. A la date $t = 0$ s, ce condensateur est branché aux bornes d'une bobine d'inductance $L = 50$ mH et de résistance négligeable.

1. Calcule :

- 1.1 la charge Q_0 du condensateur à la date $t = 0$ s ;
- 1.2 la pulsation propre ω_0 , la fréquence propre N_0 et la période propre T_0 des oscillations qui prennent naissance.

2. Établis l'équation différentielle de ce circuit.

15 La charge initiale d'un condensateur de capacité $C = 10 \mu\text{F}$ est $Q_0 = 2 \cdot 10^{-3}$ C. Ce condensateur est branché aux bornes d'une bobine d'inductance L et de résistance r .

1. Calcule la tension initiale U_0 aux bornes du condensateur.
2. Établis l'équation différentielle qui régit le circuit.
3. Dis comment varie l'énergie totale du circuit.
4. Propose une solution pour obtenir des oscillations électriques périodiques non amorties.

Situations d'évaluation

1 Ton voisin de classe apprend de son frère qui est électronicien qu'à l'entrée d'un poste radio se trouve un circuit oscillant (L , C) dont on fait varier la fréquence propre grâce à un condensateur à air variable. Le circuit est accordé sur un émetteur lorsque le circuit oscillant a une fréquence propre N_0 égale à la fréquence N de l'onde porteuse envoyée par l'émetteur. Le condensateur est constitué de lames distantes de $d = 0,4 \text{ mm}$ dont la surface S en regard peut varier de 3 cm^2 à 30 cm^2 . La capacité de ce type de condensateur est donnée par la relation

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \text{ avec } \varepsilon_0 \text{ permittivité du vide}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^{-9}} \approx 8,84 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$$

La gamme de la fréquence N est pour :

- les ondes moyennes : $500 \text{ kHz} < N < 1500 \text{ kHz}$;
- les grandes ondes : $150 \text{ kHz} < N < 330 \text{ kHz}$.

Il partage ces informations avec toi et te demande de l'aider à les exploiter.

1. Définis un circuit oscillant.
2. Détermine les valeurs limites de la capacité C du condensateur.
3. Détermine la valeur de l'inductance L de la bobine associée à ce condensateur si l'on veut couvrir la gamme :
 - 3.1 des ondes moyennes ;
 - 3.2 des grandes ondes.

.....

.....

.....

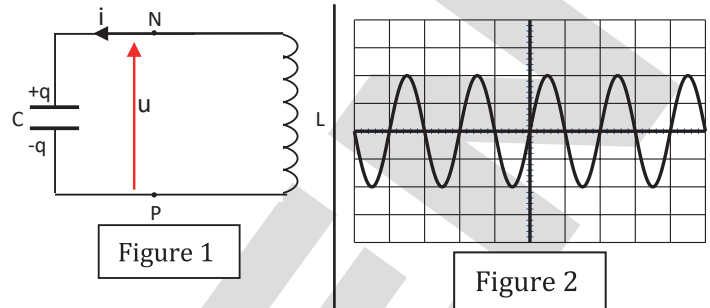
.....

.....

2 Au cours d'une séance de travaux pratiques le professeur a modélisé un oscillateur par le schéma ci-après (figure 1).

Cet oscillateur comprend un condensateur de capacité C et une inductance pure de valeur

$$L = 25,3 \text{ mH}.$$



En vue de connaître les variations de l'énergie du circuit en fonction du temps t , le professeur désigne ton groupe pour placer en série une résistance r (non représentée) dans le circuit.

L'énergie dissipée dans cette résistance est néanmoins considérée comme négligeable devant l'énergie du circuit. La tension ri aux bornes de la résistance, mesurée à l'oscilloscope, permet de connaître i .

Vous observez sur l'écran la courbe (figure 2) qui représente donc les variations de l'intensité en fonction du temps. La courbe est obtenue avec un balayage horizontal de $25 \mu\text{s/div}$ et une sensibilité de déviation verticale de 4 mA/div .

T est la période des oscillations.

Tu es le rapporteur du groupe.

1. Nomme le phénomène observé.
2. Détermine :
 - 2.1 la fréquence propre N_0 des oscillations électriques du circuit ;
 - 2.2 la capacité C du condensateur.
3. Détermine à la date $t = \frac{T}{4}$:
 - 3.1 l'énergie emmagasinée par la bobine ;
 - 3.2 l'énergie emmagasinée par le condensateur ;
 - 3.3 l'énergie du circuit.
4. Explique comment varie l'énergie du circuit avec le temps.

.....

.....

.....

.....

.....

Situations d'évaluation

3 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe, sous la direction du professeur, réalise le montage ci-dessous (Figure 1) avec un condensateur de capacité C chargé sous une tension constante U .

La voie A d'un oscilloscope est branchée aux bornes du condensateur. La base de temps de l'oscilloscope est en service.

Le condensateur a une capacité $C = 0,1 \mu\text{F}$ et la bobine a une inductance L inconnue.

Lorsque ton groupe place l'inverseur K en position 2, il observe alors sur l'écran la courbe ci-dessous (Figure 2).

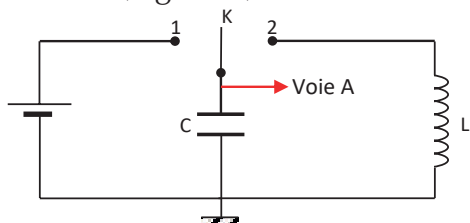


Figure 1

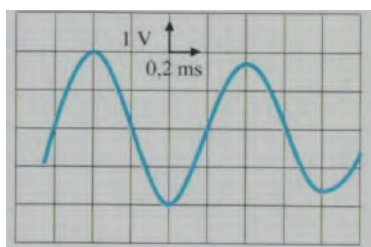


Figure 2

Le professeur vous demande d'interpréter l'oscillogramme et de calculer l'énergie totale de ce circuit lorsque la résistance du circuit est négligeable.

Données : L'amortissement étant très faible, tu le considéreras comme négligeable en cas de besoin. L'origine des dates est prise à l'instant où q prend sa valeur maximale.

- Dis ce qui se passe pour le condensateur lorsqu'on place l'inverseur K en position 1.
- Nomme le phénomène qui se produit dans le condensateur et qui est représenté par l'oscillogramme.
- Détermine :
 - la valeur de la pseudo-période T ;
 - les expressions de la charge q du condensateur et de l'intensité i du courant en fonction du temps ;

3.3 l'énergie E_C emmagasinée dans le condensateur d'une part et E_L dans la bobine d'autre part.

- Déduis de ce qui précède l'énergie totale du circuit.

4 Lors d'une séance de travaux pratiques, votre professeur vous confie l'étude de l'entretien des oscillations électriques. Vous réalisez le circuit ci-dessous (figure 1) dans lequel l'amplificateur opérationnel est supposé idéal, parfait et fonctionne en régime linéaire.

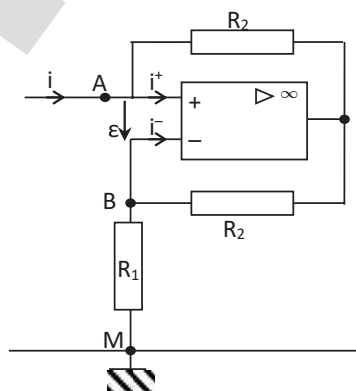


Figure 1

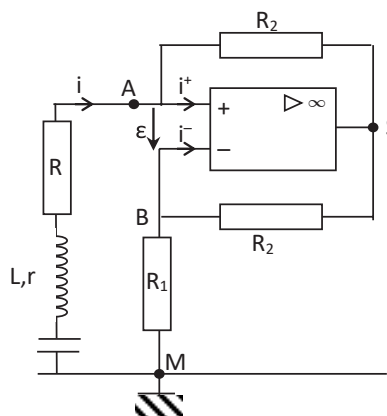


Figure 2

- Définis un oscillateur harmonique.
- Établis, pour le circuit de la figure 1, l'expression de la tension U_{AM} en fonction de i .
- Explique pourquoi l'on peut dire que le dipôle AM est un dipôle à résistive négative.

Situations d'évaluation

4. Établis, pour le circuit de la figure 2 :

4.1 l'équation différentielle vérifiée par la charge q du condensateur ;

4.2 la condition sur R_l pour que le circuit soit un oscillateur harmonique.

A est chargée positivement et sa charge est notée $q(t)$.

Vous devez déterminer les caractéristiques et l'énergie totale E du circuit réalisé.

1. Donne l'expression de l'intensité du courant en fonction de la charge.

2. Détermine :

2.1 la charge Q du condensateur à l'instant t_0 ;

2.2 l'énergie électrique E_0 emmagasinée.

3. Établis l'équation différentielle des oscillations électriques lorsqu'on ferme l'interrupteur K.

4. Détermine l'expression :

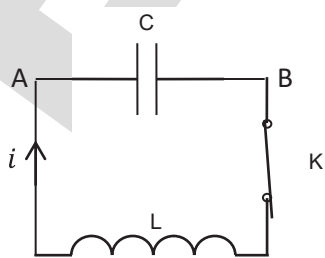
4.1 de $q(t)$ et de $i(t)$;

4.2 de $E_C(t)$ et de $E_B(t)$, des énergies respectivement stockées dans le condensateur et dans la bobine ;

4.3 de l'énergie totale E du circuit.

5 Lors d'une séance de travaux dirigés en classe de Terminale scientifique, votre professeur met à votre disposition le circuit électrique ci-dessous.

Le condensateur de capacité $C = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ F}$ est chargé sous une tension constante $U = 20 \text{ V}$. Les armatures A et B de ce condensateur sont reliées à une bobine d'inductance $L = 25 \text{ mH}$ et de résistance négligeable.



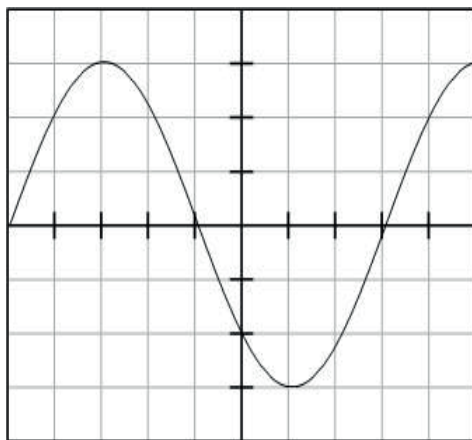
A un instant t_0 pris comme origine des dates, on ferme l'interrupteur K (voir figure). L'intensité $i(t)$ du courant est comptée positivement quand le courant circule dans le sens indiqué sur le schéma. A l'instant t_0 , l'armature reliée au point

Situations d'évaluation

6 Au cours d'une séance de travaux pratiques en classe de Terminale, le professeur demande à ton groupe de déterminer les caractéristiques d'un oscillateur électrique (LC). Pour ce faire, vous visualisez sur l'écran d'un oscilloscope les variations de la tension aux bornes du condensateur du circuit (voir schéma). Le condensateur de capacité $C = 0,8 \mu\text{F}$ est initialement chargé à l'aide d'un générateur de f.é.m. constante E_0 . Il est relié par la suite à une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

Les réglages de l'oscilloscope sont : en ordonnée 2 V/div et en abscisse 500 $\mu\text{s}/\text{div}$.

Tu es le rapporteur du groupe.



1. Calcule :
 - 1.1 la tension U_C aux bornes du condensateur ;
 - 1.2 la charge maximale Q_m du condensateur ;
 - 1.3 l'énergie maximale E_m emmagasinée par le condensateur.
2. Établis l'équation différentielle des oscillations électriques dans le circuit (L, C).
3. Détermine :
 - 3.1 la période T de la tension ;
 - 3.2 la valeur de la pulsation ω_0 ;
 - 3.3 l'inductance L de la bobine.
4. Donne l'allure de l'oscillogramme :
 - 4.1 si l'inductance L est divisée par 4 ;
 - 4.2 si la résistance de la bobine n'est plus négligeable.

Leçon 3

Circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé

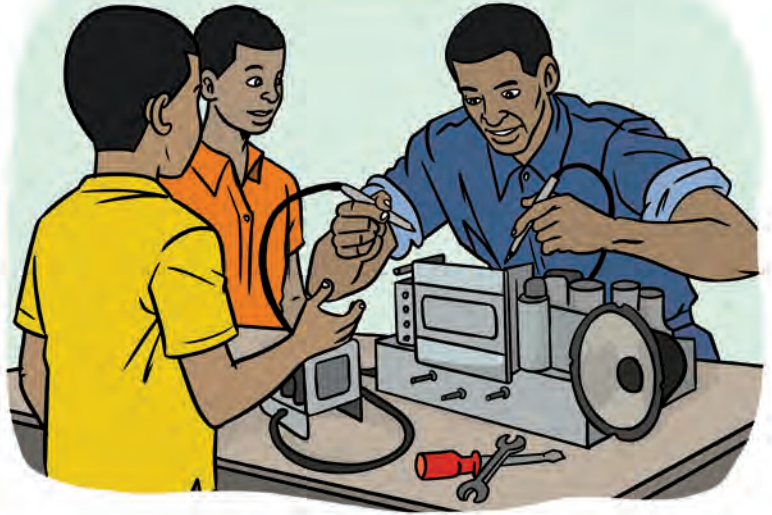
Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	le courant alternatif sinusoïdal (I_m , ω , φ).
Connaitre	- la relation entre : - les tensions maximale et efficace d'une tension alternative sinusoïdale ; - les intensités maximale et efficace d'un courant alternatif sinusoïdal. - la période d'une tension alternative sinusoïdale. - la phase $\varphi_{u/i} = \frac{2\pi}{T} \theta$. - l'impédance du dipôle RLC $\left(Z = \frac{U}{i} \right)$. - l'unité d'impédance.
Utiliser	- la relation entre : - les tensions maximale et efficace d'une tension alternative sinusoïdale ; - les intensités maximale et efficace d'un courant alternatif sinusoïdal. - la période d'une tension alternative sinusoïdale. - la phase $\varphi_{u/i} = \frac{2\pi}{T} \theta$. - l'impédance du dipôle RLC $\left(Z = \frac{U}{i} \right)$.
Construire	le diagramme de Fresnel.
Connaitre	les expressions des grandeurs suivantes: - impédance Z ; $\tan \varphi_{u/i}$, $\cos \varphi_{u/i}$, et $\sin \varphi_{u/i}$.
Utiliser	les expressions des grandeurs suivantes : - impédance Z ; $\tan \varphi_{u/i}$, $\cos \varphi_{u/i}$, et $\sin \varphi_{u/i}$.

■ Situation d'apprentissage ■

Un élève en classe de terminale scientifique dans un Lycée Moderne écoute les explications d'un réparateur de Radio-TV de sa ville à un client : « Tous les appareils électroménagers fonctionnent en Basse Fréquence. Les fréquences admises sont 50 Hz ou 60 Hz ; cette norme est imposée, car les composants alimentés sont généralement l'association en série de résistors, de condensateurs et de bobines. Curieux et voulant en savoir d'avantage, il informe ses camarades de classe.

Ensemble, ils entreprennent de déterminer les caractéristiques du courant alternatif, de construire le diagramme de Fresnel et d'établir les expressions de l'impédance Z et de la phase $\varphi_{u/i}$ de la tension électrique par rapport à l'intensité de courant i qui traverse le circuit.



Résumé du cours

1 Courant alternatif sinusoïdal

- Définition

C'est un courant dont l'intensité est une fonction sinusoïdale du temps. Il change deux fois de signe pendant une période.

- Expression du courant et de la tension alternatifs

- Intensité du courant alternatif : $i(t) = I_m \cos \varphi(\omega t)$
- Tension alternative sinusoïdale : $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

- φ : la phase de la tension par rapport à l'intensité du courant.

$\varphi < 0$; u est en retard sur i .

$\varphi > 0$; u est en avance sur i .

$\varphi = 0$; u et i sont en phase.

$|\varphi| = \frac{2\pi \cdot \tau}{T}$, τ étant le décalage horaire entre les courbes et T la période.

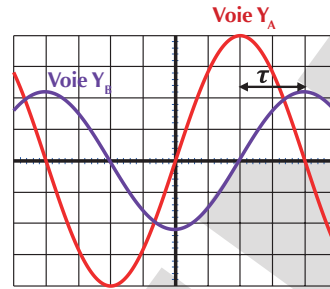
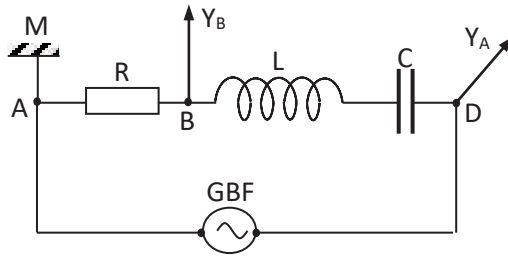
2 Étude expérimentale d'un circuit RLC série

- Expression de l'impédance d'un dipôle

A fréquence constante, le rapport $\frac{U}{I}$ est constant. Cette constante représente l'impédance du dipôle

RLC à la fréquence considérée. Elle se note Z et s'exprime en ohm (Ω). $Z = \frac{U}{I}$.

• Visualisation à l'oscilloscope

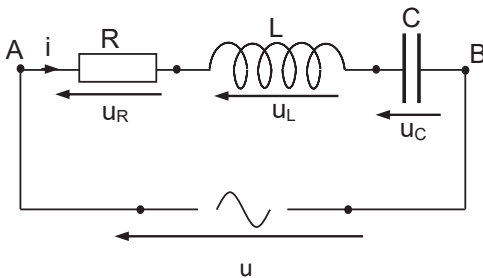


Ici u est en avance sur i .

- Voie Y_A : Visualise la tension $u(t)$ aux bornes du GBF, donc aux bornes du circuit RLC
- Voie Y_B : Tension aux bornes du conducteur ohmique R , ($U_R = R.i$), proportionnelle à $i(t)$.

③ Étude théorique d'un dipôle RLC en régime sinusoïdal forcé

• Équation différentielle et solution



- Aux bornes du résistor : $u_R = Ri$;
- Aux bornes de la bobine : $u_L = L \frac{di}{dt}$;
- Aux bornes du condensateur : $u_C = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int i dt$;
- L'intensité du courant : $i = \frac{dq}{dt}$.

Avec la loi des mailles, on obtient :

$$u(t) = RI_m \cos(\omega t) + L\omega I_m \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{I_m}{C\omega} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Représentation de Fresnel

$$u(t) = RI_m \cos(\omega t) + L\omega I_m \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{I_m}{C\omega} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Remarques : On prendra comme origine des phases pour tout le circuit RLC l'axe des intensités. Le sens positif est le sens trigonométrique.

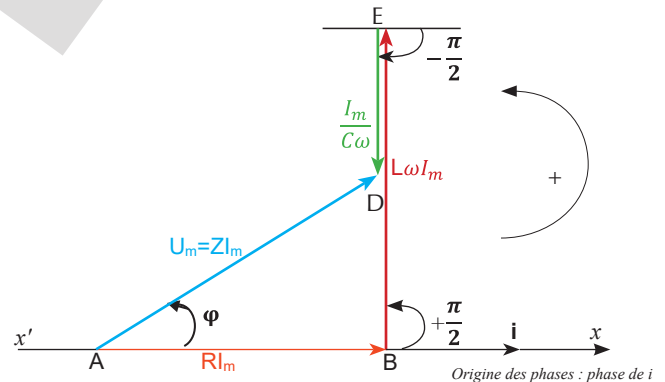


Diagramme de Fresnel

$$AB \leftrightarrow RI_m ; (\overrightarrow{x'x}, \overrightarrow{AB}) = 0 \text{ rad.}$$

$$BE \leftrightarrow L\omega I_m ; (\overrightarrow{x'x}, \overrightarrow{BE}) = +\frac{\pi}{2} \text{ rad.}$$

$$ED \leftrightarrow \frac{I_m}{C\omega} ; (\overrightarrow{x'x}, \overrightarrow{ED}) = -\frac{\pi}{2} \text{ rad.}$$

$$AD \leftrightarrow U_m ; (\overrightarrow{x'x}, \overrightarrow{AD}) = \varphi$$

• Expressions de l'impédance Z et de la phase

– Impédance Z

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

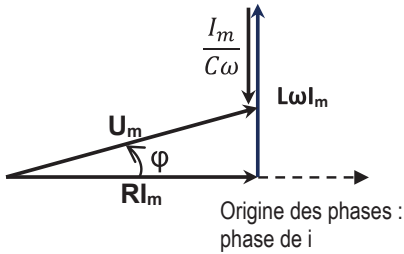
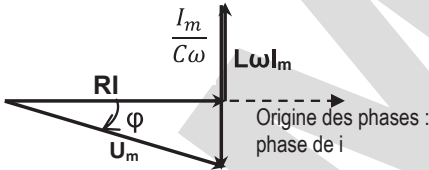
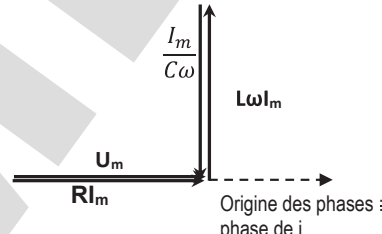
Ou, si la résistance interne r de la bobine n'est pas négligeable :

$$Z = \sqrt{(R+r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

- **Phase φ**

$$\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}; \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z}; \quad \sin \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{Z}.$$

- **Nature du circuit selon le signe de φ**

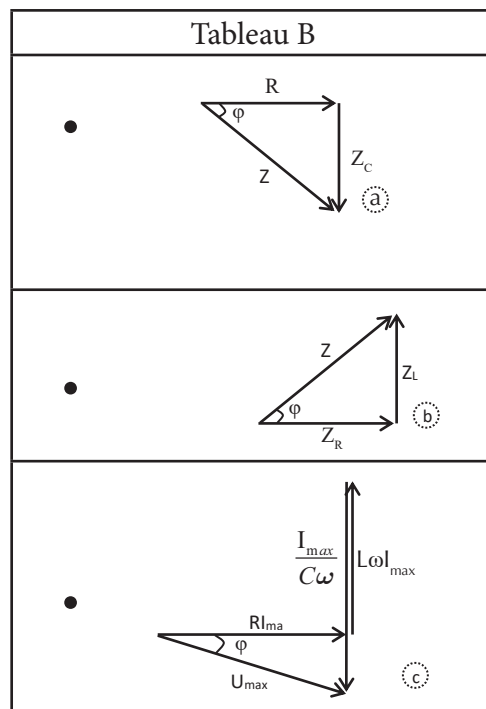
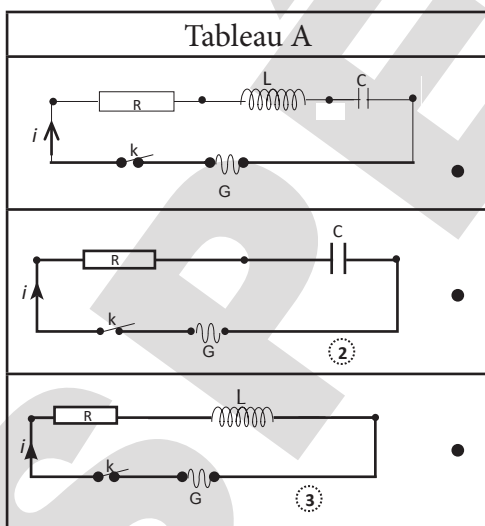
Si $\varphi > 0$ c'est-à-dire si $L\omega > \frac{1}{C\omega}$, la tension u aux bornes du circuit RLC est en avance sur l'intensité i du courant. Le circuit est dit inductif et le diagramme de Fresnel est :  Origine des phases : phase de i	Si $\varphi < 0$, c'est-à-dire $L\omega < \frac{1}{C\omega}$, la tension u aux bornes du circuit RLC est en retard sur l'intensité i du courant. Le circuit est dit capacitif et le diagramme de Fresnel est :  Origine des phases : phase de i	Si $\varphi = 0$, c'est-à-dire $L\omega = \frac{1}{C\omega}$, alors u et i sont en phase : on dit qu'on est à la résonance. Le circuit est dit résistif et le diagramme de Fresnel est :  Origine des phases : phase de i
--	--	---

Activités d'application

1 Écris, pour chacune des propositions suivantes, la lettre V pour vrai ou la lettre F pour faux dans la case correspondante.

1. On alimente un circuit série RLC à l'aide d'un générateur de tension continue. ☐
2. La phase φ entre la tension u et l'intensité de courant i existe qu'en régime sinusoïdal. ☐
3. De deux grandeurs sinusoïdales, celle qui est en avance est la grandeur qui atteint sa valeur maximale la première. ☐
4. Dans un circuit RL la phase $\varphi_{u/i}$ est négative. ☐
5. Les oscillogrammes observés à l'oscilloscope sont ceux des tensions. ☐
6. La phase $\varphi_{u/i}$ s'exprime en radian. ☐
7. La tension u_R aux bornes d'un résistor est toujours en phase avec l'intensité de courant i dans un circuit RLC. ☐
8. Les mesures de la tension efficace aux bornes du générateur et de l'intensité efficace dans un circuit RLC série permet de déterminer l'impédance du circuit. ☐
9. L'exploitation des oscillogrammes permet de déterminer la période T , la phase $\varphi_{u/i}$ et les amplitudes des tensions. ☐

2 Relie par un trait le schéma du circuit du tableau A au diagramme de Fresnel du tableau B correspondant.

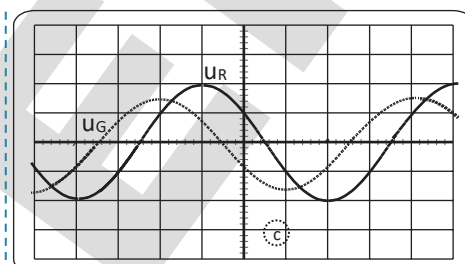
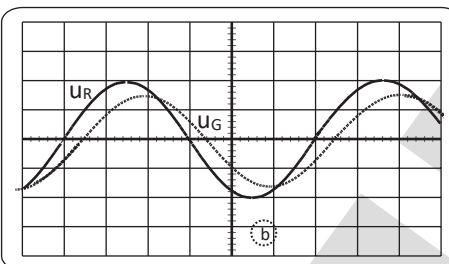
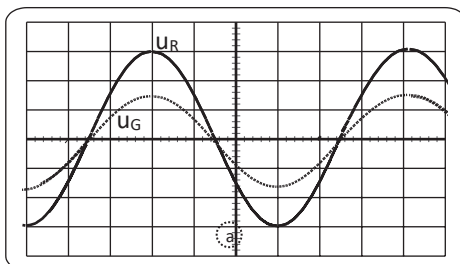


Activités d'application

3 Pour chacun des oscillogrammes suivants d'un circuit RLC série :

1. construis le diagramme de Fresnel correspondant ;
2. précise, de l'intensité du courant ou de la tension, la grandeur qui est en avance.

u_R est la tension aux bornes du conducteur ohmique et u_G celle aux bornes du générateur.

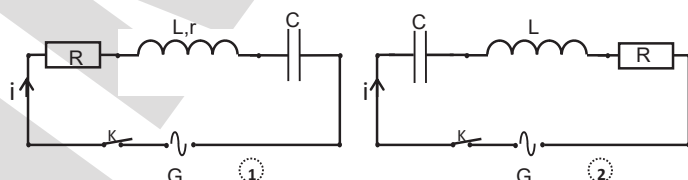


4 Relie par un trait, un circuit de l'ensemble A à l'expression de $\tan \varphi$ de l'ensemble B.

A

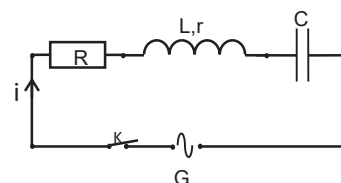
B

- $\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$
- $\tan \varphi = -\frac{1}{RC\omega}$
- $\tan \varphi = \frac{L\omega}{R+r}$
- $\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R+r}$



2. Représente le branchement de l'oscilloscope bi-courbe sur le schéma du montage du circuit RLC série ci-dessous :

- Voie 1, u_R aux bornes du conducteur ohmique ;
- Voie 2, u_b aux bornes de la bobine du circuit.

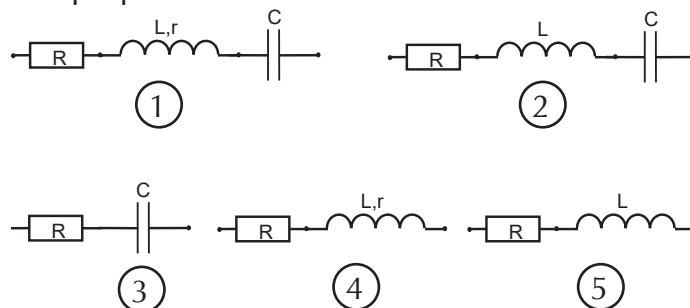


5

1. Représente le branchement de l'oscilloscope bi-courbe sur les schémas de montages de circuits RLC série ci-dessous.

- Voie 1, u_G aux bornes du générateur ;
- Voie 2, u_R aux bornes du conducteur ohmique du circuit.

6 Donne l'expression de l'impédance Z pour chaque portion de circuit schématisée ci-dessous :



Activités d'application

7 Un générateur maintient entre ses bornes une tension sinusoïdale de valeur efficace $U = 6,3 \text{ V}$ et de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

Tu branches en série entre ces bornes :

- un conducteur ohmique de résistance $R = 11 \Omega$;
- une bobine non résistive, d'inductance $L = 270 \text{ mH}$ et un condensateur de capacité $C = 45 \mu\text{F}$.

Tu prendras pour origine des phases, la phase de l'intensité i .

1. Fais la construction de Fresnel relative à ce circuit.
2. Détermine l'impédance Z de ce circuit.
3. Détermine l'intensité efficace I du courant qui parcourt ce circuit.

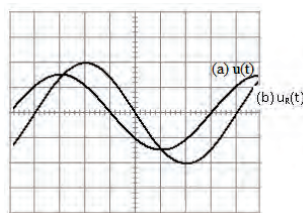
8 Complète le tableau suivant.

Phase $\varphi_{u/i}$ dans un circuit RLC série.	$\varphi_{u/i} = 0$	$\varphi_{u/i} > 0$	$\varphi_{u/i} < 0$
Avance ou retard de $u(t)$ par rapport $i(t)$.			

9 Complète le tableau suivant :

Nature du circuit	Circuit R	Circuit RC	Circuit RL	Circuit R, r, L, C
Expression de l'impédance Z du circuit				

10 Soient les oscillogrammes suivants :



Sensibilité horizontale : 2 ms/div
Sensibilité verticale : 5 V/div (pour les 2 voies)

1. Dis des deux tensions celle qui est en avance sur l'autre.
2. Détermine la période T , la fréquence N , la pulsation ω et la phase $\varphi_{u/i}$.

Situations d'évaluation

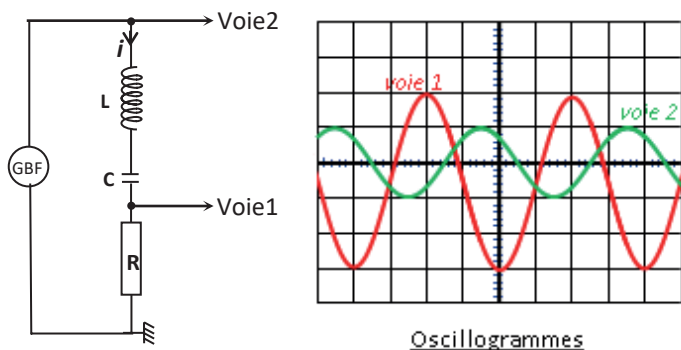
1 En vue de déterminer l'impédance Z d'un circuit RLC, ton groupe est désigné pour réaliser le circuit ci-dessous. Le conducteur ohmique a une résistance $R = 4 \Omega$.

Vous visualisez sur l'oscilloscope bi-courbe les oscillogrammes ci-dessous.

Les échelles de réglages sur l'oscilloscope sont :

- Balayage horizontal : 1 div correspond à 1 ms
- Balayages verticales : 1 div correspond à 0,1 V (Voie 1)

1 div correspond à 0,25 V (Voie 2)



Figure

1. Donne l'expression de l'impédance Z du circuit.
2. Détermine :
 - 2.1 la période T du signal obtenu ;
 - 2.2 la pulsation ω de la tension variable produit par le GBF ;
 - 2.3 la phase $\varphi_{u/i}$;
 - 2.4 les amplitudes des tensions u_1 aux bornes du conducteur ohmique et u_2 aux bornes du générateur.
3. Calcule l'amplitude de l'intensité i dans ce circuit RLC.
4. Déduis l'impédance Z du circuit réalisé.

2 Pour choisir et récompenser le meilleur élève de la promotion terminale scientifique, votre établissement organise un concours dont le but est de déterminer les valeurs des grandeurs caractéristiques d'un circuit RLC série.

Le circuit étudié, schématisé ci-dessus, est alimenté par une tension sinusoïdale de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$, de valeur efficace U_{AB} .

Les mesures des tensions effectuées ont donné les résultats suivants :

$U_{AB} = 173,2 \text{ V}$; $U_{AM} = U_{MB} = 100 \text{ V}$.

Tu es candidat.

Données : Échelle 6 cm $\rightarrow$ 100 V ;

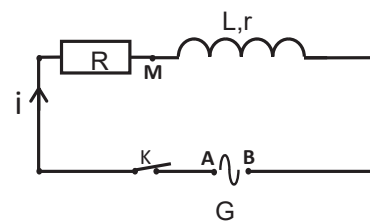
$u_{AB} = U_{AB} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$,

$u_{AM} = U_{AM} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_1)$,

$u_{BM} = U_{BM} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_2)$ et $i = I \sqrt{2} \sin(\omega t)$;

$R = 100 \Omega$.

1. Écris l'expression de l'impédance Z du circuit.



Situations d'évaluation

2. Construis le diagramme de Fresnel de ce circuit.
3. Détermine :
 - 3.1 la valeur de l'intensité efficace I du circuit ;
 - 3.2 graphiquement, en degré, les valeurs des phases $\varphi, \varphi_1, \varphi_2$.
4. Dédus les valeurs de la résistance r et de l'inductance L de la bobine utilisée.

Tu es choisi par le groupe compte tenu de ton talent en physique pour être le rapporteur.

1. Donne la valeur de la pulsation ω du GBF.
2. Fais le schéma du circuit du montage en indiquant les voies des branchements à l'oscilloscope bi-courbe.
3. Détermine :
 - 3.1 la phase $\varphi_{u/i}$ de la tension $u(t)$ par rapport à l'intensité de courant $i(t)$;
 - 3.2 l'expression de la tension $u(t)$ aux bornes du GBF ;
 - 3.3 l'impédance Z_B de la bobine.
4. Déduis-en :
 - 4.1 la résistance r de la bobine ;
 - 4.2 l'inductance L de la bobine.

3 Au cours une séance de travaux pratiques, ton groupe est désigné pour déterminer les caractéristiques d'un circuit RLC. Pour ce faire, vous associez en série, une bobine réelle d'inductance L , de résistance r , un générateur de basses fréquences (GBF) et un ampèremètre.

Le générateur branché aux bornes du GBF indique une tension de 12 V.

On donne $i(t) = 1,2\sqrt{2} \cos(100\pi t - 0,92)$,
l'expression du courant qui traverse ce circuit.

4 A la salle de collection de physique de ton établissement se trouve un solénoïde dont la valeur du nombre N de spires n'est pas indiquée. Voulant l'utiliser, le professeur vous demande de déterminer la valeur de N . Pour cela, vous appliquez une source de courant alternatif sinusoïdal de tension efficace $U = 220$

Situations d'évaluation

V , de tension instantanée $u(t)$ et de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$ aux bornes d'un circuit électrique. Ce circuit comprend : un conducteur ohmique de résistance $R_1 = 150 \Omega$, le solénoïde de résistance $R_2 = 5,3 \Omega$ et d'inductance L associé en série à un condensateur de capacité $C = 20 \mu\text{F}$ et un ampèremètre. L'ampèremètre indique la valeur $I = 1,375 \text{ A}$.

Données : longueur du solénoïde $\ell = 0,5 \text{ m}$;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ SI}$; le rayon du solénoïde $r = 2,5 \text{ cm}$.

Échelle : 1 cm pour 40 V.

1. Donne l'expression de $i(t)$ et de $u(t)$.
2. Détermine :
 - 2.1 la valeur de l'impédance Z ;
 - 2.2 l'inductance L de la bobine ;
 - 2.3 la phase $\varphi_{u/i}$ entre $u(t)$ et $i(t)$.
3. Construis le diagramme de Fresnel du circuit RLC série.
4. Détermine le nombre N de spires.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5 Un groupe d'élèves d'une classe de Terminale scientifique souhaite renforcer ses connaissances sur la leçon portant sur le circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé à travers une activité expérimentale. Il utilise un circuit électrique (A, B) dans lequel, est appliquée entre les bornes A et B une tension $u = 100\sqrt{2} \sin(100\pi t)$. Le groupe réalise les expériences décrites ci-dessous.

Expérience 1 : Le groupe monte en série, entre A et B, un conducteur ohmique de résistance

$R = 100 \Omega$ et un condensateur de capacité C_1 . L'intensité efficace du courant est $I_1 = 0,5 \text{ A}$.

Expérience 2 : Le groupe monte en série, entre A et B, le conducteur ohmique de résistance R , le condensateur de capacité C_1 et une bobine non résistive d'inductance L . L'intensité efficace du courant est $I_2 = 0,5 \text{ A}$.

Expérience 3 : Au circuit précédent, le groupe associe en série un deuxième condensateur de capacité C_2 permettant de mettre en phase l'intensité du courant et la tension.

Le professeur demande au groupe de trouver la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée et la capacité C_2 du condensateur.

Aide le groupe.

1. Précise la phase entre l'intensité du courant et la tension dans l'expérience 3.
2. Détermine à partir de l'expérience 1 :
 - 2.1 la valeur de C_1 ;
 - 2.2 l'expression de l'intensité $i_1(t)$ du courant.
3. Détermine à partir de l'expérience 2 :
 - 3.1 une relation entre les impédances Z_1 du montage de l'expérience 1 et celle de cette expérience. (Expérience 2).
 - 3.2 la valeur de l'inductance L de la bobine ;
 - 3.3 l'expression de l'intensité $i_2(t)$ du courant.
4. Détermine à partir de l'expérience 3 :
 - 4.1 la valeur de C_2 ;
 - 4.2 l'expression de l'intensité instantanée $i(t)$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Leçon 4

Résonance d'intensité d'un circuit RLC série

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Tracer	la courbe de résonance d'intensité $I = f(N)$.
Exploiter	la courbe de résonance d'intensité $I = f(N)$.
Expliquer	- le phénomène de résonance d'intensité. - le phénomène de surtension à la résonance d'intensité.
Définir	- la fréquence de résonance. - la bande passante. - le facteur de qualité.
Connaitre	- les expressions : - de la fréquence de résonance d'intensité ; - de la bande passante ; - du facteur de qualité ; - la valeur de la phase $\varphi_{u/i}$ à la résonance d'intensité.
Déterminer	- la fréquence de résonance d'intensité. - la bande passante. - le facteur de qualité.
Donner	quelques applications de la résonance : - en mécanique ; - en électronique ; - en acoustique.

Situation d'apprentissage

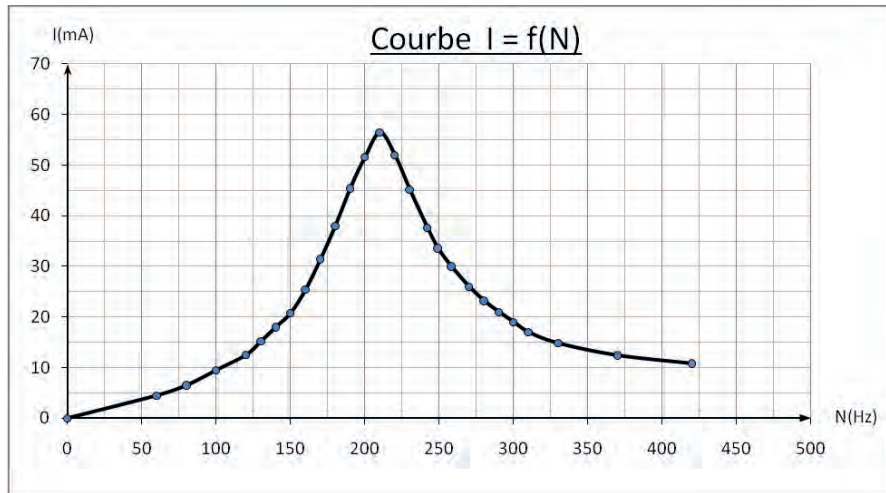
Toutes les dix-huit heures, heure locale, un élève d'une terminale scientifique d'un lycée moderne écoute la radio fréquence 2. À cette heure, il a toujours entendu à la radio : « Nous émettons en modulation de fréquence moyenne sur la bande 92 mégahertz ». Il décide de s'informer sur cette précision auprès d'un électronicien. Ce dernier lui apprend que chaque fréquence radio est située dans une bande passante dont la moyenne est "indiquée" sur les postes radio.

De retour en classe, il en parle à ses camarades et ensemble, ils décident de tracer la courbe de résonance d'intensité, d'expliquer le phénomène de résonance d'intensité, de déterminer la bande passante et la fréquence de résonance.



Résumé du cours

1 Exemple de courbe $I = f(N)$ de résonance d'intensité



2 Résonance d'intensité

Il y a résonance d'intensité d'un circuit RLC série lorsque la fréquence (ou la pulsation) imposée par le générateur est égale à la fréquence (ou la pulsation) propre du circuit RLC.

3 Exploitation de la courbe de résonance d'intensité

• Intensité efficace maximale et fréquence de résonance

L'intensité efficace du courant est maximale et est notée I_0 .

La fréquence à la résonance représente la fréquence propre du dipôle RLC et est notée N_0 .

Exemple : $I_0 = 56,4 \text{ mA}$ et $N_0 = 210 \text{ Hz}$.

• La bande passante à trois décibels

C'est la bande de fréquence ΔN comprise entre N_1 et N_2 telle que : $I(N_1) = I(N_2) = \frac{I(N_0)}{\sqrt{2}}$

Exemple : $\frac{I(N_0)}{\sqrt{2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 39,9 \text{ mA}$; $N_1 = 185 \text{ Hz}$; $N_2 = 240 \text{ Hz}$

• La largeur de la bande passante

La largeur de la bande passante est une grandeur positive notée ΔN ou $\Delta \omega$, telle que :

$$\Delta N = N_2 - N_1 \text{ ou } \Delta \omega = \omega_2 - \omega_1$$

Exemple : $\Delta N = N_2 - N_1 \leftrightarrow \Delta N = 240 - 185$. Soit, $\Delta N = 55 \text{ Hz}$.

4 Définitions et expressions des grandeurs caractéristiques

• Fréquence de résonance

A la résonance d'intensité, la fréquence N_0 du circuit RLC série est : $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Remarque : $L\omega_0^2 C = 1$ ($Z = \sum R$) ; $\varphi_{u/i} = 0$, La tension u et l'intensité i sont en phase.

La largeur de la bande passante $\Delta N = N_2 - N_1$

Pour un circuit RLC série, on a : $\Delta \omega = \frac{\sum R}{L}$ or $\omega = 2\pi N \leftrightarrow \Delta N = \frac{\Delta \omega}{2\pi}$ d'où, $\Delta N = \frac{\sum R}{2\pi L}$

- **Facteur de qualité Q**

Le facteur de qualité du circuit RLC série est une grandeur positive notée Q . Il n'a pas d'unité.

$$Q = \frac{N_0}{\Delta N} \text{ ou } Q = \frac{\omega_0}{\Delta \omega} \text{ ou } Q = \frac{L\omega_0}{\sum R} \text{ ou } Q = \frac{1}{RC\omega_0}$$

Exemple : $N_0 = 210 \text{ Hz}$ et $\Delta N = 55 \text{ Hz}$; $Q = \frac{N_0}{\Delta N}$ AN : $Q = \frac{210}{55} = 3,8$

Le facteur de qualité du circuit diminue lorsque la résistance augmente.

- o Lorsque Q est **élevé**, la résonance est dite **aiguë** et la bande passante est **étroite**.

- o Lorsque Q est **faible**, la résonance est **floue** et la bande passante est **large**.

5 Phénomène de surtension à la résonance d'intensité

- **A la résonance d'intensité :**

- la tension efficace aux bornes du circuit est $U = R.I_0$;
- la tension efficace aux bornes du condensateur est : $U_C = Q.U$
- la tension efficace aux bornes de la bobine est $U_L = Q.U$; donc $U_C = U_L$.

- Lorsque U_C est très grand devant U ($U_C \ll U$) alors il y a **surtension** aux bornes du condensateur, de même qu'aux bornes de la bobine.

Activités d'application

1 Écris la lettre V pour vrai ou la lettre F pour faux dans la case correspondant à chacune des propositions suivantes :

1. L'intensité du courant dans un circuit alimenté par une tension alternative sinusoïdale a la plus petite valeur efficace à la résonance d'intensité. ☐
2. Il y a surtension aux bornes de la bobine et du condensateur à la résonance d'intensité. ☐
3. Le facteur de qualité est une grandeur qui a pour expression $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$. ☐
4. La résonance d'intensité est aussi caractérisée par la relation $LC\omega_0^2 = 1$. ☐
5. La bande passante d'un circuit RLC série caractérise la courbe de résonance d'intensité. ☐
6. La phase $\varphi_{u/i}$ à la résonance d'intensité est toujours supérieure à zéro. ☐
7. La valeur de la résistance du circuit RLC série influence le phénomène de résonance d'intensité. ☐
8. La résonance d'intensité est floue, lorsque le facteur de qualité est grand. ☐
9. Connaissant les valeurs de la résistance, de l'inductance et de la capacité dans un circuit RLC série, on détermine le facteur de qualité Q . ☐
10. L'impédance du circuit RLC série est connue à la résonance d'intensité. ☐

2 Réarrange les mots et groupes de mots ci-dessous de sorte à donner l'information exacte.

à la fréquence propre N_0 du circuit. / Le phénomène de résonance d'intensité / égale / de la tension appliquée / est / se produit lorsque la fréquence N

.....

.....

.....

3 Réarrange les mots et groupes de mots suivants de sorte à donner l'information exacte.

des fréquences / La bande passante / pour lesquelles $I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ / d'un circuit RLC / est l'ensemble / série

.....

.....

.....

4 Écris le numéro de l'affirmation suivi de vrai si l'affirmation est vraie ou de faux si elle est fausse en face de chaque proposition.

1. A la résonance d'intensité, la tension aux bornes du condensateur est égale à la tension aux bornes de la bobine.
 2. A la résonance d'intensité, la tension aux bornes de la bobine est égale à celle aux bornes du générateur.
 3. Lorsque la résonance d'intensité est aiguë l'auditeur radio n'entend qu'une seule station radio.
 4. La largeur de la bande passante augmente quand la résistance du circuit augmente.
-
-

Activités d'application

5 Complète le texte ci-dessous avec les mots ou les groupes de mots suivants :

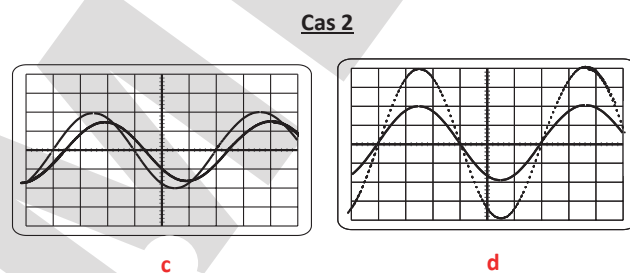
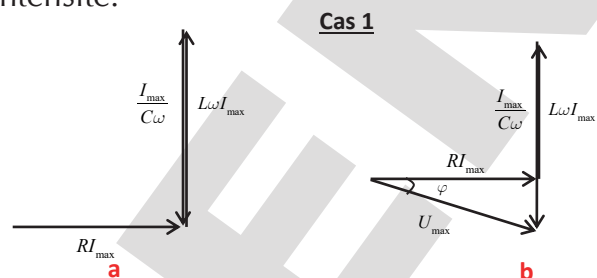
surtension ; l'acuité de la résonance ; aiguë ; sélectif ; floue.

Dans un circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé, la résonance d'intensité est atteinte lorsque l'intensité du courant est maximale. Le facteur de qualité Q du circuit mesure Lorsque Q est élevé, la résonance d'intensité est dite La bande passante est alors étroite, le circuit est dit Dans le cas contraire la résonance d'intensité est dite A la résonance d'intensité, il y a le phénomène de qui est dangereux pour les appareils qui fonctionnent en basse fréquence.

6 Complète les phrases suivantes :

1. À la résonance d'intensité la fréquence du GBF est égale à la du circuit RLC série.
2. À la résonance d'intensité, l'intensité du courant atteint sa valeur
3. À la résonance d'intensité, la phase entre $u(t)$ et $i(t)$ est
4. À la résonance d'intensité, il y a aux bornes de la bobine et du condensateur.

7 Entoure, dans chaque cas, la lettre de la figure ou de la formule qui exprime la résonance d'intensité.



Cas 3

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0 \quad L\omega - \frac{1}{C\omega} > 0$$

e f

8 Relie par un trait, chaque grandeur physique de l'ensemble A à ses expressions dans l'ensemble B.

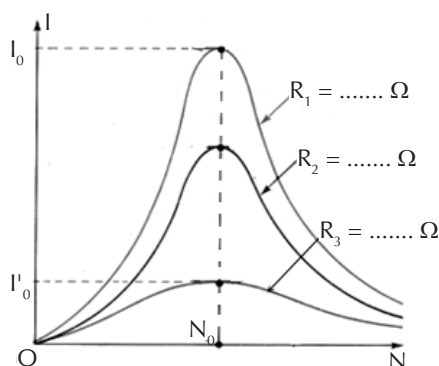
A	B
Facteur de qualité • Largeur de la bande passante •	• $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ • $\frac{R+r}{2\pi L}$ • $\frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$ • $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ • $\frac{f_0}{\Delta f}$ • $\frac{f_0}{Q}$ • $\frac{\omega_0}{\Delta\omega}$

Activités d'application

9 Tu fais varier la fréquence N d'un circuit RLC série à l'aide d'un GBF.

Pour le même circuit série, tu as utilisé successivement trois conducteurs ohmiques de résistances respectives $10\ \Omega$, $57\ \Omega$ et $100\ \Omega$.

1. Fais correspondre chaque courbe à une valeur de la résistance du conducteur ohmique utilisé.
2. Qualifie la résonance pour R_1 et R_3 .



10 Un circuit RLC série comprend : un conducteur ohmique de résistance $R = 20\ \Omega$, une bobine d'inductance $L = 100\ \text{mH}$ et un condensateur de capacité $C = 1,585\ \mu\text{F}$.

Il est alimenté par un GBF.

Détermine :

1. la fréquence f_0 du GBF pour laquelle le circuit est à la résonance d'intensité ;
2. le facteur de qualité Q du circuit ;
3. la largeur de la bande passante Δf .

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur demande à chaque élève de déterminer le facteur de qualité d'un circuit RLC série. Pour ce faire, il met à sa disposition le tableau des mesures ci-dessous indiquant les valeurs de l'intensité efficace I du courant et de la fréquence N .

N (Hz)	50	100	150	200	220	240
I (mA)	8	18	35	76	118	228
N (Hz)	250	260	270	280	300	350
I (mA)	362	500	364	240	136	67

Données : Échelles : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 50 \text{ mA}$ en ordonnée ; $1 \text{ cm} \leftrightarrow 20 \text{ Hz}$ en abscisse.

1. Donne l'expression du facteur de qualité.
2. Trace le graphe $I = f(N)$.
3. Dédus de ce graphe :
 - 3.1 la valeur maximale I_0 de l'intensité efficace du courant ;
 - 3.2 la valeur N_0 de la fréquence à la résonance d'intensité.
4. Détermine graphiquement :
 - 4.1 la largeur de la bande passante ΔN ;
 - 4.2 le facteur de qualité Q du circuit.

PREVIEW

2 Lors d'une d'évaluation de nouveaux bacheliers, dont tu fais partie pour l'obtention de bourses d'étude dans une grande école d'électronique, il est demandé à chaque candidat d'identifier trois composants D_1 , D_2 et D_3 , puis de les associer en série aux bornes d'un GBF en vue de réaliser un circuit RLC.

Les trois composants sont d'abord branchés successivement sur une alimentation continue délivrant une tension de 12 V :

- pour D_1 , $I_1 = 0$ A ;
- pour D_2 et D_3 , $I_2 = I_3 = 240$ mA.

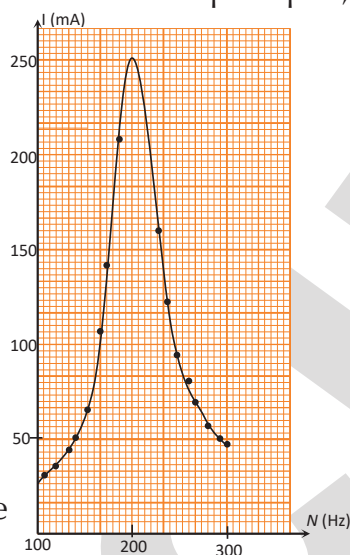
Ensuite on branche successivement les mêmes composants sur une alimentation alternative délivrant une tension efficace de 24 V et de fréquence 50 Hz :

- pour $D_1, I_1 = 75 \text{ mA}$;
- pour $D_2, I_2 = 480 \text{ mA}$;
- pour $D_3, I_3 = 406 \text{ mA}$.

1. Montre que :
 - 1.1 le composant D_1 est un condensateur ;
 - 1.2 les composants D_2 et D_3 ont la même valeur de résistance.
2. Détermine la nature de chacun des dipôles D_2 et D_3 .
3. Détermine :
 - 3.1 l'inductance L de la bobine ;
 - 3.2 la capacité C du condensateur.
4. Détermine, lorsque les dipôles D_1 , D_2 et D_3 sont montés en série :
 - 4.1 la valeur de la fréquence f_0 du GBF pour atteindre la résonance d'intensité ;
 - 4.2 le facteur de qualité Q de ce circuit ;
 - 4.3 la largeur de la bande passant Δf .

[illegible]

3 Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur de Physique-Chimie, vous propose le graphique ci-contre en vue de déterminer les caractéristiques des composants utilisés. Le circuit RLC série comprend un conducteur ohmique de résistance R , un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance $L = 0,2 \text{ H}$.

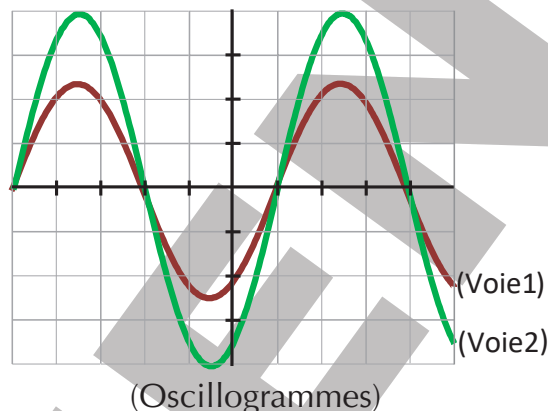


Il est alimenté par un GBF de fréquences variables allant de 100 Hz à 300 Hz qui maintient entre ses bornes, une tension alternative de valeur efficace constante.

1. Donne le nom de la courbe représentée sur le graphique.
2. Déduis de la courbe :
 - 2.1 l'intensité efficace I_0 du courant correspondant à la résonance d'intensité ;
 - 2.2 la valeur de la fréquence N_0 de résonance d'intensité ;
 - 2.3 la largeur ΔN de la bande passante ;
 - 2.4 le facteur de qualité Q .
3. Détermine :
 - 3.1 la valeur de la capacité C du condensateur ;
 - 3.2 la valeur de la résistance R du conducteur ohmique ;
 - 3.3 la tension efficace U aux bornes du générateur.

4 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe étudie un circuit électrique. Ce circuit est constitué d'une bobine de résistance $r = 10 \Omega$, d'inductance $L = 0,25 \text{ H}$, montée en série avec un condensateur de capacité $C = 1,5 \mu\text{F}$. Un générateur de basses fréquences impose au dipôle ainsi constitué une tension sinusoïdale de valeur efficace U constante. L'objectif de cette séance est d'expliquer les effets de la résonance d'intensité sur les composants d'un circuit.

1. Explique le phénomène de résonance d'intensité.
2. Détermine la valeur de la fréquence f_0 du courant pour obtenir la résonance.
3. Détermine le rapport $\frac{U_C}{U}$ de la tension efficace aux bornes du condensateur à celle aux bornes du générateur.
4. Interprète la valeur de ce rapport.



La sensibilité sur les voies 1 et 2 est de 0,2 V/div ;
la base des temps est : 0,05 ms/div.

Le professeur vous demande de déterminer les grandeurs liées à la résonance d'intensité dans le circuit.

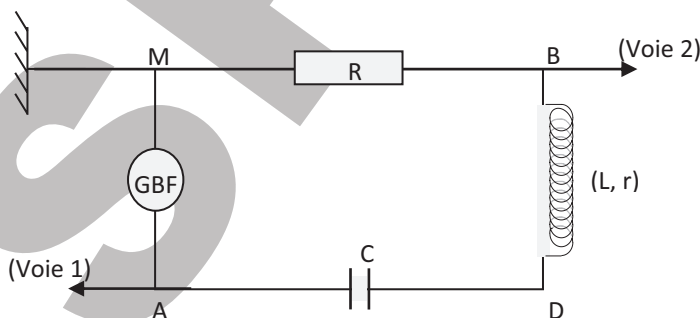
1. Nomme le phénomène observé à oscilloscope.
2. Détermine à partir des oscillogrammes :
 - 2.1 la tension U_m aux bornes du générateur ;
 - 2.2 la tension U_{Rm} aux bornes du conducteur ohmique ;
 - 2.3. la période T_o des tensions.
3. Détermine :
 - 3.1 la résistance r de la bobine ;
 - 3.2 l'inductance L de la bobine.
4. Déduis-en :
 - 4.1 La fréquence N_o à la résonance ;
 - 4.2 la bande passante ΔN ;
 - 4.3 le facteur de qualité Q .

5 Afin d'étudier la résonance d'intensité d'un circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé, votre professeur vous fait réaliser le circuit électrique schématisé ci-dessous.

Ce circuit est constitué :

- d'un conducteur ohmique de résistance $R = 40 \Omega$;
- d'un condensateur de capacité $C = 0,83 \mu F$;
- d'une bobine d'inductance L et de résistance r .

Vous alimentez le circuit par un générateur de basses fréquences (GBF) qui délivre une tension sinusoïdale $u = u_{AM}$. Une fois le circuit réalisé, vous branchez un oscilloscope afin de visualiser les tensions u_{BM} et u_{AM} . Vous obtenez les oscillogrammes ci-dessous.



Leçon 5

Puissance en courant alternatif

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Connaître	les expressions de : - la puissance instantanée ; - la puissance moyenne consommée par des dipôles idéaux (RLC) ; - la puissance moyenne consommée dans un dipôle RLC série.
Connaître	l'expression de l'énergie électrique échangée dans un dipôle RLC.
Définir	le facteur de puissance.
Déterminer	- le facteur de puissance. - la puissance moyenne.
Montrer	l'intérêt du facteur de puissance.
Expliquer	l'intérêt du transport du courant électrique sous haute tension.

Situation d'apprentissage

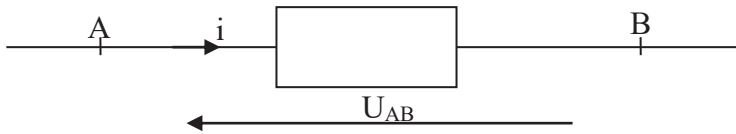
Une élève en classe de Tle C d'un Lycée Moderne de la place découvre dans un livre de physique que le courant alternatif est transporté sous haute tension sur une grande distance. Lors de ce transport, on enregistre des pertes d'énergie en ligne. Pour être utilisé dans les ménages, cette tension est abaissée par des transformateurs qui l'adaptent à la consommation.

En classe, elle partage ces informations avec ses camarades. Ensemble, ils entreprennent de connaître les expressions des différentes puissances, d'expliquer l'intérêt du transport du courant électrique sous haute tension et de déterminer le facteur de puissance.



Résumé du cours

1 Puissance instantanée



$$P = U \cdot I [\cos(2\omega t + \varphi) + \cos \varphi]$$

2 Puissance moyenne

- La puissance moyenne consommée par un dipôle est par définition, la moyenne de la puissance instantanée sur une période.

$$P_m = U \cdot I \cos \varphi \text{ Avec } \cos \varphi = \frac{R}{Z_{AB}}$$

$P_a = U \cdot I$: **Puissance apparente** exprimée en V.A.

$\cos \varphi$ est appelé **facteur de puissance** du dipôle.

- Puissance moyenne consommée par des dipôles idéaux (R, L et C)

✓ Pour un conducteur ohmique : $\cos \varphi = 1$ et d'où $P_R = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$

Cette puissance moyenne ou puissance active est dissipée par effet joule.

✓ Pour une bobine pure ($r = 0$) : $\varphi = \frac{\pi}{2} \leftrightarrow \cos \varphi = 0$. Ainsi, $P_L = 0 \text{ W}$
Une bobine parfaite ne consomme pas de puissance électrique.

✓ Pour un condensateur : $\varphi = \frac{\pi}{2}$, ainsi $\cos \varphi = 0$. D'où $P_C = 0 \text{ W}$.

Un condensateur parfait ne consomme pas de puissance électrique

3 Energie consommée dans le circuit RLC série

L'énergie consommée dans le circuit RLC pendant une durée Δt est :

$$E = P \Delta t = UI \Delta t \cos \varphi$$

4 Transport du courant électrique

$$P_m = UI \cos \varphi \leftrightarrow I = \frac{P_m}{U \cos \varphi} \text{ . Lorsque } I \text{ est grand, alors } \cos \varphi \text{ est petit.}$$

$$P_{\text{perdue}} = R \left(\frac{P_m}{U \cos \varphi} \right)^2$$

- Les pertes d'énergie par effet joule dans les lignes étant proportionnelles au carré de l'intensité, il est nécessaire que le facteur de puissance soit proche de 1 pour minimiser les pertes.
- Pour minimiser les pertes en ligne, il est avantageux de transporter le courant sous haute tension.

Activités d'application

1 Écris la lettre **V** pour **vrai** ou la lettre **F** pour **faux** dans la case correspondant à chacune des propositions suivantes :

1. En régime sinusoïdal, l'expression de la puissance électrique est $U \times I$. ☐
2. La puissance moyenne reçue par un circuit RLC série apparaît sous forme thermique dans la résistance. ☐
3. Le facteur de puissance en régime sinusoïdal est $\cos \varphi$. ☐
4. Le produit $R \times I$ est aussi une autre expression de la puissance instantanée, en régime sinusoïdal. ☐
5. Les bobines pures et les condensateurs parfaits ne consomment aucune énergie. ☐
6. Le produit $U \times I$ est l'expression de la puissance apparente d'un circuit RLC série en régime sinusoïdal. ☐
7. L'énergie électrique est transportée sur de longues distances sous haute tension pour réduire les pertes d'énergie. ☐
8. Le compteur électrique indique la valeur de l'énergie consommée dans une installation domestique. ☐
9. L'élévation de la valeur du facteur de puissance a pour rôle de diminuer la consommation d'énergie. ☐
10. À la résonance d'intensité, le facteur de puissance est nul. ☐

2 Réarrange les groupes de mots ci-dessous de sorte à donner l'information exacte.

thermique dans la résistance. / reçue par un circuit RLC apparaît / sous forme / La puissance moyenne

.....

.....

.....

.....

3 Tu réalises un circuit RLC série. Les caractéristiques de ce circuit sont : $R = 22 \, \Omega$, $L = 550 \, \text{mH}$ et $C = 0,80 \, \mu\text{F}$.

Le circuit est alimenté par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de fréquence N_0 et de valeur efficace $U = 5 \, \text{V}$. Les graphes des tensions u_R et u_C visualisés à l'oscilloscope bi-courbe sont en phases.

1. Donne la valeur du facteur de puissance de ce circuit.
2. Calcule la puissance consommée dans le circuit.

3. Calcule l'énergie E consommée dans le circuit au bout d'une durée $\Delta t = 1$ heure.

.....

.....

.....

4 Complète le texte ci-dessous par les mots, groupes de mots et formule suivants :

puissance, produit, courant alternatif, moyenne, facteur, dipôle, apparente, $P = UI \cos \varphi$, courant continu, volt-ampère.

La puissance moyenne est le quotient de l'énergie consommée E par le temps correspondant t .

On la note L'expression de la reçue par un en n'est donc pas la même qu'en Le UI qui rappelle la formule trouvée en continu porte le nom de puissance ; on l'exprime en pour bien la distinguer de la véritable puissance P .

Activités d'application

La puissance est donc le produit de la puissance apparente et le de puissance.

5 Un dipôle (A,B), alimenté par une tension $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ est traversé par un courant sinusoïdal d'intensité $i(t) = I_m \cos \omega t$.

Montre que la puissance instantanée est :

$$p(t) = UI [\cos(2\omega t + \varphi) + \cos \varphi]$$

.....

.....

.....

6 Complète le tableau suivant.

Expression de grandeurs physiques	$U.I$	$U.I \cos \varphi$	$\cos \varphi$	$U.I \Delta t$
Nom de la grandeur				
Unité de la grandeur				

7 Écris, pour chaque affirmation vrai si l'affirmation est vraie ou faux si elle est fausse.

1. La puissance fournie par un transformateur en k.V.A est une puissance moyenne.
2. Un condensateur ne consomme globalement aucune énergie.
3. Une bobine non résistive consomme de l'énergie.
4. Toute la puissance moyenne reçue par un dipôle (RLC) série est absorbée par effet joule dans la résistance.

.....

.....

.....

.....

.....

8 La tension mesurée aux bornes d'un dipôle (A, B) est : $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ avec $U_m = 169 \text{ V}$. L'intensité du courant le traversant est

$$i(t) = I_m \cos(\omega t) \text{ avec } I_m = 0,254 \text{ A.}$$

Le facteur de puissance du dipôle est $\cos \varphi = 0,86$.

Détermine pour ce dipôle :

1. la puissance apparente ;
2. la puissance moyenne consommée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9 La compagnie Ivoirienne d'Électricité (CIE) fournit à une installation une puissance $P = 1200 \text{ W}$. Sous une tension efficace $U = 220 \text{ V}$, le facteur de puissance de l'installation est de 0,85.

Détermine :

1. l'intensité du courant qui traverse l'installation ;
2. la résistance totale R de l'installation.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre groupe réalise un circuit comprenant en série, un conducteur ohmique de résistance variable R , une bobine d'inductance $L = 20 \text{ mH}$, de résistance négligeable et un condensateur de capacité $C = 5 \text{ }\mu\text{F}$.

La tension appliquée aux bornes de l'ensemble est notée $u(t) = 24\sqrt{2} \sin \frac{2\pi}{T} t$ et sa fréquence vaut $f = 480 \text{ Hz}$.

- Dans un premier temps, le groupe règle la valeur de R à $6 \text{ }\Omega$.
- Dans un second temps, le groupe fait varier la valeur de la résistance R du conducteur ohmique.

Le professeur vous demande de déterminer la valeur de la résistance R pour laquelle la puissance consommée est maximale.

1. Donne l'expression de l'impédance Z du circuit en fonction de R , L , C et f .
2. Détermine :
 - 2.1 l'impédance Z de ce circuit ;
 - 2.2 la phase φ de l'intensité i du courant par rapport à la tension u .
3. Exprime :
 - 3.1 l'intensité $i(t)$ du courant ;
 - 3.2 la puissance moyenne consommée dans ce circuit en fonction de R .
4. Détermine la valeur de la résistance R pour laquelle la puissance consommée est maximale.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2 Votre professeur de Physique-chimie a décidé de tester vos connaissances sur les circuits électriques RLC série en régime alternatif sinusoïdal forcé.

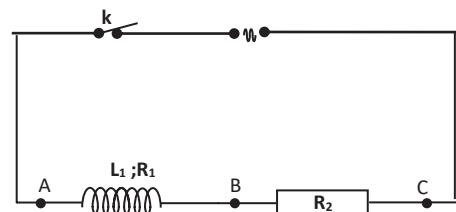
Pour cela, il a proposé de monter en série entre les bornes d'un générateur fournissant une tension sinusoïdale de pulsation ω , les dipôles suivants :

- une bobine (L_1 , R_1) de bornes A et B, d'impédance Z_1 ;
 - un conducteur ohmique R_2 de bornes B et C.
- L'intensité instantanée du courant du circuit est : $i(t) = I_m \sin \omega t$ (en A).

Un voltmètre de grande impédance successivement placé entre A et B, puis entre B et C et enfin entre A et C indique les valeurs efficaces suivantes : $U_{AB} = 45 \text{ V}$; $U_{BC} = 40 \text{ V}$; $U_{AC} = 75 \text{ V}$.

La résistance du conducteur ohmique est $R_2 = 20 \text{ }\Omega$.

Il note la phase $\varphi_{u/i}$ de la tension entre les bornes A et B par rapport à l'intensité du courant.



1. Exprime en fonction de Z_1 , R_2 , I_m , t et $\varphi_{u/i}$ les tensions instantanées u_{AB} et u_{BC} .
2. Écris la relation entre les tensions instantanées u_{AB} , u_{BC} et u_{AC} .
3. Montre, à partir de la construction de Fresnel, que la phase $\varphi_{u/i}$ vérifie la relation $\cos \varphi_{u/i} = \frac{U_{AC}^2 - U_{BC}^2 - U_{AB}^2}{2U_{BC} \times U_{AB}}$.
4. Détermine :
 - 4.1 la puissance consommée dans le conducteur ohmique ;
 - 4.2 la puissance consommée dans la bobine ;
 - 4.3 la résistance de la bobine.

.....

.....

- 2.1 la puissance moyenne consommée ;
- 2.2 l'intensité efficace du courant ;
- 2.3 la puissance apparente.

3. Déduis de ce qui précède :

- 3.1 le facteur de puissance $\cos \varphi$;
- 3.2 l'expression de la tension instantanée $u(t)$;
- 3.3 l'inductance L de l'appareil.

3 Votre professeur vous soumet à l'étude un appareil assimilable à un dipôle de résistance $R = 10 \, \Omega$ et d'inductance L . Cet appareil est alimenté par une tension sinusoïdale de valeur efficace $U = 220 \, \text{V}$, de pulsation $\omega = 100\pi \, \text{rad.s}^{-1}$. Lorsque celui-ci reste branché seul pendant 2 heures, sa consommation d'énergie est $0,89 \, \text{kWh}$.

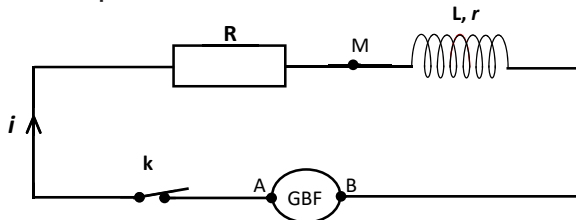
Le professeur vous demande de déterminer le facteur de puissance ainsi que l'inductance de la bobine interne de l'appareil.

Données : $u(t) = U_m \cos(\omega t + 0,52)$ et
 $i(t) = I_m \cos(\omega t)$

1. Donne l'expression de la puissance moyenne aux bornes d'un dipôle en fonction de :
 - 1.1 U et I ;
 - 1.2 l'énergie consommée E .
2. Détermine pour l'appareil :

Exercices de synthèse

1 Votre professeur vous demande d'exploiter les résultats obtenus avec le circuit RLC série schématisé ci-dessous afin de déterminer les caractéristiques (r et L) d'une bobine.



Ce circuit est constitué d' :

- un conducteur ohmique de résistance : $R = 100 \, \Omega$;
- une bobine d'inductance L et de résistance interne r ;
- un générateur de tension sinusoïdale de fréquence $f = 50 \, \text{Hz}$ et de valeur efficace $U_{AB} = 173,2 \, \text{V}$.

Les mesures des tensions efficaces aux bornes du conducteur ohmique et de la bobine sont :

$$U_{AM} = U_{MB} = 100 \, \text{V}.$$

Les expressions des tensions et celle de l'intensité du courant sont :

$$U_{AB} = U_{AB} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi) ; U_{AM} = U_{AM} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$U_{BM} = U_{BM} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_2) ; i = I \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

Donnée:

Échelle de construction du diagramme de Fresnel : 1 cm pour 25V.

1. Donne la relation entre la tension maximale $U_{AB(\max)}$ et la tension efficace $U_{AB(\text{eff})}$.
2. Détermine :
 - 2.1. la valeur de l'intensité efficace I du courant dans le circuit ;
 - 2.2. l'impédance Z_B de cette bobine.
3. Trace le diagramme de Fresnel.
4. Dédus de ce qui précède, les valeurs de :
 - 4.1. la phase φ de u_{AB} par rapport à i ;
 - 4.2. la phase φ_1 de u_{AM} par rapport à i ;
 - 4.3. la phase φ_2 de u_{BM} par rapport à i ;
 - 4.4. la résistance interne r de la bobine ;

4.5. l'inductance L de la bobine.

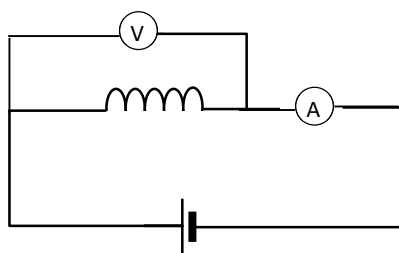
Exercices de synthèse

2 Votre Professeur de physique-chimie, lors d'une séance de travaux pratiques, demande à ton groupe de déterminer les caractéristiques (R,L,C) d'un circuit RLC série.

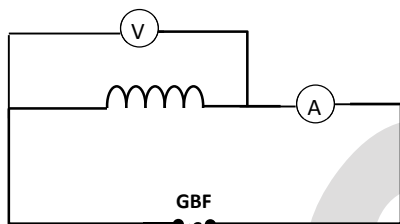
Pour ce faire, vous réalisez les expériences suivantes :

Première expérience :

Vous réalisez les deux montages schématisés ci-dessous :



Montage a



Montage b

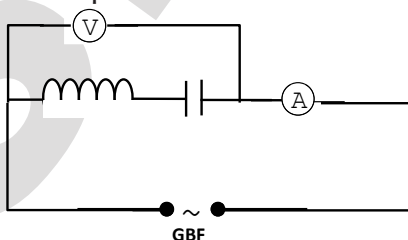
Les mesures obtenues sont :

- Montage a : $U_1 = 5,0 \text{ V}$; $I_1 = 250 \text{ mA}$.
- Montage b : $U_2 = 1,0 \text{ V}$; $I_2 = 19,5 \text{ mA}$;
 $N = 50 \text{ Hz}$

Deuxième expérience

Ton groupe réalise le circuit représenté ci-dessous.

Vous faites varier la fréquence N de la tension délivrée par le GBF tout en maintenant sa valeur efficace constante. Vous relevez alors la valeur de l'intensité I du courant pour chaque valeur de la fréquence N .



Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau ci-dessous :

N (Hz)	50	100	150	200	220	240
I (mA)	8	18	35	76	118	228
N(Hz)	250	260	270	280	300	350
I (mA)	362	500	364	240	136	67

Tu es choisi (e) pour rédiger le compte rendu de ton groupe.

Données : Échelles $1 \text{ cm} \leftrightarrow 50 \text{ mA}$ en ordonnée ; $1 \text{ cm} \leftrightarrow 20 \text{ Hz}$ en abscisse

1. Détermine les valeurs R et L à partir de la première expérience.
2. Trace le graphe de la fonction $I = f(N)$.
3. Détermine graphiquement à la résonance d'intensité:
 - 3.1 l'intensité maximale I_0 ;
 - 3.2 la valeur N_0 de la fréquence N ;
 - 3.3 la largeur de la bande passante ;
 - 3.4 le facteur de qualité Q du circuit.
4. Dédus-en la capacité C du condensateur.



COMPÉTENCE

4

TRAITER UNE SITUATION SE
RAPPORTANT À LA NATURE
DE LA LUMIÈRE.

THÈME 4 : LA LUMIÈRE : ONDE OU PARTICULE

LEÇONS

- 1 MODÈLE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE
- 2 MODÈLE CORPUSCULAIRE DE LA LUMIÈRE

Leçon 1

Modèle ondulatoire de la lumière

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Expliquer	le phénomène de diffraction.
Interpréter	les interférences lumineuses.
Déterminer	la différence de marche de la superposition de deux interférences : – constructives ; – destructives.
Définir	• une onde lumineuse. • une onde électromagnétique.
Connaître	les propriétés des ondes électromagnétiques.
Déterminer	• la longueur d'onde d'une onde électromagnétique. • la fréquence d'une onde électromagnétique.
Citer	des exemples d'ondes électromagnétiques (ondes hertziennes, ondes infrarouges, ondes lumineuses, ondes ultra-violettes, rayons X et γ).
Connaitre	le domaine des longueurs d'onde des ondes électromagnétiques.
Dégager	l'importance de quelques ondes électromagnétiques : – ondes « hertziennes » ; – rayons X ; – rayons γ .

Situation d'apprentissage

Un élève en classe de Terminale dans un Lycée Moderne entend à la radio, les animateurs parler d'ondes courtes, d'ondes moyennes, de modulations de fréquence.

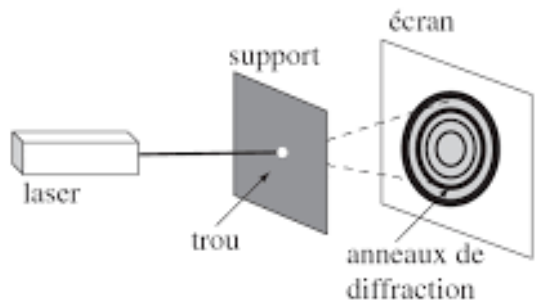
En ville, il aperçoit aussi des pylônes qui, dit-t-on, sont des relais téléphoniques d'ondes hertziennes. Voulant comprendre ces termes techniques, il en discute avec ses camarades de classe. Ensemble, ils décident de définir une onde électromagnétique, de déterminer la longueur d'onde d'une onde électromagnétique et de dégager l'importance de quelques ondes électromagnétiques.



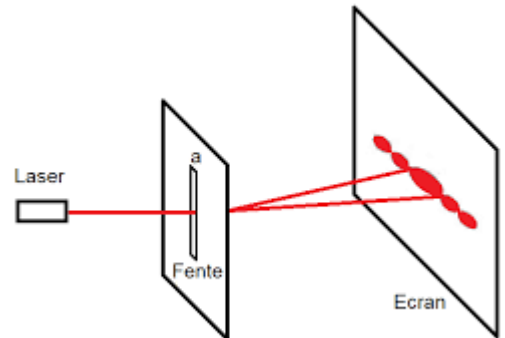
Résumé du cours

1 Phénomène de diffraction

- Diffraction de la lumière par un trou



- Diffraction de la lumière par une fente

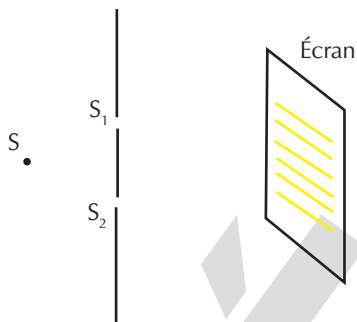


La diffraction de la lumière est le phénomène par lequel les rayons lumineux issus d'une source ponctuelle sont déviés de leur trajectoire rectiligne lorsqu'ils rasent les bords d'un obstacle opaque. Ce phénomène d'optique est dû au caractère ondulatoire de la lumière.

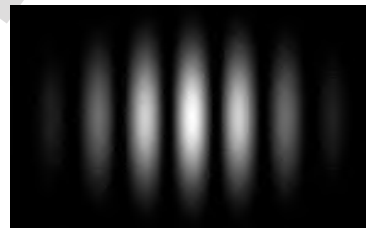
2 Interférences lumineuses

• Les fentes d'Young

- Schéma de principe



- Observation

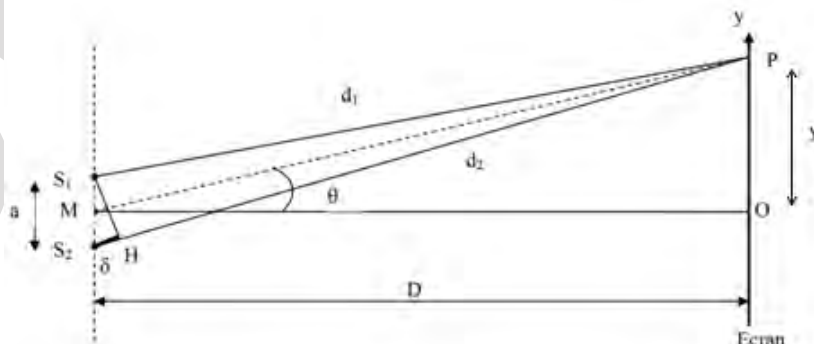


- Interprétation

Les ondes issues de la source se propagent jusqu'aux deux trous. Au niveau de chacun d'eux, l'onde passant à travers est diffractée. Les trous S_1 et S_2 se comportent comme deux sources ponctuelles.

On a interférence lorsque deux ondes, de même nature, de fréquence identique se superposent.

3 Différence de marche de la superposition de deux interférences



- La différence de marche δ (en m) est la différence entre les distances parcourues par les deux ondes : $\delta = S_2P - S_1P$

En P, la différence de marche δ entre les 2 rayons (S_2P et S_1P) vaut : $\delta = \frac{ay}{D}$

- Si $\delta = k\lambda$, ($k \in \mathbb{Z}$) il y a interférences constructives et on observe des franges brillantes.

La distance entre 2 franges brillantes est appelée interfrange i : $i = \frac{\lambda D}{a}$

- Si $\delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$, il y a interférences destructives et on observe des franges sombres.

La distance entre 2 franges sombres est encore égale à : $i = \frac{\lambda D}{a}$

De façon générale, l'interfrange i correspond à la distance séparant 2 franges brillantes ou 2 franges sombres : $i = \frac{\lambda D}{a}$

4 Onde électromagnétique

- **Définition**

Une onde électromagnétique est le résultat de la vibration couplée d'un champ électrique et d'un champ magnétique variables dans le temps.

Une onde électromagnétique est susceptible de se propager dans l'air comme dans le vide. Elle est caractérisée par sa longueur d'onde λ (m) et sa fréquence ν (Hz)

- **Propriétés**

Les ondes électromagnétiques interagissent avec la matière de manière différente selon leur fréquence ν . Plus la fréquence est grande et plus l'énergie E transportée par l'onde est grande :

$$E = h \cdot \nu$$

où $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s est la constante de Planck

- **Une onde lumineuse est une onde électromagnétique visible.**

Activités d'application

1 Écris la lettre V pour vrai ou la lettre F pour faux dans la case correspondant à chacune des propositions suivantes :

1. La vitesse de la lumière est voisine de celle du son. ☐
2. La lumière blanche est un ensemble de lumières monochromatiques. ☐
3. Des gouttelettes d'eau dans le ciel permettent de décomposer la lumière blanche. ☐
4. Le spectre d'une lumière complexe est l'ensemble des raies fines. ☐
5. La décomposition d'une lumière polychromatique par un prisme est due au phénomène de dispersion. ☐
6. La diffraction de la lumière ne se produit que si la lumière passe par plusieurs fentes. ☐
7. Un réseau décompose la lumière blanche en spectre lumineux. ☐

2 Place dans l'ordre les éléments ci-dessous pour obtenir un spectre lumineux.

Écran / petit trou d'une chambre noire / lentille convergente / faisceau de lumière blanche

.....

.....

.....

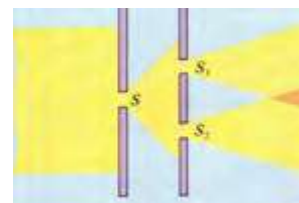
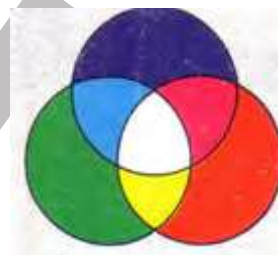
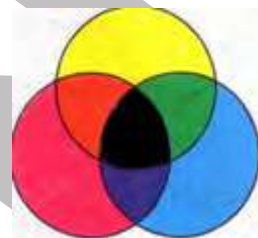
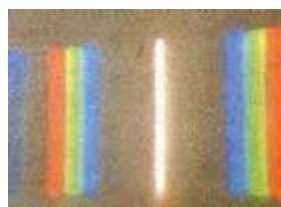
.....

.....

.....

3 Annote les images ci-dessous par les groupes de mots suivants qui conviennent :

Spectre de la lumière blanche / Franges interférences lumineuses / Diffraction de la lumière / Synthèse additive / Synthèse soustractive.



4 Tu es informé (e) que deux sources lumineuses indépendantes émettent des vibrations indépendantes.

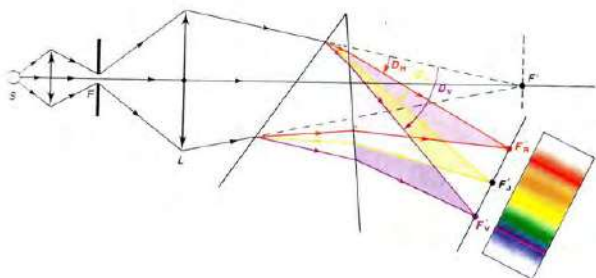
Pour chacune des propositions suivantes :

1. on peut observer une interférence des phares d'une automobile ; ☐
2. une même source de lumière issue d'une fente très mince éclairant deux autres fentes minces placées en face provoque une interférence de lumière ; ☐
3. une lumière laser passant par un réseau produit une interférence ; ☐
4. deux hauts parleurs émettant les mêmes sons, placés face à face, provoquent une interférence, ☐

écris la lettre V en face de la proposition si elle est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

Activités d'application

5 Une expérience qui s'est déroulée dans un laboratoire de Physique a produit le résultat suivant :



1. Donne les noms des différents éléments qui ont servi à réaliser cette expérience.
2. Précise le rôle de chaque élément.

.....

6 Les ondes sont d'une grande importance dans la vie humaine.

Complète les phrases suivantes avec les mots ou expressions qui conviennent :

1. On utilise les ondes pour émettre dans le domaine de l'audio-visuel.
2. La médecine quant à elle, utilise les ondes liés aux pour effectuer les radiologies en cas de recherches d'anomalie dues aux os.
3. Pour le traitement de cancer, on utilise les ondes électromagnétiques dues aux qui irradiant la tumeur par bombardement au cobalt.

7 Relie par un trait un élément de l'ensemble A à sa formule dans l'ensemble B.

A

Longueur d'onde

Fréquence de l'onde

Indice du milieu

B

$$\frac{C_1}{C_2}$$

$$\frac{C}{\lambda}$$

$$\frac{C}{v}$$

$$\frac{1}{v}$$

8 Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots suivants :

interférence, interférence destructive, maximum, interférence constructive, franges brillantes, minimum

On superpose deux faisceaux monochromatiques.

L'intensité qui en résulte varie spatialement entre un qui dépasse la somme des intensités et un qui peut être nul. Ce phénomène est appelé et concerne tout phénomène ondulatoire.

Il existe des endroits où l'intensité est maximale. Ces endroits forment alors des et correspondent à la superposition d'ondes en phase. On parle d'.....

De même, il existe des endroits où l'intensité est nulle. On dit qu'il y a Dans ce cas, les ondes qui se superposent vibrent en opposition de phase.

9 Un laser de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ éclaire un trou de $50 \mu\text{m}$ de diamètre situé à 1 m de l'écran E.

1. Calcule la valeur de l'écart angulaire θ en radians.
2. Déduis-en le diamètre de la tâche centrale.

.....

Activités d'application

10 La période de propagation d'une onde lumineuse est $T = 3 \cdot 10^{-10} \text{ s}$.

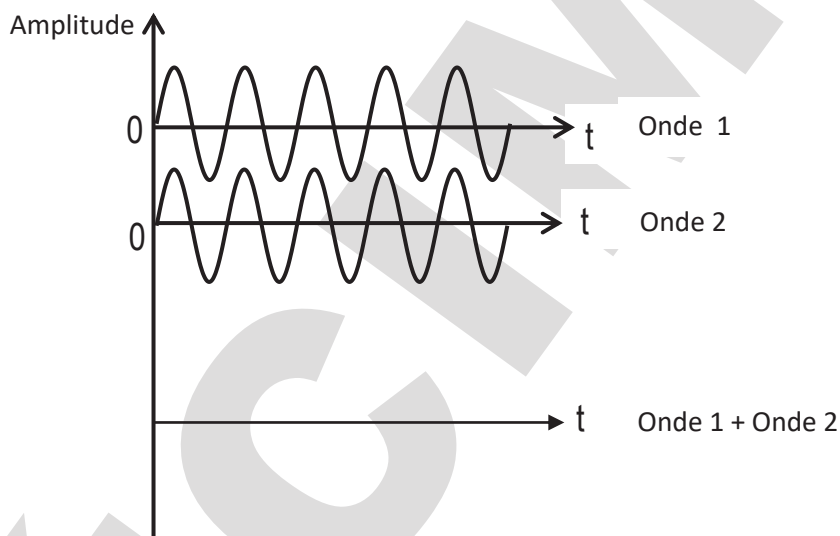
La célérité de la lumière est $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Détermine :

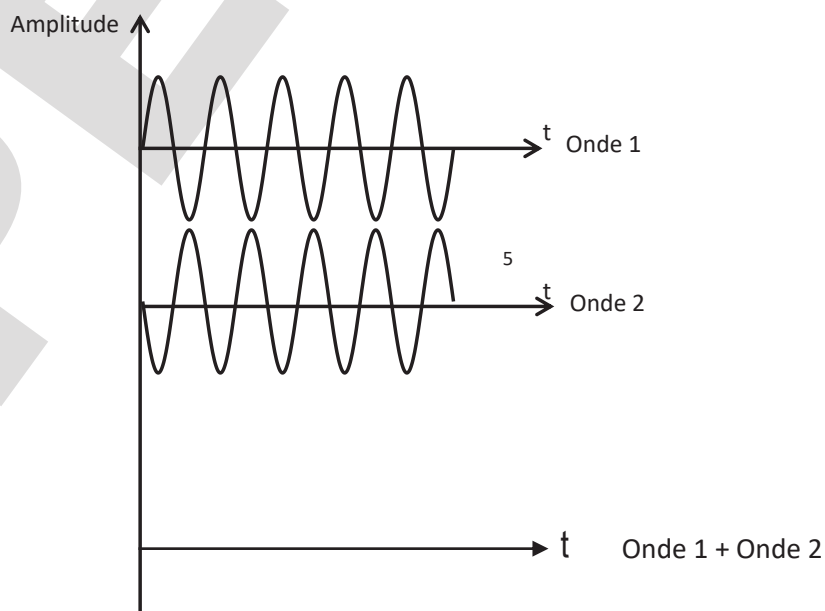
1. sa longueur d'onde λ ;
2. sa fréquence N .

11

1. Représente la superposition de deux ondes électromagnétiques (onde 1 + onde 2) en phase.

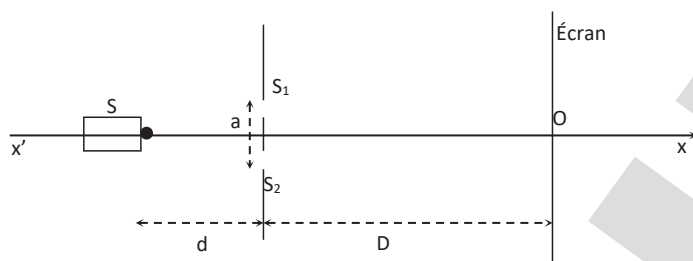


2. Représente la superposition de deux ondes électromagnétiques (Onde 1 + Onde 2) opposées ou en opposition de phase.



Situations d'évaluation

1 Au cours d'une expérience sur le comportement de la lumière, ton professeur de Physique-chimie utilise le dispositif comprenant une plaque percée de deux trous de Young distants de $a = 500 \text{ }\mu\text{m}$. Il utilise comme source émettrice S un laser He-Ne, de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$. Vous observez des interférences sur un écran. La plaque est placée à une distance $d = 20 \text{ cm}$ de la source, l'écran à une distance $D = 4 \text{ m}$ de la plaque. Les deux trous de même diamètre sont placés à égale distance de la source et se comportent comme deux sources synchrones et cohérentes.



Les franges brillantes sont équidistantes.
L'intervalle qui les sépare est appelé interfrange
et noté i .

Vous cherchez à connaître les paramètres dont peut dépendre i (nature de S , a , d , D) et à en donner une expression parmi les propositions suivantes :

a) $\frac{\lambda D}{a}$; b) λD^2 ; c) $\frac{Da}{\lambda}$; d) $\frac{a\lambda}{D}$; e) $\frac{\lambda d}{a}$.

En réalisant plusieurs expériences, où vous faites varier un seul paramètre en laissant les autres identiques, vous constatez ce qui suit :

- L'utilisation d'un laser vert montre que l'interfrange diminue ;
- Si on éloigne l'écran, l'interfrange augmente ;
- La position de S sur l'axe ne modifie pas l'interfrange ;
- Les deux trous étant rapprochés de l'axe, les franges s'écartent les unes des autres.

Tu as participé à cette expérience.

1. Donne, au point O, la nature de la frange observée en justifiant ta réponse.

2. Explique le phénomène d'interférences observé.
3. Élimine, en comparant les unités, une ou plusieurs propositions de l'expression de i .
4. Détermine la valeur de l'interfrange i obtenue avec le laser He-Ne.

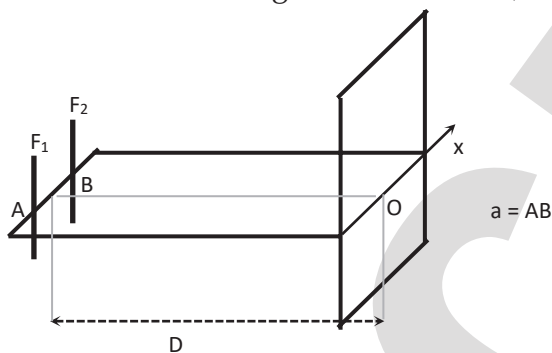
Situations d'évaluation

2 Afin de vous permettre de déterminer la longueur d'onde d'une lumière monochromatique, votre professeur réalise l'expérience ci-dessous.

Il utilise une fente source avec laquelle il éclaire deux fentes verticales fines F_1 et F_2 séparées par une distance $a = AB = 0,20 \text{ mm}$. A une distance $D = 0,50 \text{ m}$ des deux fentes, il place un écran vertical permettant d'observer les interférences. On considère sur l'écran un axe horizontal Ox , le point O se trouvant sur la médiatrice de AB . (Voir figure ci-dessous). Pour un point M de cet axe Ox , d'abscisse x , la différence de marche entre deux rayons provenant de F_1 et F_2 vaut :

$$\delta = \frac{ax}{D}$$

La mesure de l'interfrange i donne : $i = 1,37 \text{ mm}$



Tu es élève de la classe et ta production est attendue.

1. Explique qualitativement le phénomène d'interférence observé sur l'écran.
2. Écris la condition que doit remplir la différence de marche pour que l'intensité lumineuse soit nulle en un point de l'écran.
3. Exprime en fonction de λ , D , a et d'un entier relatif k , l'abscisse x_k d'un point de l'axe pour lequel l'intensité lumineuse est nulle.
4. Détermine la longueur d'onde λ .

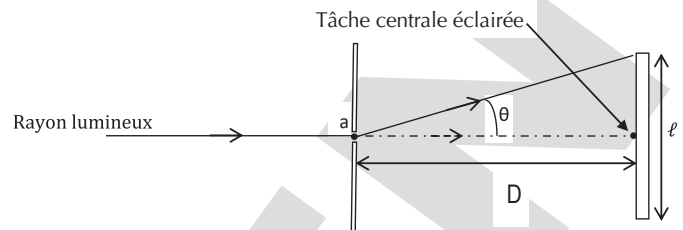
3 Votre professeur de Physique-Chimie réalise l'expérience d'interférences lumineuses avec les fentes d'Young et une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$.

Dans un premier temps, l'écran d'observation (E) est placé à la distance $D = 2 \text{ m}$ du plan des fentes F_1 et F_2 . L'interfrange est i . La longueur occupée par 10 interfranges sur l'écran d'observation est $L = 6 \text{ mm}$.

Dans un second temps, l'écran d'observation est placé à la distance $D = 1,5 \text{ m}$ du plan des fentes F_1 et F_2 . La nouvelle interfrange est i' .

Le professeur vous demande d'étudier l'influence de la distance séparant les fentes de l'écran et la longueur des interfranges.

1. Explique le phénomène d'interférence.
2. Détermine :
 - 2.1 l'interfrange i ;
 - 2.2 la distance a séparant F_1 et F_2 .
3. Calcule la nouvelle interfrange i' .
4. Dédus la nouvelle longueur L' occupée par 10 interfranges.



Les mesures de la largeur de la fente a de la distance D et de la largeur de la tâche centrale conduisent aux résultats suivants : $a = 0,2 \text{ mm}$; $D = 2,00 \text{ m}$ et $l = 12,6 \text{ mm}$.

1. Nomme le phénomène observé.
2. Donne la relation entre l'angle θ , D et l .
3. Calcule la valeur de l'angle θ .
4. Déduis-en la longueur d'onde λ .

4 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe réalise une expérience en utilisant un laser, une fente de largeur réglable et un écran blanc afin de déterminer la longueur d'onde de l'onde électromagnétique utilisée. Le dispositif est représenté ci-après.

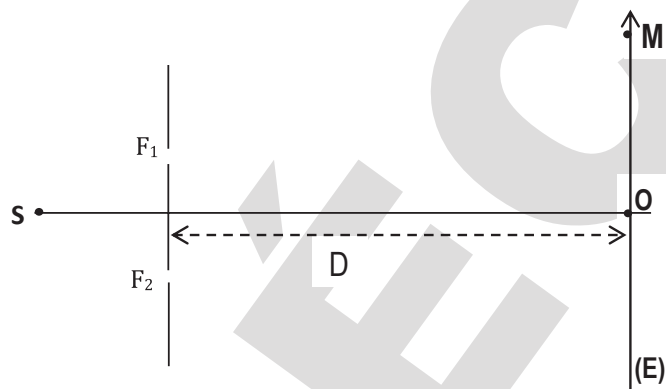
Situations d'évaluation

5 Au cours d'une séance de manipulation, afin de découvrir le phénomène d'interférence, le professeur demande à ton groupe de réaliser l'expérience des fentes d'Young avec deux sources lumineuses monochromatiques S et S' de longueurs d'ondes différentes.

Expérience 1 : La source lumineuse S émet une lumière de longueur d'onde $\lambda = 0,637 \mu\text{m}$, qui après avoir traversé les fentes F_1 et F_2 , donne une image sur l'écran translucide.

Expérience 2 : La seconde source lumineuse S' émet une lumière de longueur d'onde λ' inconnue, qui après avoir traversé les fentes F_1 et F_2 , donne sur l'écran une distance x' entre O et la troisième frange obscure. $x' = 2,73 \text{ mm}$.

Les sources lumineuses sont à égale distance de F_1 et de F_2 , les deux fentes F_1 et F_2 sont parallèles entre elles et perpendiculaires au plan de la figure. Un écran E est placé à la distance D du plan des fentes. Sur l'écran un point M est repéré par son abscisse $x = \overline{OM}$ (voir schéma)



A la fin des expériences, le professeur vous demande de déterminer la différence de marche des rayons lumineux de la source S et la longueur d'onde de la source S' .

Données : $F_1F_2 = a = 1 \text{ mm}$; $D = 2 \text{ m}$

1. Construis la marche des rayons lumineux issus de F_1 et F_2 au point M .
2. Dis ce que tu observes sur l'écran lorsque la source S émet de la lumière.
3. Détermine :
 - 3.1 la différence de marche δ pour $k = 1$;
 - 3.2 l'interfrange i .
4. Détermine la longueur d'onde λ' .

Leçon 2

Modèle corpusculaire de la lumière

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Expliquer	l'effet photoélectrique.
Connaître	- les caractéristiques d'un photon. - la théorie des quanta.
Connaître	la relation de Planck-Einstein : $E = h\nu$.
Expliquer	la quantification de l'énergie d'un atome.
Interpréter	les spectres atomiques (spectres d'émission et d'absorption).
Connaître	la relation $E_n = \frac{-13,6}{n^2}$ (en eV).
Appliquer	la relation $E_n = \frac{-13,6}{n^2}$ (en eV).
Déterminer	les niveaux d'énergie d'un atome : cas de l'atome d'hydrogène.
Représenter	un diagramme énergétique : cas de l'atome d'hydrogène.
Définir	l'énergie d'ionisation.
Utiliser	la relation $\Delta E = E_p - E_n = h\nu = \frac{hC}{\lambda}$.
Analyser	un diagramme de niveaux d'énergie.

Situation d'apprentissage

Un élève en classe de Terminale C au Lycée Moderne 1 Gagnoa découvre dans une revue scientifique que certains milieux, solides, gazeux ou liquides, émettent ou absorbent de la lumière quand ils sont excités par une source d'énergie convenable. C'est le principe des lasers utilisés en médecine.

Curieux, il partage cette information avec ses camarades de classe. Ensemble ils s'organisent pour expliquer l'effet photoélectrique, interpréter les spectres atomiques et représenter le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène.



Résumé du cours

- La lumière est constituée de grains d'énergie ou photons, de masse nulle, se déplaçant dans le vide à la vitesse C et possédant l'énergie $E = h\nu = h \frac{C}{\lambda}$ avec :
 - $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ (constante de Planck) ;
 - $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ célérité de la lumière dans le vide ;
 - ν : fréquence de l'onde associée au photon ;
 - λ : longueur d'onde de l'onde associée au photon.
- L'énergie d'un atome est quantifiée c'est-à-dire qu'elle ne peut prendre qu'une suite discrète de valeurs E_n .
- Pour l'atome d'hydrogène, $E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)}$ avec n le nombre quantique principal.
- L'état de référence choisi pour l'atome est l'état ionisé avec $E = 0$ et donc $n = \infty$.
- L'état d'énergie minimale est l'état fondamental.
- Les états d'énergie supérieure sont appelés états excités.
- Pour tous ces états, l'énergie de l'atome est négative.
- Toute transition électronique d'un niveau n vers un niveau p s'accompagne d'une absorption de photons ($E_n < E_p$) ou d'une émission de photon ($E_n > E_p$) d'énergie $E_{\text{photon}} = h\nu = |E_p - E_n|$.

Activités d'application

1

1. Définis l'effet photoélectrique.
2. Explique le fonctionnement d'une cellule photoélectrique.

2 Complète les phrases suivantes :

1. Un photon est une particule de masse et de charge se déplaçant à la vitesse de la
2. La lumière est constituée de grains ou dont l'énergie est donnée par la relation $E = \dots\dots\dots$
3. L'effet photoélectrique a lieu si l'énergie E transportée par le photon qui rencontre un d'un atome est supérieure à d'extraction de cet électron.
4. Le phénomène de l'effet photoélectrique s'interprète aisément à l'aide de la théorie de la lumière.

3 Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants qui conviennent :

niveaux ; discontinue ; atome ; entier n ; énergie E_n ; nombre ; quantifiée ; fondamentale ; valeurs.

Un atome possède plusieurs niveaux d'énergie. L'énergie d'un ne peut prendre qu'un certain de bien déterminées. On dit qu'elle est ou qu'elle varie de façon L'atome a un nombre de d'énergie. Chaque niveau, caractérisé par un nombre discret, a une Lorsque cette énergie a sa valeur la plus basse, l'atome est dans son état Lorsque l'atome absorbe de l'énergie, il est dans un état excité.

4 Pour chacune des propositions suivantes :

1. Lorsqu'un atome absorbe un photon d'énergie $E = h\nu$, il passe d'un niveau d'énergie E_p à un niveau d'énergie inférieure E_n . **V F**

2. Lorsqu'un atome émet un photon d'énergie $E = h\nu$, il passe d'un niveau d'énergie E_p à un niveau d'énergie inférieure E_n . **V F**
3. Pour un atome, un changement de niveaux d'énergie s'appelle une transition. **V F**
4. Un corps pur peut absorber n'importe quel photon. **V F**
5. Un atome, dans son état fondamental, peut absorber n'importe quel photon d'énergie inférieure à son énergie d'ionisation. **V F**
6. Un atome, dans son état fondamental, ne peut pas émettre un photon. **V F**

Entoure, pour chacune des propositions, la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

5 L'énergie de l'atome d'hydrogène est quantifiée.

1. Ses niveaux d'énergie sont donnés par la relation :
 - a. $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$;
 - b. $E_n = +\frac{13,6}{n^2}$;
 - c. $E_n = -\frac{13,6}{n}$;
 - d. $E_n = +\frac{13,6}{n}$.
2. L'énergie de son état fondamental est :
 - a. +13,6 J ;
 - b. -13,6 J ;
 - c. -13,6 eV ;
 - d. +13,6 eV.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse pour chacune des propositions.

6

1. Définis l'énergie d'ionisation d'un atome.
2. Calcule l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène.

.....
.....
.....

Activités d'application

7 Les deux états suivants de l'atome d'hydrogène sont caractérisés par les énergies

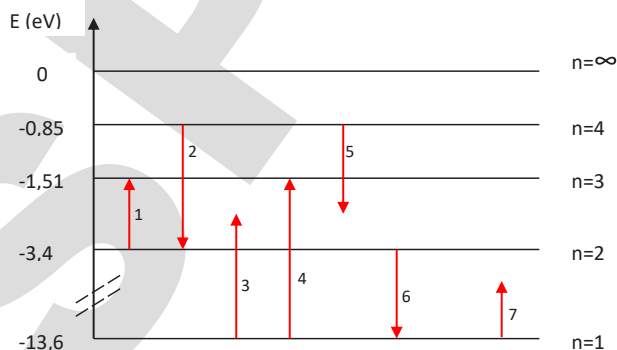
$$E_1 = -1,51 \text{ eV} \text{ et } E_2 = -3,4 \text{ eV}.$$

Détermine la valeur du nombre quantique principal n dans chaque cas.

8 Une source lumineuse émet une radiation électromagnétique de longueur d'onde $\lambda = 590 \text{ nm}$.

1. Calcule la fréquence de cette radiation.
2. Calcule l'énergie transportée par cette radiation en électron-volt (eV) puis en joule (J).

9 Le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène est représenté ci-dessous. Certaines flèches représentent soit l'émission, soit l'absorption d'un photon.



1. Précise les flèches qui correspondent à

l'émission d'un photon.

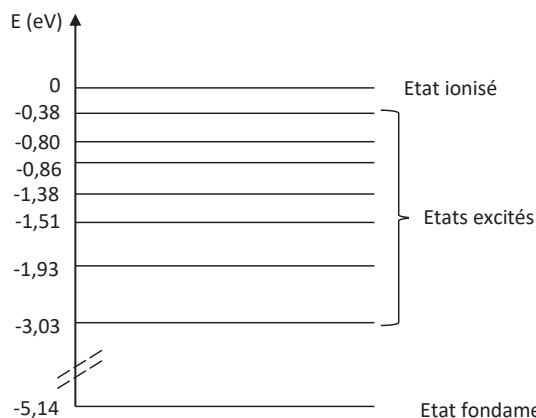
2. Précise les flèches qui correspondent à l'absorption d'un photon.
3. Précise les flèches qui ne correspondent ni à une émission, ni à une absorption de photon.

10 Soient les différentes transitions subies par l'atome d'hydrogène : de $n = 3$ à $p = 2$; de $n = 4$ à $p = 2$; de $n = 6$ à $p = 2$.

1. Donne la relation de l'énergie E_n de l'atome d'hydrogène pour un niveau d'énergie n .
2. Détermine en eV les énergies des photons émis pour chacune des transitions ci-dessus.
3. Dédus-en les longueurs d'onde des radiations émises.

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de travaux dirigés, le Professeur de Physique-Chimie confie à ton groupe le diagramme énergétique ci-dessous qui est celui d'un atome X. Cet atome émet, entre autres, une raie jaune de longueur d'onde $\lambda_1 = 589 \text{ nm}$. Vous devez identifier l'atome X et analyser son comportement lorsqu'il absorbe des photons d'énergie E_A et E_B .



Données :

Atome	Hydrogène	Lithium	Sodium
Energie d'ionisation (eV)	+13,6	+5,39	+5,14

$E_A = 3 \text{ eV}$ et $E_B = 6 \text{ eV}$.

Tu es le rapporteur du groupe.

- Définis l'énergie d'ionisation d'un atome.
- Détermine :
 - l'énergie de première ionisation de l'atome X ;
 - la variation d'énergie correspondant à l'émission de la raie jaune de longueur d'onde λ ;
 - les différents niveaux d'énergie concernés sur le diagramme.
- Identifie l'atome X.
- Analyse le comportement de l'atome X, pris à l'état fondamental lorsqu'il reçoit un photon :
 - de longueur d'onde λ_1 ;
 - d'énergie E_A ;
 - d'énergie E_B .

2 Lors d'une séance de travaux dirigés le Professeur de Physique-Chimie demande à ses élèves de tracer le diagramme représentant les transitions entre les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène dans la série de Balmer. Une analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence de radiations de longueurs d'onde égales à : 656 nm (H_α) ; 486 nm (H_β) ; 434 nm (H_γ) et 410 nm (H_δ).

Données : Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; célérité de la lumière dans le vide : $C = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

La série de Balmer est constituée des raies obtenues lors des transitions d'un niveau $p > 2$ au niveau $n = 2$.

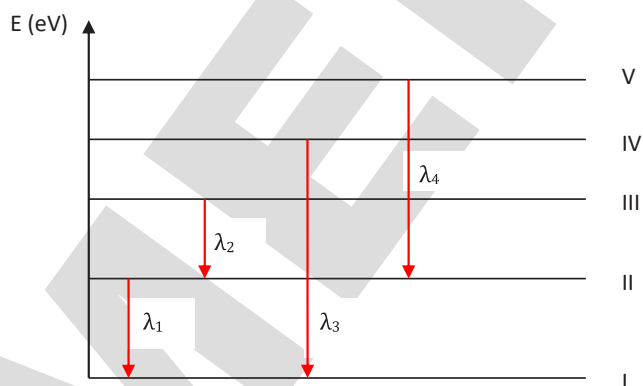
Échelle : 2 cm pour 1 eV.

Tu es élève de la classe et ta production est attendue.

Situations d'évaluation

1. Donne l'expression de l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène en fonction de n , n étant un entier naturel non nul.
2. Établis l'expression littérale de la fréquence des radiations émises pour la série de Balmer.
3. Détermine :
 - 3.1 les énergies des photons émis pour les longueurs d'onde données ;
 - 3.2 l'énergie de l'atome d'hydrogène pour les niveaux électroniques $n = 1, 2, 3, 4, 5$ et 6 .
4. Représente le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène pour les niveaux électroniques ci-dessus en indiquant les transitions suivantes : $p = 3$ et $n = 2$; $p = 4$ et $n = 2$; $p = 5$ et $n = 2$; $p = 6$ et $n = 2$.

- 3** Lors d'une évaluation dans votre classe, votre professeur vous demande de déterminer les différentes énergies de l'atome de lithium et de les affecter aux différents niveaux du diagramme ci-dessous.

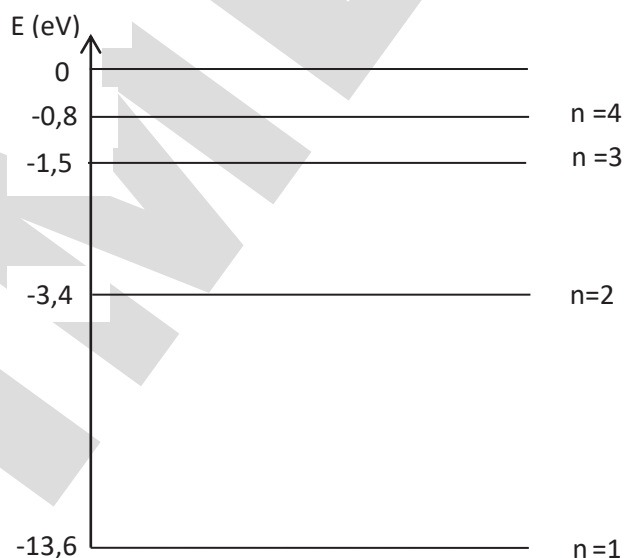


Ce diagramme est celui des niveaux d'énergie de l'atome de lithium de numéro atomique $Z = 3$.

Ces niveaux d'énergie sont notés I, II, III, IV et V. L'énergie du niveau I vaut $E_1 = -5,39 \text{ eV}$; c'est l'énergie de l'électron externe de l'atome dans son état fondamental. Vous considérez les quatre transitions représentées sur le diagramme. Les longueurs d'onde correspondantes sont : $\lambda_1 = 671 \text{ nm}$; $\lambda_2 = 812 \text{ nm}$; $\lambda_3 = 323 \text{ nm}$ et $\lambda_4 = 610 \text{ nm}$.

1. Explique les expressions :
 - 1.1 niveaux d'énergie d'un atome ;
 - 1.2 spectre de raies d'un atome.
2. Montre qu'entre l'énergie d'un photon et sa longueur d'onde λ , il existe la relation $E = \frac{1240}{\lambda}$ (avec λ en nm et E en eV).
3. Détermine :
 - 3.1 l'énergie (en eV) des photons émis lors de chacune des quatre transitions ;
 - 3.2 l'énergie E (en eV) de chaque niveau du diagramme à partir de celle du niveau I.
4. Complète le diagramme avec la valeur de l'énergie de chaque niveau.

reçu, le gaz de la nébuleuse est partiellement ionisé. Les électrons se recombinent avec des noyaux d'hydrogène pour former des atomes excités qui se désexcitent progressivement avec émission de photons". A l'aide du diagramme ci-dessous présentant les premiers niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène, les élèves veulent déterminer le spectre auquel appartient la radiation émise lors de la transition des atomes d'hydrogène du niveau 3 au niveau 2.



Ils te sollicitent afin de les aider.

Données : Constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ et $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Nature de l'onde	Infrarouge	Domaine du visible	Ultra-violet	Rayons X
Longueur d'onde λ (m)	10^{-4} à $7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$ à $4 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$ à 10^{-8}	10^{-8} à 10^{-10}

- Nomme les états:
 - $n = 1$;
 - $n = 2$ et $n = 3$.
- Dis comment faire passer un électron d'un niveau inférieur à un niveau supérieur.
- Détermine la longueur d'onde de la radiation émise lors de la transition des atomes d'hydrogène du niveau 3 au niveau 2.
- Déduis-en le spectre auquel elle appartient.

4 Des élèves d'une classe de terminale apprennent dans un documentaire sur les sources de lumière colorées que : " la grande nébuleuse d'Orion comporte quatre étoiles très chaudes qui émettent un rayonnement riche en ultraviolets (UV) au sein d'un nuage de gaz interstellaire constitué en majorité d'atomes d'hydrogène. Sous l'effet du rayonnement UV

Situations d'évaluation

Un atome d'hydrogène est excité de son niveau fondamental $n = 1$ à son premier état excité $n = 2$, avec émission d'une onde électromagnétique.

Le groupe veut établir la relation entre l'énergie et la fréquence de cette onde.

Données : Constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ et $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Tu es membre du groupe.

1. Dis pourquoi cette énergie est dite quantifiée.
2. Détermine :
 - 2.1 l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène ;
 - 2.2 l'énergie minimum d'un électron capable de provoquer par choc cette excitation.
3. Calcule la longueur d'onde de l'onde électromagnétique émise.
4. Établis la relation littérale donnant la fréquence des ondes lumineuses émises lorsque les atomes d'hydrogène excités passent d'un état d'énergie caractérisé par $n > 2$ à l'état d'énergie caractérisé par $n = 2$.

5 Un groupe d'élèves d'une classe de terminale étudie l'énergie d'un électron pendant son émission.

Pour cela, le groupe considère l'atome d'hydrogène dont les niveaux d'énergie sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ avec } E_n \text{ en eV et } n \text{ nombre entier}$$

naturel supérieur ou égal à 1.

Exercice de synthèse

En vue de montrer les propriétés de la lumière, votre professeur de Physique-Chimie met à votre disposition trois documents à exploiter, obtenus à partir d'expériences.

Document 1

L'expérience a consisté à disposer devant une fente de centre O et de diamètre $a = 3.10^{-3} \text{ m}$, une source de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda_1 = 486 \text{ nm}$, puis à observer son impact sur un écran. L'écran est disposé à une distance $d = 10 \text{ m}$ de la fente et on considère l'observation d'un seul rayon lumineux (voir figure 1).

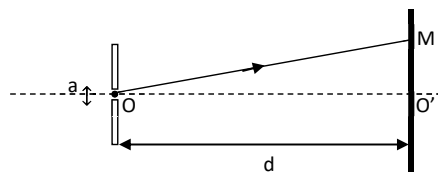


Figure 1

Document 2

L'expérience a consisté à observer la superposition de deux ondes de même fréquence λ_2 en un point N sur un écran fluorescent (voir figure 2).

Données : $\lambda_2 = 656 \text{ nm}$; $d = 2,35400 \text{ m}$

$d' = 2,36712 \text{ m}$

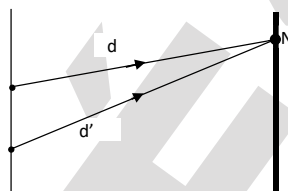


Figure 2

Document 3

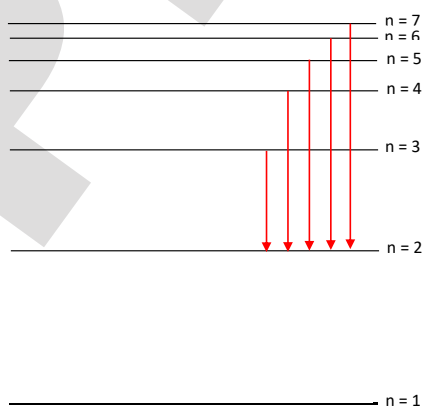
Ce document est une portion du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène.

Données :

$C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$;

$h = 6,626.10^{-34} \text{ J.s}$,

la constante de Planck.



1. Explique le phénomène étudié dans chacun des documents.
2. Détermine :
 - 2.1 la position de l'impact de la lumière sur l'écran dans le document 1 ;
 - 2.2 le type d'interférence dans le document 2.
3. Détermine :
 - 3.1 l'énergie qu'il a fallu communiquer à l'atome d'hydrogène pour l'exciter du niveau $n = 1$ au niveau $n = 7$
 - 3.2 l'énergie émise par l'atome d'hydrogène lorsqu'il se désexcite :
 - 3.2.1 du niveau $n = 7$ au niveau $n = 2$;
 - 3.2.2 du niveau $n = 6$ au niveau $n = 2$;
 - 3.2.3 du niveau $n = 5$ au niveau $n = 2$;
 - 3.2.4 du niveau $n = 4$ au niveau $n = 2$;
 - 3.2.5 du niveau $n = 3$ au niveau $n = 2$.
4. Montre que les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 utilisées dans les documents 1 et 2 sont des radiations de l'atome d'hydrogène.



COMPÉTENCE

5

TRAITER UNE SITUATION
SE RAPPORTANT AUX
RÉACTIONS NUCLÉAIRES

THÈME 5 : RÉACTIONS NUCLÉAIRES

LEÇONS

- 1 RÉACTIONS NUCLÉAIRES SPONTANÉES
- 2 RÉACTIONS NUCLÉAIRES PROVOQUÉES

Leçon 1

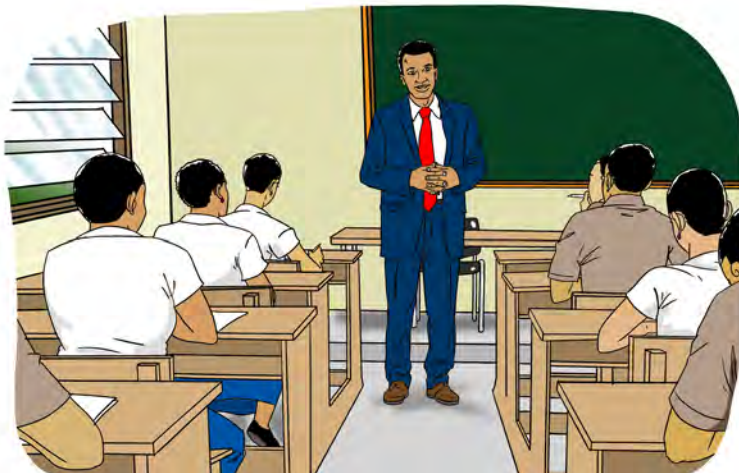
Réactions nucléaires spontanées

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	les termes suivants : – élément chimique ; – nucléide ; – isotopes ; – unité de masse atomique.
Définir	la radioactivité.
Connaître	- la nature des particules α, β et du rayonnement γ. - les lois de conservation des nombres de masse et de charge.
Écrire	les équations bilans des désintégrations α et β .
Définir	l'activité d'un échantillon $A = A_0 e^{-\lambda t}$.
Connaître	l'unité légale de l'activité.
Établir	la loi de décroissance radioactive $N = N_0 e^{-\lambda t}$.
Utiliser	la loi de décroissance radioactive.
Définir	la période ou demi-vie d'une substance radioactive.
Déterminer	- la constante radioactive. - la période. - l'activité. - l'âge d'un échantillon radioactif.

Situation d'apprentissage

Le professeur d'Histoire-Géographie informe ses élèves de la classe de Tle C du Lycée Moderne 1 Gagnoa que les historiens et les archéologues utilisent le carbone 14 qui est radioactif pour déterminer l'âge des objets préhistoriques. Afin d'en savoir davantage, les élèves s'organisent pour définir l'activité d'un échantillon de substance radioactive, connaître la loi de décroissance radioactive, puis déterminer la période, l'activité et l'âge d'un échantillon radioactif.



Résumé du cours

- ❖ Le noyau d'un atome est constitué de A nucléons dont Z protons et N neutrons ($A = Z + N$).
- ❖ La radioactivité est la désintégration de noyaux instables.
- ❖ Les principales radioactivités sont la radioactivité α , la radioactivité β^+ et la radioactivité β^- .
- ❖ Les lois de conservation au cours des réactions nucléaires sont :
 - la conservation de la charge électrique globale ;
 - la conservation du nombre total de nucléons.
- ❖ Pour un échantillon de noyaux instables, le nombre de noyaux diminue selon la loi de décroissance radioactive $N = N_0 e^{-\lambda t}$ avec :
 - N_0 : nombre de noyaux présents à l'instant $t_0 = 0$ s ;
 - N : nombre de noyaux restants à l'instant t ;
 - λ : constante radioactive.
- ❖ La période radioactive ou demi-vie est $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$.
- ❖ L'activité d'une substance radioactive est donnée par $A = A_0 e^{-\lambda t}$ où A_0 est l'activité à $t_0 = 0$ s. C'est le nombre de désintégrations par seconde.

Activités d'application

1 Pour chacune des propositions suivantes entoure la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

- | | | |
|---|---|---|
| 1 La radioactivité est la désintégration de noyaux instables. | V | F |
| 2 La radioactivité est un phénomène nucléaire spontané que subissent tous les noyaux. | V | F |
| 3 La radioactivité est la désintégration de noyaux stables. | V | F |
| 4 Dans une réaction nucléaire, le nombre total de nucléons ne se conserve pas. | V | F |
| 5 Dans une réaction nucléaire, le nombre de charge se conserve. | V | F |

2 Pour chacune des propositions ci-après, entoure la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

- | | | |
|--|---|---|
| 1 La radioactivité α consiste en une émission d'un noyau d'hélium. | V | F |
| 2 L'émission de photons γ ne s'observe que dans la radioactivité α . | V | F |
| 3 Dans une désintégration β^- , le nombre de charge du noyau fils augmente. | V | F |
| 4 Dans une désintégration β^+ , le nombre de charge du noyau fils augmente. | V | F |

3 L'activité d'une substance radioactive est le nombre de désintégrations par seconde.

- | | |
|---|---|
| 1 Au cours du temps, l'activité d'une substance radioactive : | 2. L'activité d'une substance radioactive s'exprime : |
| a) augmente ; | a) en becquerel (Bq) ; |
| b) diminue ; | b) en seconde (s) ; |
| c) reste constante. | c) en $\text{Mev} \cdot \text{c}^{-2}$. |

Entoure pour chaque proposition, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

4 Complète les équations des réactions nucléaires suivantes :

	Émission α	Émission β^+	Émission β^-
1	${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow \dots \text{Pb} + \dots$	${}_{7}^{12}\text{N} \rightarrow \dots \text{C} + \dots$	${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow \dots \text{B} + \dots$
2	${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow \dots \text{Th} + \dots$	$\dots \text{Fe} \rightarrow {}_{25}^{53}\text{Mn} + \dots$	$\dots \text{P} \rightarrow {}_{16}^{32}\text{S} + \dots$

5 Le bismuth (${}_{83}^{212}\text{Bi}$) est radioactif α . Le noyau fils est Y.

- Écris l'équation de désintégration du bismuth.
- Détermine le noyau fils en utilisant le tableau de la classification périodique.

Activités d'application

6 Relie chaque terme ou expression du tableau de gauche à sa définition dans le tableau de droite.

Isotopes d'un élément	•
Unité de masse atomique	•
Élément chimique	•
Nucléide	•

•	Ensemble des atomes caractérisés par un même nombre de charge Z.
•	Atomes de cet élément caractérisés par un même nombre de charge Z et des nombres de masse différents.
•	Douzième de la masse de l'atome du carbone 12.
•	Ensemble des noyaux caractérisés par un même nombre de proton Z et un même nombre de masse A.
•	Ensemble des atomes caractérisés par un même de masse A.

7 Soit une masse $m = 1$ mg de polonium 212 à un instant $t = 0$ s. Sa constante radioactive est égale à $2,3 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$.

1. Définis la période radioactive.
2. Calcule la période T du polonium 212.
3. Calcule la quantité restante au bout de 1 ms.

8 L'isotope ${}^{40}_{19}\text{K}$ du potassium se désintègre pour donner l'argon ${}^{40}_{18}\text{Ar}$. Sa période radioactive est $T = 1,5 \cdot 10^9$ années.

1. Écris l'équation de cette désintégration.
2. Calcule sa constante radioactive λ .

9 À un instant t_0 , un échantillon d'une substance radioactive a une activité de $11 \cdot 10^7$ désintégrations par seconde. La demi-vie de l'élément de cette substance est $T = 1$ s.

1. Calcule sa constante de désintégration radioactive λ .
2. Calcule le nombre moyen de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à l'instant t_0 .

10 La période d'un élément radioactif est T et le nombre de noyaux de cet élément à l'instant $t = 0$ s est N_0 .

Exprime le nombre N de noyaux restants au bout d'un temps $t = 4T$ en fonction de N_0 .

11 Un échantillon d'iode ${}^{131}\text{I}$ a pour période radioactive $T = 8,1$ j (demi-vie).

A $t = 0$ s, l'activité de cet échantillon est $A_0 = 2,2 \cdot 10^5$ Bq.

1. Le nombre d'atomes radioactifs N_0 est :
 - a) $N_0 = 2,2 \cdot 10^{11}$;
 - b) $N_0 = 22 \cdot 10^{11}$;
 - c) $N_0 = 0,22 \cdot 10^{11}$.
2. Le nombre d'atomes radioactifs au bout 360 jours est :
 - a) $N = 0$;
 - b) $N = 11 \cdot 10^{11}$;
 - c) $N = 22 \cdot 10^{11}$.

Souligne, pour chaque proposition, la bonne réponse.

Situations d'évaluation

1 Lisant une revue scientifique, ton camarade de classe découvre le principe de la datation au carbone 14. Dans la biosphère, la proportion des atomes de carbone 14 est d'un atome de ^{14}C pour 10^6 atomes de ^{12}C . A sa mort, un organisme cesse de consommer des composés carbonés et la concentration en ^{14}C commence à décroître.

Le carbone ^{14}C , radioactif β^- , a une période $T = 5590$ années.

Ton camarade entreprend de déterminer l'âge d'un objet d'art découvert dans des fouilles.

Dans un prélèvement de 1 dg de matières organiques sur l'objet d'art, il constate qu'il y a 10 % en masse de carbone. Cet échantillon présente une activité de 1180 désintégrations par seconde.

Données : masse molaire du ^{12}C : $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$;
constante d'Avogadro : $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Éprouvant des difficultés, ton camarade te sollicite afin de l'aider.

1. Écris l'équation de désintégration du ^{14}C .
2. Calcule :
 - 2.1 la masse de carbone dans le prélèvement de 1 dg ;
 - 2.2 la constante de désintégration radioactive λ .
3. Détermine l'activité initiale A_0 de l'échantillon de carbone.
4. Détermine l'âge approximatif de l'objet d'art.

.....

.....

.....

.....

2 Après son cours sur les réactions nucléaires, le professeur demande à ses élèves de Terminale de déterminer graphiquement la période T du polonium 210. Pour ce faire, il met à leur disposition la série d'informations suivantes :

- Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ est radioactif. Sa désintégration s'accompagne de particules α .
- A une date origine $t = 0 \text{ s}$, un échantillon

de polonium 210 renferme N_0 noyaux radioactifs.

- A une date t quelconque, on détermine le nombre N de noyaux non désintégrés. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

t(jours)	0	40	80	100	120	150
$\frac{N}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,61	0,55	0,47
$-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$						

- Tu utiliseras les échelles suivantes :

20 jours $\rightarrow$ 1 cm ;

0,1 unité de $-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) \rightarrow$ 1 cm .

Tu es élève de la classe.

1. Définis la période T d'une substance radioactive.
2. Complète le tableau ci-dessus.
3. Trace la courbe $-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = f(t)$ à l'échelle indiquée.
4. Détermine à l'aide de la courbe :
 - 4.1 la constante radioactive λ du polonium 210 ;
 - 4.2 la période T du polonium 210.

.....

.....

.....

.....

3 Un élève en classe de terminale découvre dans une revue scientifique que l'iode 131 (^{131}I) est utilisé en médecine pour le traitement du cancer de la thyroïde. L'iode 131 est radioactif et sa période est $T = 8,1$ jours. A un instant $t_0 = 0 \text{ s}$, l'activité d'un échantillon d'iode 131 est égale à $2,2 \cdot 10^5 \text{ Bq}$. L'échantillon est inefficace lorsque son activité n'est plus que de $1,1 \cdot 10^3 \text{ Bq}$.

L'élève veut de déterminer la durée d'utilisation

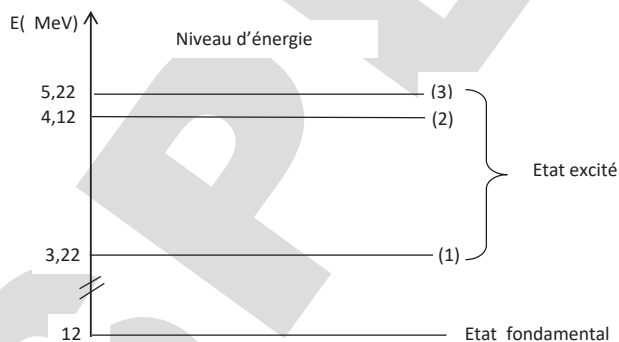
Situations d'évaluation

de cet échantillon.

Éprouvant des difficultés, il te sollicite afin de l'aider.

1. Définis l'activité radioactive d'un échantillon.
2. Détermine :
 - 2.1 le nombre N_0 d'atomes radioactifs présents à l'instant $t_0 = 0$ s ;
 - 2.2 le nombre N d'atomes radioactifs présents au bout d'une année.
3. Interprète le résultat.
4. Détermine la durée Δt d'utilisation de l'échantillon.

4 Après les leçons sur les niveaux d'énergie et les réactions nucléaires spontanées, un groupe d'élèves d'une classe de terminale scientifique veut déterminer la longueur d'onde et le domaine des ondes électromagnétiques des photons émis lors de la désintégration du nucléide ${}^{24}_{11}\text{Na}$. Le nucléide est radioactif β^- , sa désintégration donne le noyau ${}^4_2\text{Mg}$. Ce noyau ${}^4_2\text{Mg}$ peut apparaître sous différents états excités correspondant au diagramme des énergies ci-dessous.



Données : Constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s ; $C = 3 \cdot 10^8$ ms⁻¹ ; 1 eV = $1,602 \cdot 10^{-19}$ J

Tu es un membre du groupe.

1. Définis un noyau fils.

2. Écris l'équation de cette désintégration.
3. Détermine l'énergie lors de la dés-excitation d'un noyau fils de l'état excité 2 au niveau fondamental.
4. Dédus-en :
 - 4.1 la longueur d'onde des photons émis lors de cette dés-excitation ;
 - 4.2 le domaine des ondes électromagnétiques.

5 Afin d'étudier l'activité A d'un échantillon radioactif, votre professeur vous donne le tableau ci-dessous.

t(min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
A(Bq)	890	733	631	523	462	392	332	290	242	211	180
lnA											

Échelles : 2 cm pour une unité de lnA en ordonnées et 2 cm pour une minute en abscisses.

Le Professeur vous demande de déterminer la période radioactive du nucléide radioactif.

1. Complète le tableau ci-dessus.
2. Trace la courbe ln A en fonction de t.
3. Dédus de la courbe :
 - 3.1 la constante radioactive λ des noyaux radioactifs présents dans cet échantillon ;
 - 3.2 la période T du nucléide radioactif.

Leçon 2

Réactions nucléaires provoquées

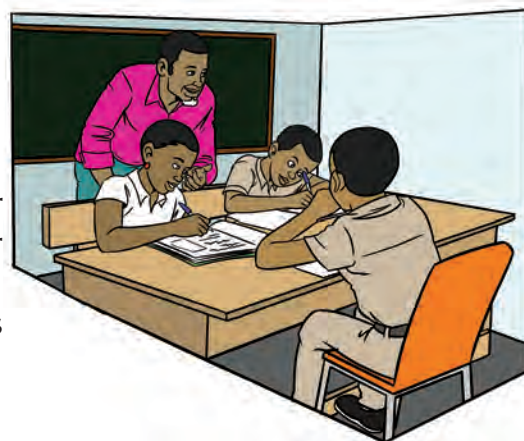
Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	le défaut de masse
Connaître	l'unité de défaut de masse
Définir	- l'énergie de liaison E_l. - l'énergie de liaison par nucléon E_a.
Utiliser	les relations $E_l = \Delta m.C^2$ et $E_a = \Delta m.C^2 / A$
Définir	- une fission nucléaire. - une fusion nucléaire.
Citer	- des exemples de fissions nucléaires. - des exemples de fusions nucléaires.
Écrire	- l'équation-bilan d'une fission nucléaire. - l'équation-bilan d'une fusion nucléaire
Connaître	- les applications de la radioactivité. - les dangers de la radioactivité.

Situation d'apprentissage

Au cours d'un échange avec ses élèves de la Terminale D1 du Lycée Municipal Guibéroua, le professeur de SVT annonce ceci : « Aujourd'hui, en médecine, on peut traiter certains types de cancers par l'utilisation de rayonnements radioactifs ».

Impressionnés par cette information, et voulant approfondir leurs connaissances, les élèves entreprennent de déterminer le défaut de masse, de définir l'énergie de liaison d'un noyau, la fission nucléaire, la fusion nucléaire, et de connaître les applications et les dangers de la radioactivité.



Résumé du cours

- ❖ L'énergie de liaison d'un noyau est donnée par la relation $E_l = \Delta m.C^2 = [(Zm_p + (A - Z)m_n) - m].C^2$
 - Δm est le défaut de masse du noyau ;
 - c est la vitesse de la lumière dans le vide.
- ❖ L'énergie de liaison par nucléon $E_a = \frac{E_l}{A}$ d'un noyau définit sa stabilité ; plus E_a est grande, plus le noyau est stable.
- ❖ Une fission nucléaire est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau cible lourd bombardé par un projectile se scinde en deux noyaux plus légers.
- ❖ Une fusion nucléaire est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau cible léger capture la particule avec laquelle il est bombardé pour former un noyau plus lourd.

Activités d'application

Dans tous les exercices, tu prendras, en cas de besoin :

Masse d'un proton : $m_p = 1,007276u$; masse d'un neutron : $m_n = 1,008665u$; unité de masse atomique : $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; vitesse de la lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; constante d'Avogadro : $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

1 Définis :

1. une fission nucléaire.
2. une fusion nucléaire.

2 Un noyau d'hélium est noté : ${}^4_2\text{He}$.

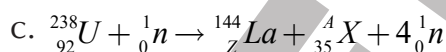
1. Définis :
 - 1.1 l'énergie de liaison de ce noyau ;
 - 1.2 le défaut de masse du noyau.
2. Calcule :
 - 2.1 le défaut de masse du noyau ;
 - 2.2 l'énergie de liaison du noyau ;
 - 2.3 l'énergie de liaison par nucléon.

3 Entoure parmi les équations de réactions nucléaires ci-dessous, les numéros de celles qui correspondent à une fission nucléaire.

1. ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
2. ${}^{124}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{124}_{52}\text{Te} + {}^0_{-1}\text{e}$
3. ${}^{235}_{91}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{94}_{39}\text{Y} + {}^{139}_{53}\text{I} + 3{}^1_0\text{n}$
4. ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{Po} + {}^1_0\text{n}$

4 Détermine les nombres A et Z dans les équations de réactions de fission nucléaires ci-dessous.

- a. ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2{}^1_0\text{n}$
- b. ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{139}_{57}\text{La} + {}^A_Z\text{X} + 3{}^1_0\text{n}$

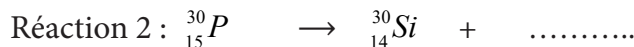
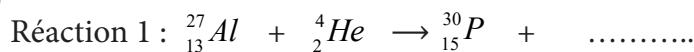


5 Un noyau de Bismuth ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ a pour masse $m = 211,94571 \text{ u}$. C'est un noyau radioactif α .

1. Son défaut de masse Δm est :
 - a) $12,99 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 - b) $1,299 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 - c) $0,1299 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
2. L'énergie de liaison E_ℓ est :
 - a) $1,1691 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
 - b) $11,691 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
 - c) $116,91 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
3. L'énergie de liaison par nucléon E_a est :
 - a) $5,5 \cdot 10^{-12} \text{ J}$
 - b) $55 \cdot 10^{-12} \text{ J}$
 - c) $0,55 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

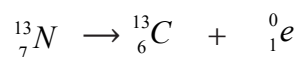
Souligne dans chaque cas la bonne réponse.

6 Soient les deux équations de réactions nucléaires suivantes :



1. Complète ces deux équations de réactions.
2. Précise :
 - 2.1 la réaction nucléaire spontanée ;
 - 2.2 la réaction nucléaire provoquée.
3. Dis si la réaction nucléaire provoquée est une fission ou une fusion nucléaire.

7 L'équation suivante est celle d'une désintégration radioactive.



1. Précise le type de radioactivité.
2. Calcule l'énergie de liaison de ${}^{13}_6\text{C}$.

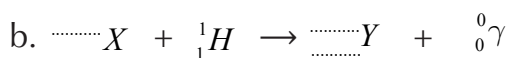
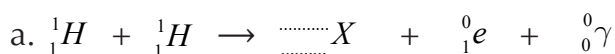
Activités d'application

3. Compare l'énergie de liaison de $^{13}_6\text{C}$ à celle de $^{12}_6\text{C}$

4. Déduis-en l'isotope le plus stable.

Données : masse de $^{13}_6\text{C}$: $m = 13,00335\text{u}$;
énergie de liaison de $^{12}_6\text{C}$: $E_l = 7,424\text{ MeV}$.

8 Tu étudies le cycle des réactions nucléaires qui se produisent dans le Soleil. Ces réactions sont :



1. Détermine X, Y et Z.

2. Déduis-en le bilan global de la réaction de fusion qui a lieu au sein du Soleil.

9 Le bismuth $^{212}_{83}\text{Bi}$ est radioactif α .

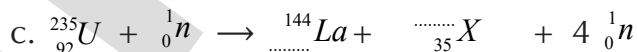
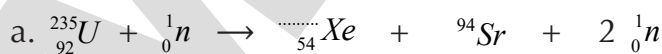
1. Écris son équation de désintégration en t'aidant du tableau de la classification périodique.

2. Calcule, en MeV, l'énergie de liaison du noyau du $^{212}_{83}\text{Bi}$.

3. Déduis-en l'énergie de liaison par nucléon du bismuth.

Donnée : masse du noyau du bismuth : $m_{\text{Bi}} = 211,94571\text{u}$.

10 La fission du noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$, bombardé par un neutron, permet d'obtenir divers produits à travers les réactions telles que :



Cette fission se fait avec une perte de masse moyenne de $0,2\text{u}$.

1. Complète ces réactions nucléaires.

2. Déduis-en la nature du noyau dont le symbole est X en t'aidant du tableau de la classification périodique.

3. Calcule, en joule (J) puis en MeV, l'énergie moyenne libérée par cette fission.

Activités d'application

11 Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants qui conviennent : **carbone 14 radioactif ; l'âge ; radioactifs ; rayonnements radioactifs ; nucléaires ; produits radioactifs ; irradiation ; radiothérapie.**

La radioactivité permet des applications industrielles très importantes mais elle comporte aussi des dangers.

En médecine, certains éléments se fixent sélectivement sur un organe et permettent de l'étudier. Le traitement par consiste à implanter dans une tumeur cancéreuse par exemple des sources radioactives.

La détermination de d'objets anciens peut se faire à l'aide du

La destruction des champignons des denrées alimentaires et la stérilisation d'objets médicaux se fait souvent par

Mais l'exposition aux est dangereuse pour l'homme, les animaux et les plantes. Il faut noter aussi les accidents d'installations qui constituent des catastrophes de grande ampleur. Lorsque cela arrive, ces installations répandent dans la nature des quantités importantes de qui obligent l'évacuation des populations.

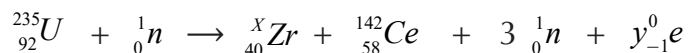
12 En 1934, Frédéric et Irène Joliot-Curie ont découvert la radioactivité artificielle. Ils ont obtenu des noyaux de phosphore $^{30}_{15}\text{P}$ et une autre particule p en bombardant des noyaux d'aluminium $^{27}_{13}\text{Al}$ par des particules α . Le phosphore obtenu est radioactif et se désintègre pour donner des particules β^+ et du silicium (Si).

1. Écris l'équation de la réaction nucléaire d'obtention du phosphore.
2. Nomme la particule p obtenue.
3. Écris l'équation de la désintégration du phosphore.

Situations d'évaluation

1 Après le cours de Physique sur les réactions nucléaires, un groupe d'élèves de ta classe entreprend de calculer l'énergie libérée par la fission d'un gramme d'uranium 235 et de la comparer à celle du pétrole. Le pouvoir calorifique du pétrole est $4,4 \cdot 10^7 \text{ J.kg}^{-1}$.

Le noyau d'uranium 235 étudié peut être brisé par un neutron « lent » en deux nouveaux noyaux. Les deux noyaux formés sont instables et se désintègrent par radioactivité β^- . Dans un réacteur nucléaire à eau sous pression, une fission possible du noyau d'uranium 235 est représentée par l'équation suivante :



L'énergie libérée lors de la fission est donnée par la relation $E = \Delta m \cdot c^2$ où Δm est la variation de masse du système et c la vitesse de la lumière. Une partie de cette énergie se retrouve sous forme de rayonnement.

Données : énergies de liaison par nucléon :

Nucléon	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{40}^X\text{Zr}$	${}_{58}^{142}\text{Ce}$
Energie (MeV)	7,70	8,80	8,45

Ils te sollicitent afin de les aider.

1. Définis :

- 1.1 une fission nucléaire ;
- 1.2 l'énergie de liaison d'un noyau.

2. Détermine :

- 2.1 le nombre de masse x de l'atome Zr ;
- 2.2 le nombre y d'électrons libérés par la fission.

3. Détermine :

- 3.1 en MeV l'énergie libérée par un noyau ayant subi la fission ;
- 3.2 en MeV puis en joules (J), l'énergie produite par la fission d'un gramme d'uranium 235 ;

4. Détermine la masse de pétrole dont la combustion fournirait une énergie équivalente à celle produite par la fission d'un gramme d'uranium 235.

2 Des élèves d'une classe de Terminale scientifique ont appris, en lisant un document sur les travaux de Frédéric et Joliot-Curie ce qui suit : « La radioactivité artificielle permet d'associer à chaque élément un certain nombre de radio-isotopes possédant les mêmes propriétés chimiques que l'élément stable. Ces radioéléments sont souvent utilisés en médecine ». Ils désirent, à partir de cette information, évaluer le volume sanguin d'un individu en utilisant le radio-isotope ${}_{11}^{23}\text{Na}$ du sodium. Le sodium 24 est obtenu en bombardant le sodium ${}_{11}^{23}\text{Na}$ par des neutrons.

Le sodium 24 est radioactif par émission β^- et sa période ou demi-vie est de 15 heures.

On suppose que si l'on injecte dans le sang d'un individu 10 cm^3 d'une solution contenant initialement du sodium 24 à la concentration molaire volumique $C_0 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ et qu'au bout de 6 heures, l'on prélève 10 cm^3 de sang du même individu, on trouvera $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$ de sodium 24.

Tu admettras que le sodium 24 est uniformément réparti dans le volume sanguin.

Éprouvant des difficultés, ces élèves te sollicitent afin de les aider.

1. Écris la réaction de formation du sodium 24 par bombardement du sodium ${}_{11}^{23}\text{Na}$ avec les neutrons.

2. Écris l'équation de désintégration du sodium 24.

3. Détermine le nombre de moles :

- 3.1 n_0 de sodium 24 introduit dans le sang ;
- 3.2 n de sodium 24 restant dans le sang au bout de 6 heures en utilisant la loi de décroissance radioactive.

4. Dédus de ce qui précède le volume sanguin

Situations d'évaluation

de l'individu en tenant compte des mesures effectuées au bout de 6 heures.

.....

.....

.....

.....

3 Après le cours sur la radioactivité, ton voisin de classe, veut tester ses connaissances. Il sait que le sodium $^{23}_{11}\text{Na}$ est radioactif β^- . Il entreprend de rechercher l'élément ^A_ZX qui peut subir une réaction de fusion avec un noyau de deutérium ^2_1H pour donner le sodium et de calculer la masse du produit de désintégration du sodium 24.

Pendant 10 minutes, le faisceau de deutérium amène sur la cible ^A_ZX , 10^6 particules par seconde que l'on suppose toutes efficaces.

Ton voisin, qui éprouve des difficultés, te demande de l'aider.

Données : masse molaire atomique du produit obtenu : $M = 24 \text{ g.mol}^{-1}$;

Extrait du tableau de la classification périodique :

$^{16}_8\text{O}$	$^{19}_9\text{F}$	$^{20}_{10}\text{Ne}$	$^{23}_{11}\text{Na}$	$^{24}_{12}\text{Mg}$	$^{27}_{13}\text{Al}$	$^{28}_{14}\text{Si}$
-------------------	-------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

1. Écris l'équation de la réaction de fusion entre ^A_ZX et le noyau ^2_1H qui permet d'obtenir le sodium $^{23}_{11}\text{Na}$ radioactif.

2. Identifie l'élément X.

3. Écris l'équation de la réaction de désintégration du sodium $^{23}_{11}\text{Na}$ radioactif.

4. Détermine la masse du produit obtenu au bout de 10 minutes.

.....

.....

.....

.....

.....

4 Des élèves apprennent dans un document scientifique que le combustible d'une centrale nucléaire est constitué par de l'uranium enrichi, mélange des deux isotopes de l'uranium : $^{238}_{92}\text{U}$ et $^{235}_{92}\text{U}$.

Sachant que l'uranium 235 est fissile, sous le choc d'un neutron, son noyau peut se scinder en deux noyaux plus légers en émettant d'autres neutrons. Parmi les diverses réactions possibles, il y en a une qui donne les deux nucléides $^{139}_{54}\text{Xe}$ et $^{95}_{38}\text{Sr}$.

Les élèves veulent calculer l'énergie libérée au cours de cette fission.

Données :

Nucléide	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{139}_{54}\text{Xe}$	$^{95}_{38}\text{Sr}$	^1_0n
m (en u)	235,120	138,955	94,945	1,0087

- Définis une fission nucléaire.
- Écris l'équation de la réaction nucléaire résultant de choc d'un neutron sur le noyau de l'uranium 235.
- Précise le nombre de neutrons émis.
- Détermine lors de la fission :
 - la perte de masse ;
 - l'énergie libérée par la fission de l'uranium 235 en MeV.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Exercices de synthèse

1 Lors d'une conférence sur la radioactivité, le conférencier vous donne les informations suivantes :

« Le carbone 14 est radioactif émetteur β^- et sa période est 5730 ans.

Mais il se produit constamment dans l'atmosphère à la suite d'un bombardement de l'azote 14 par les neutrons cosmiques. Il s'établit ainsi un équilibre stationnaire entre sa formation et sa disparition. Du fait de la quantité de carbone 14 qu'il contient, le carbone naturel a une activité de 900 Bq en une heure.

Pour dater une pièce de bois trouvée sur un site archéologique, on en a brûlé un petit échantillon et on a effectué un comptage sur le dioxyde de carbone CO_2 obtenu. On a trouvé une activité de 5950 désintégrations en 10 heures par gramme de carbone. »

Ayant participé à cette conférence avec votre professeur, il te demande de déterminer l'âge de ce bois.

1. Définis la période d'un échantillon radioactif ;
2. Donne l'expression de la loi de décroissance radioactive.
3. Écris les équations :
 - 3.1 de la désintégration du carbone ;
 - 3.2 de la formation du carbone 14.
4. Détermine l'âge de ce bois.

.....

.....

.....

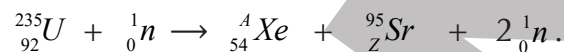
.....

.....

2 Lors d'une séance de travaux dirigés, le professeur vous informe que :

- l'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ est un nucléide qui peut subir une fission et une désintégration radioactive ;
- l'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ est émetteur de particule α . Sa période est $T = 7,2 \cdot 10^8$ ans ;

– Par capture d'un neutron, l'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ donne la réaction nucléaire suivante :



Données :

$$m(^{235}_{92}\text{U}) = 235,013 \text{ u} = 3,903 \cdot 10^{-25} \text{ kg} ;$$

$$m(^{92}_{38}\text{Sr}) = 93,8946 \text{ u} ; m(^{141}_{54}\text{Xe}) = 138,888 \text{ u} ;$$

$$m({}^1_0\text{n}) = 1,008 \text{ u} ; \text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ;$$

$$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2} ; \text{N} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

On dispose d'une masse $m_0 = 1 \text{ g}$ d'uranium à la date $t = 0 \text{ s}$.

On ne tiendra pas compte des électrons.

1. Définis :

- 1.1 la période radioactive T d'un nucléide ;
- 1.2 la fission nucléaire.

2. Définis :

- 2.1 les valeurs de A et de Z ;
- 2.2 la constante radioactive λ de l'uranium ;
- 2.3 le nombre de noyaux N_0 présents dans la source à la date $t = 0 \text{ s}$;
- 2.4 le nombre de noyaux $N(t)$ présents dans la source aux dates $t = T$, $t = 2T$ et $t = 3T$.

3. Représente qualitativement la courbe de décroissance radioactive $N = f(t)$ sur trois périodes successives (Faire figurer les ordonnées des d'abscisses 0, T , $2T$ et $3T$).

4. Détermine l'énergie libérée, en Mev, lors de la capture d'un neutron par un noyau d'uranium 235.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

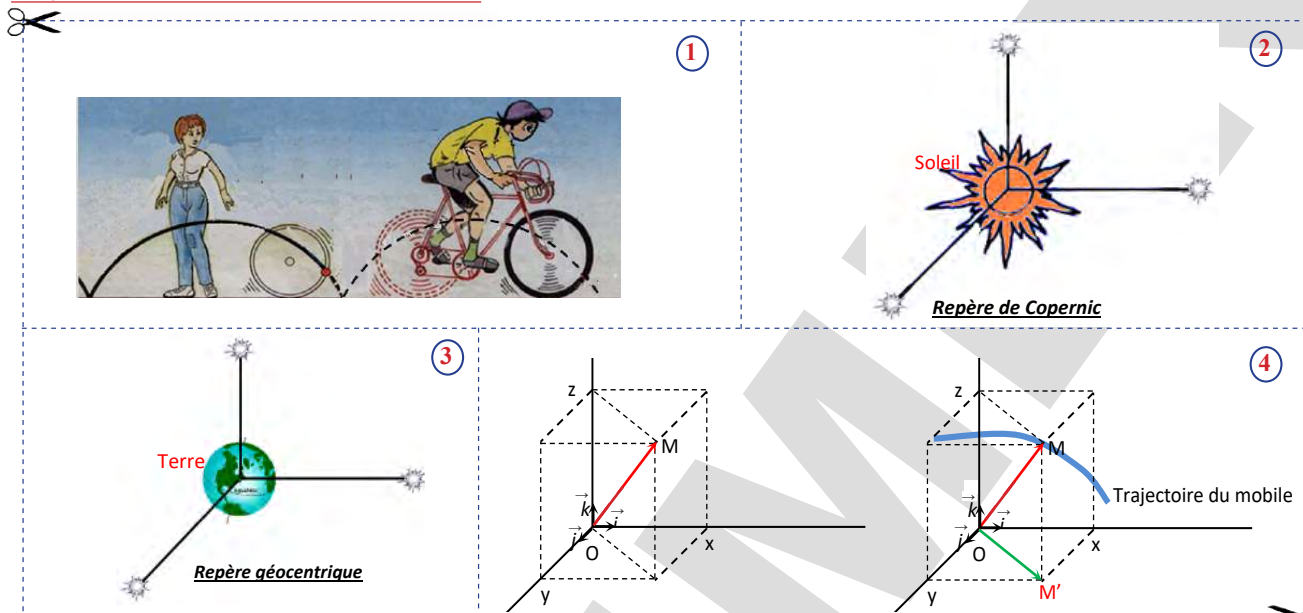


ANNEXES DE COURS (PHYSIQUE)

SPÉC IMEN

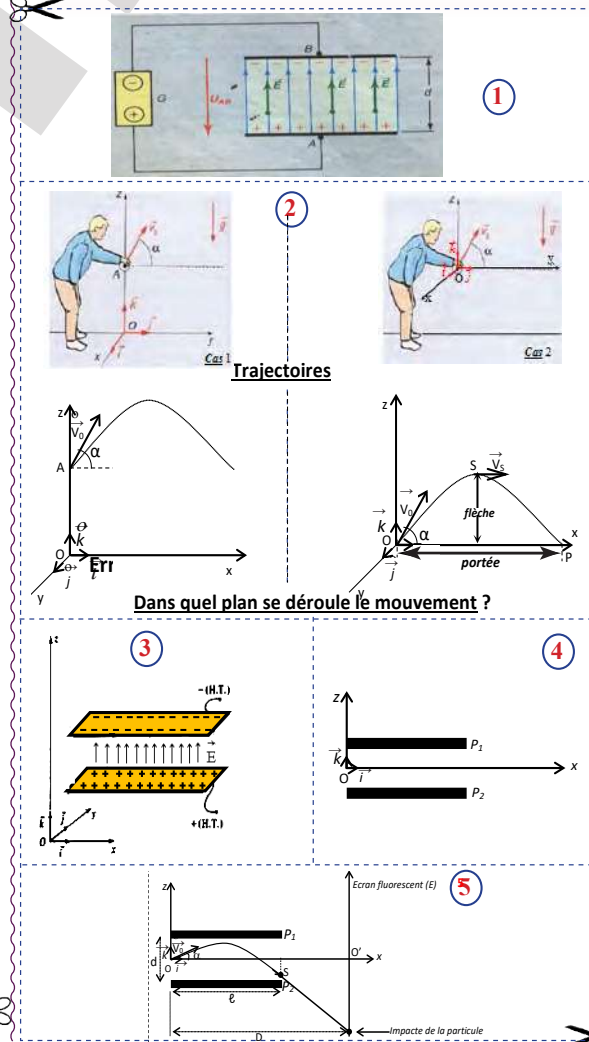
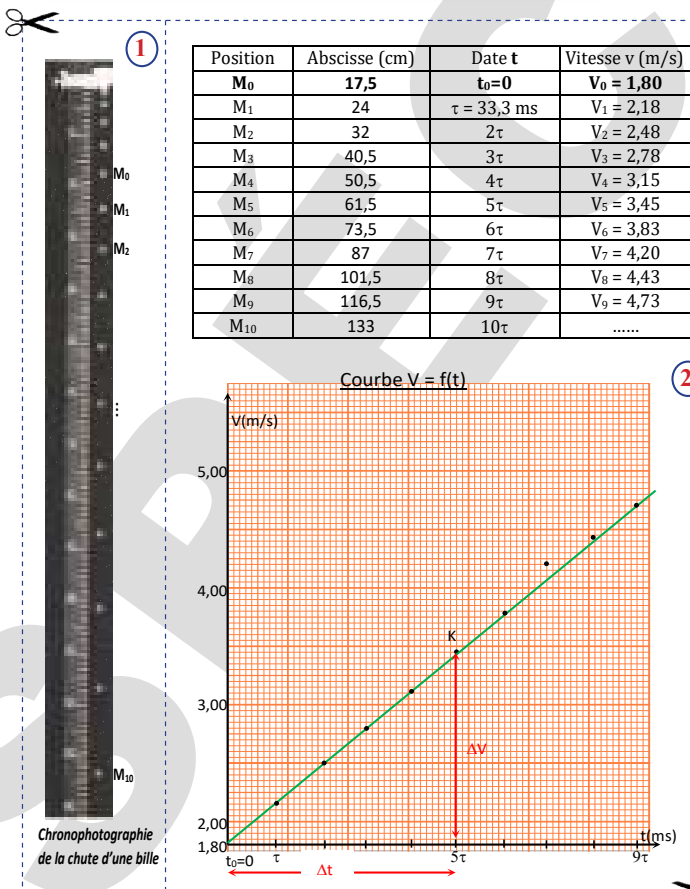
MÉCANIQUE

Leçon 1 : Cinématique du point



Leçon 3 : Mouvement dans les champs $\vec{g}$ et $\vec{E}$

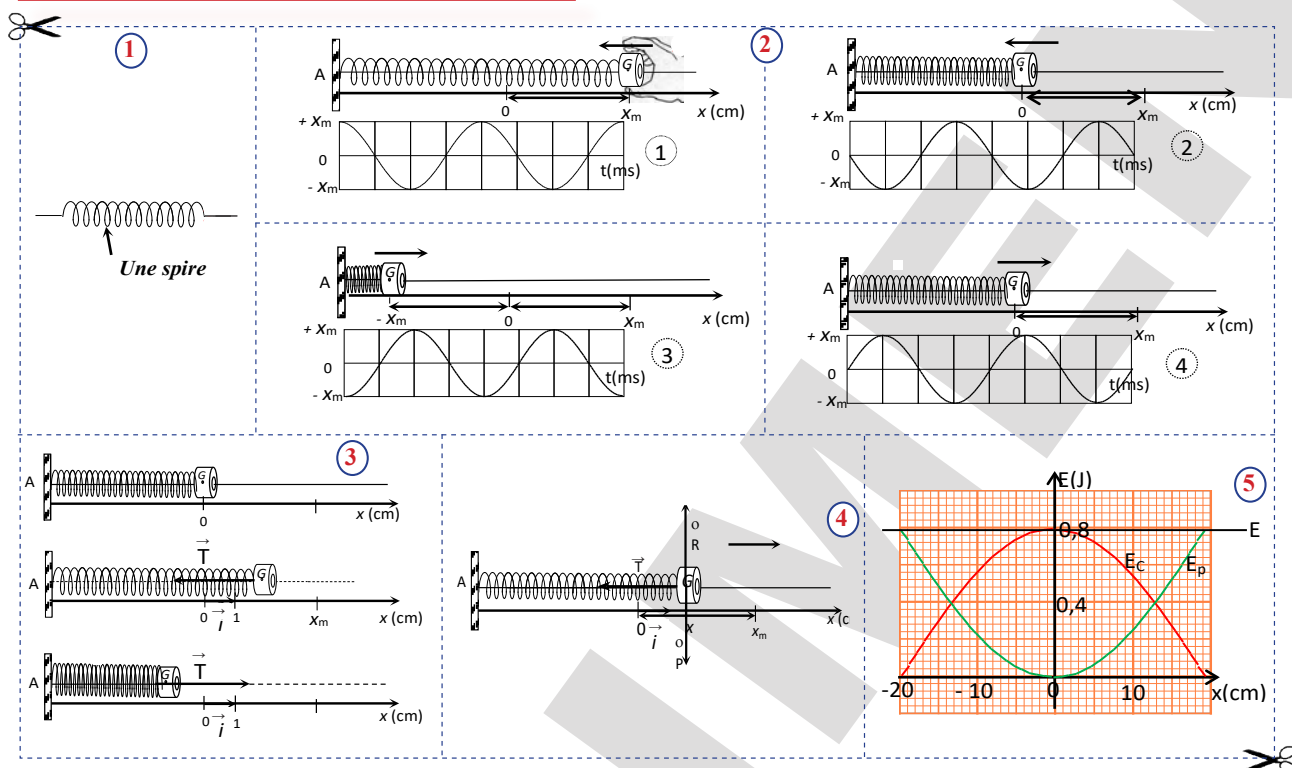
Leçon 2 : Mouvement du centre d'inertie



SPÉC IMEN

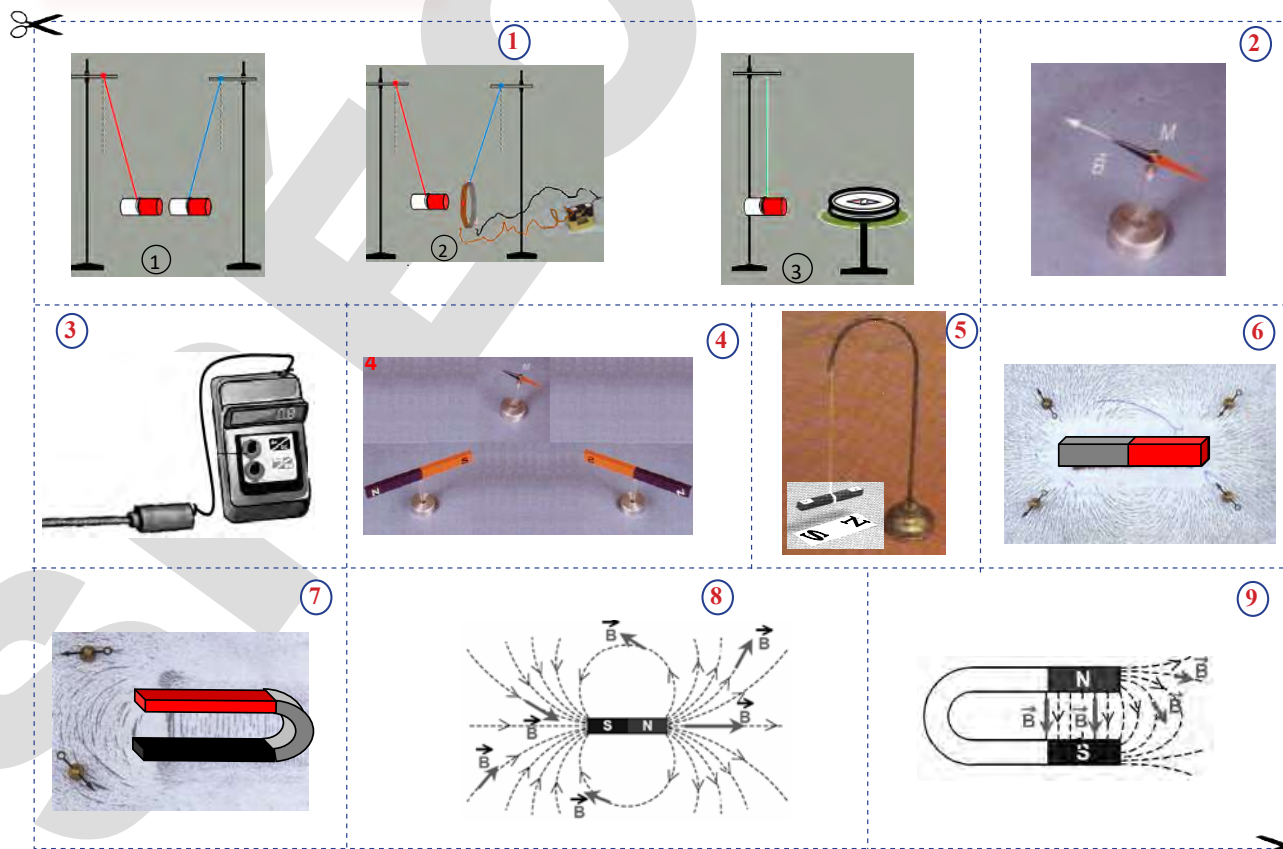
Annexes de cours (PHYSIQUE)

Leçon 4 : Oscillations mécaniques libres



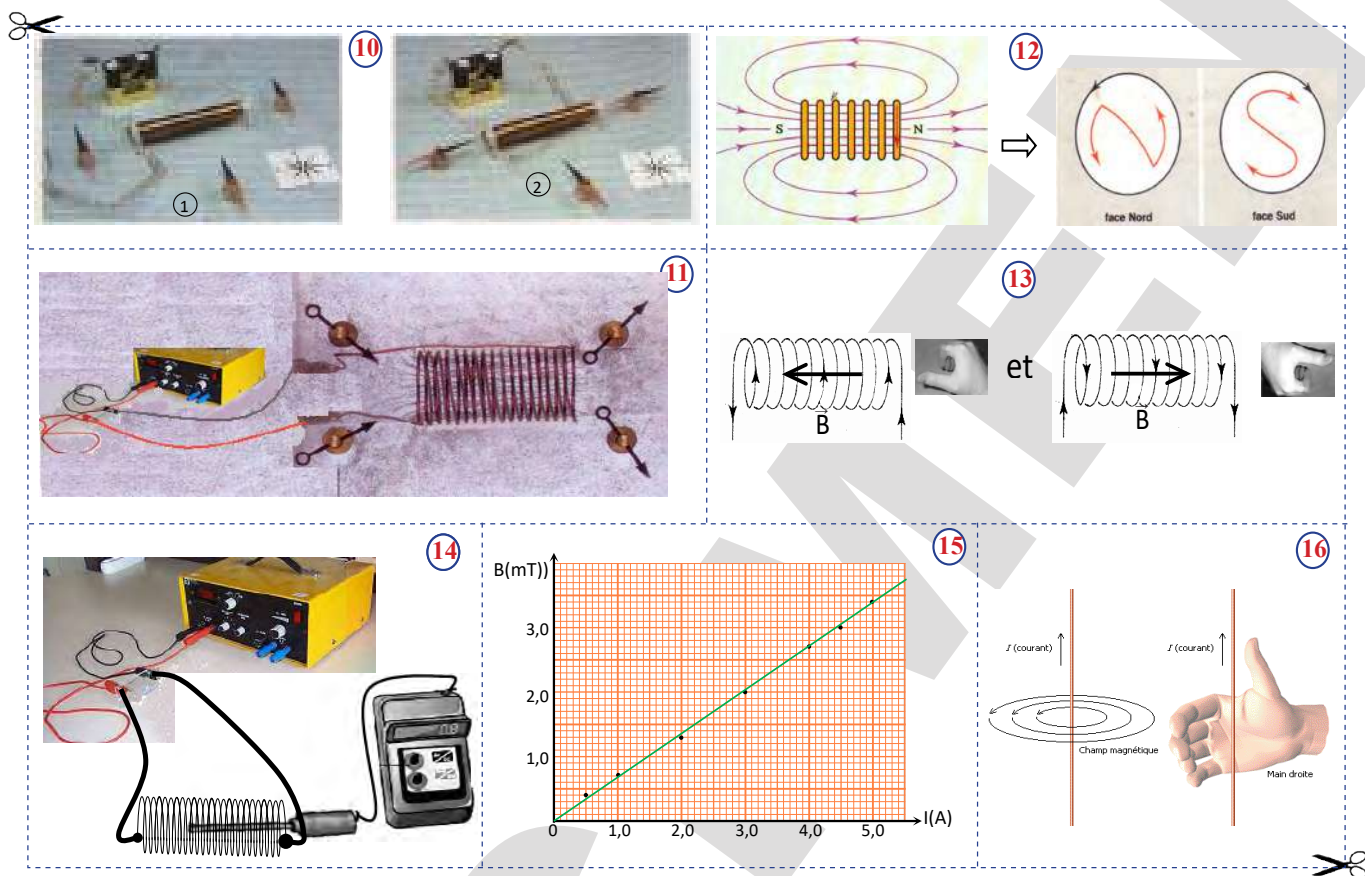
ÉLECTROMAGNÉTISME

Leçon 1 : Champ magnétique

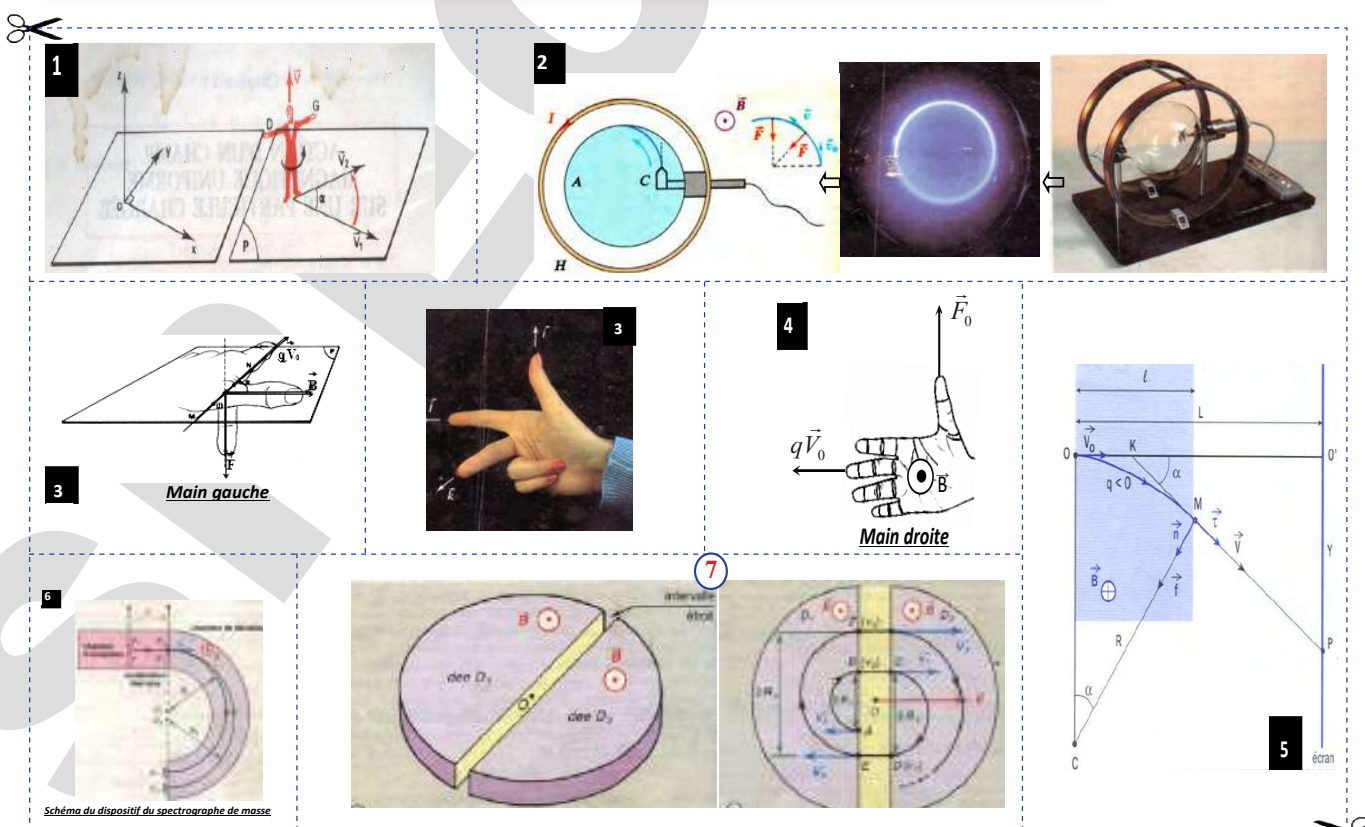


SPÉC IMEN

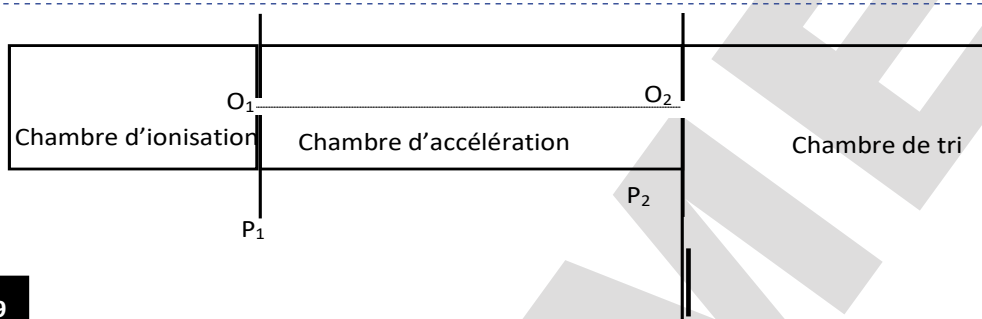
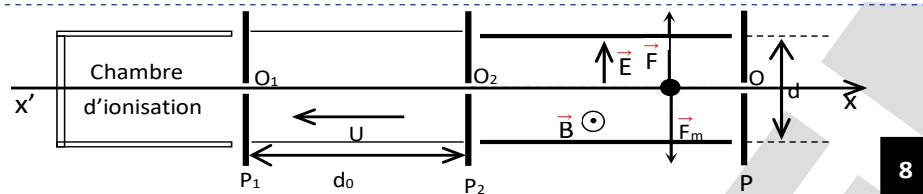
Annexes de cours (PHYSIQUE)



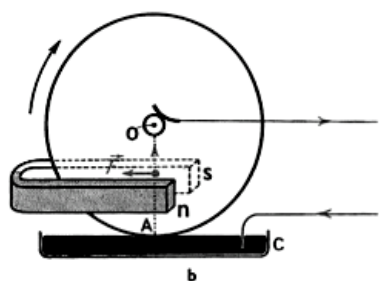
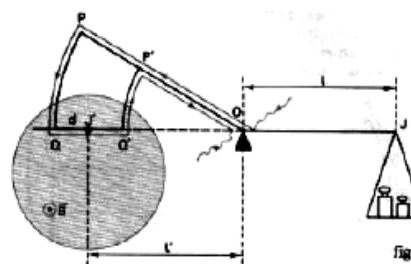
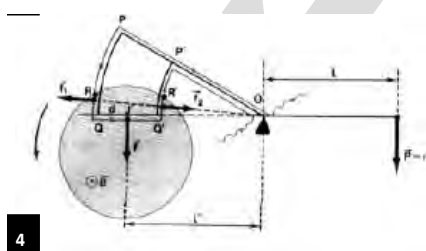
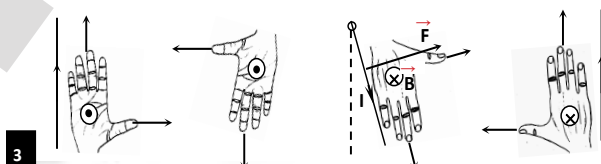
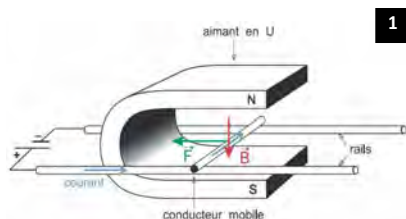
Leçon 2 : Mouvement d'une particule chargée dans un champ B uniforme



SPÉC IMEN



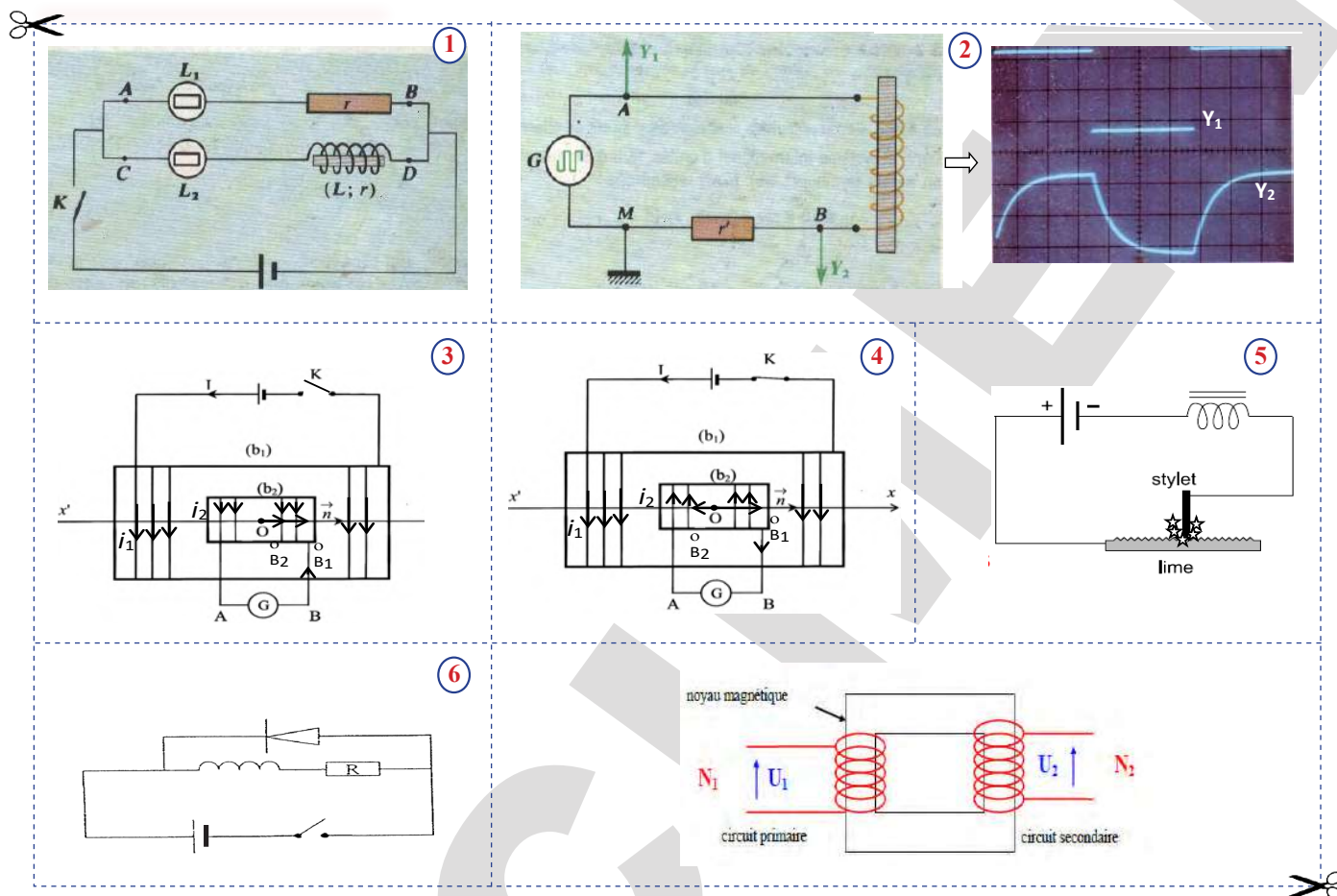
Leçon 3 : Loi de Laplace



SPÉC IMEN

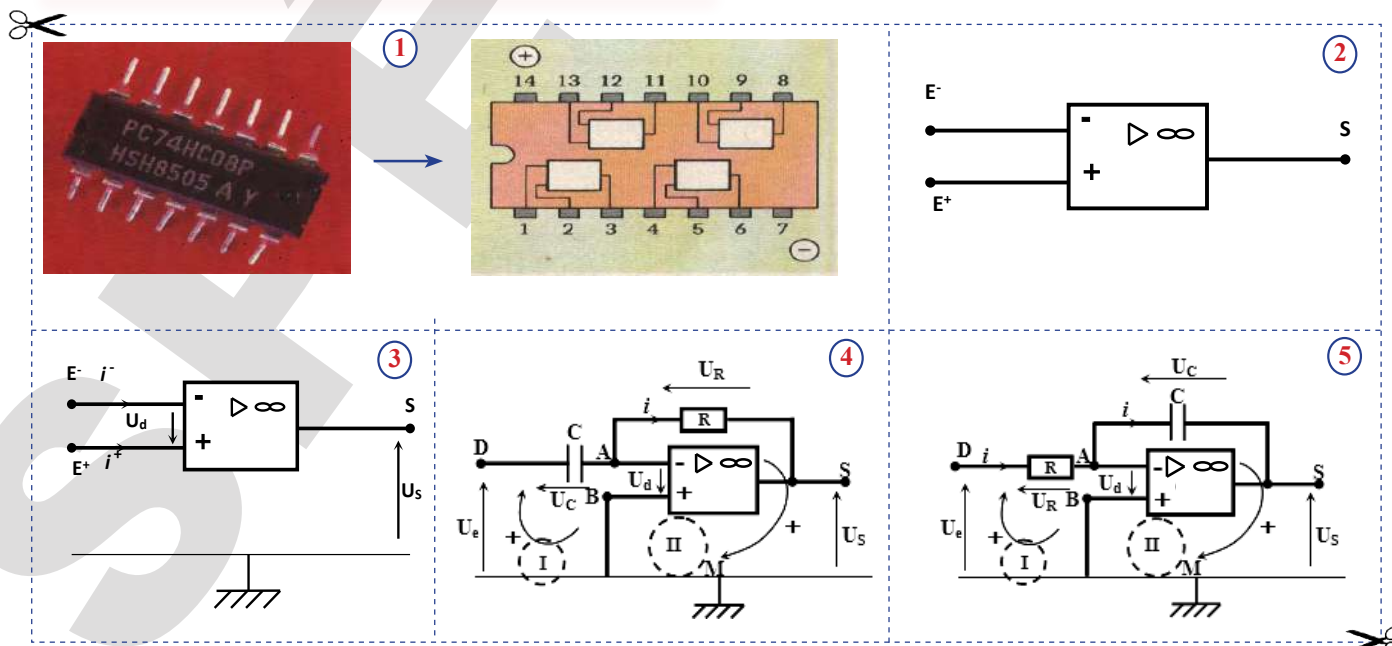
Annexes de cours (PHYSIQUE)

Leçon 5 : Auto-Induction



ÉLECTRICITÉ

Leçon 1 : Montages dérivateur et intégrateur



SPÉC IMEN

Annexes de cours (PHYSIQUE)

Leçon 2 : Oscillations électriques libres LC

1

2

3

4

5

6

7

t	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{3T}{4}$	T
U(t)					
i(t)					

8

9

Leçon 3 : Circuits RLC en régime sinusoïdal forcé

1

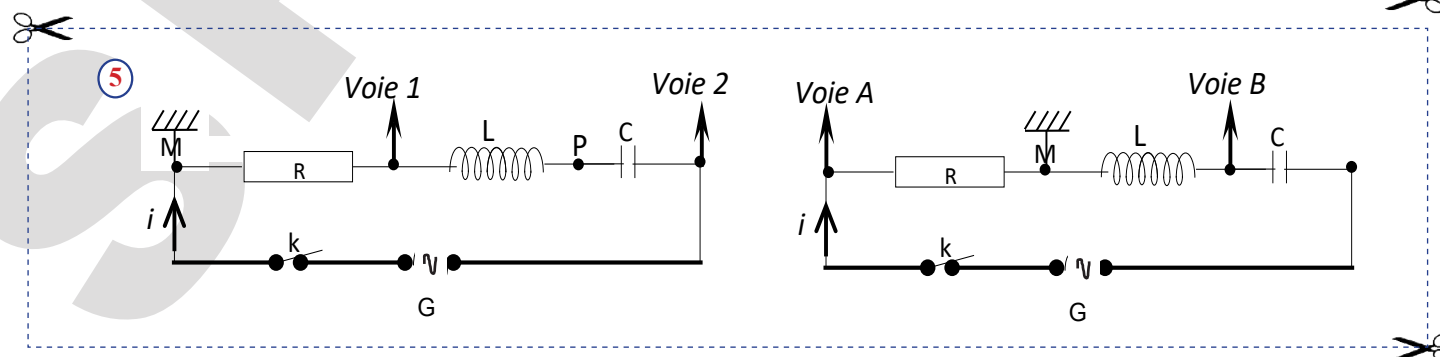
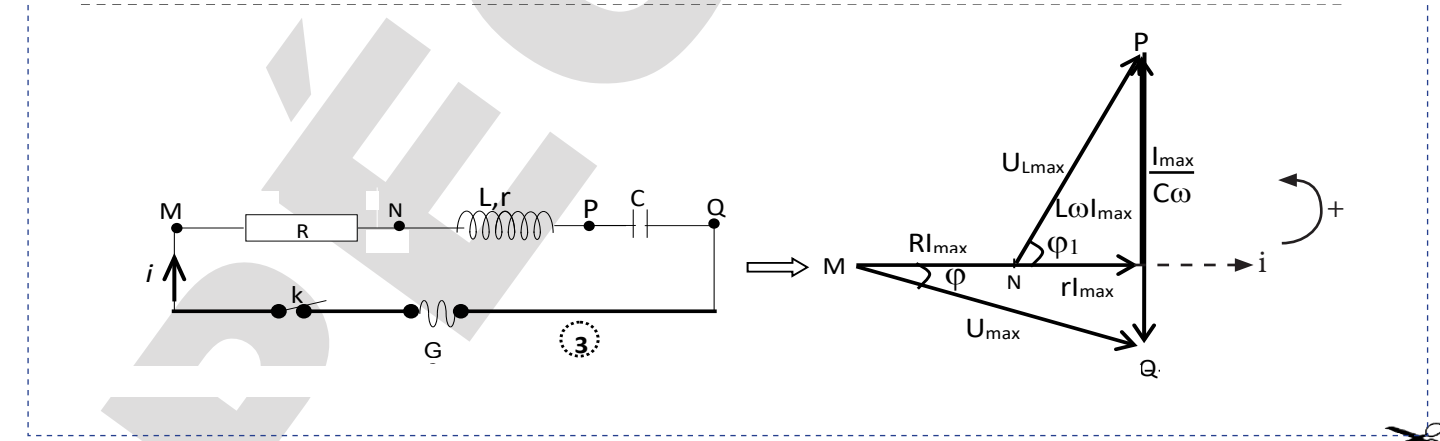
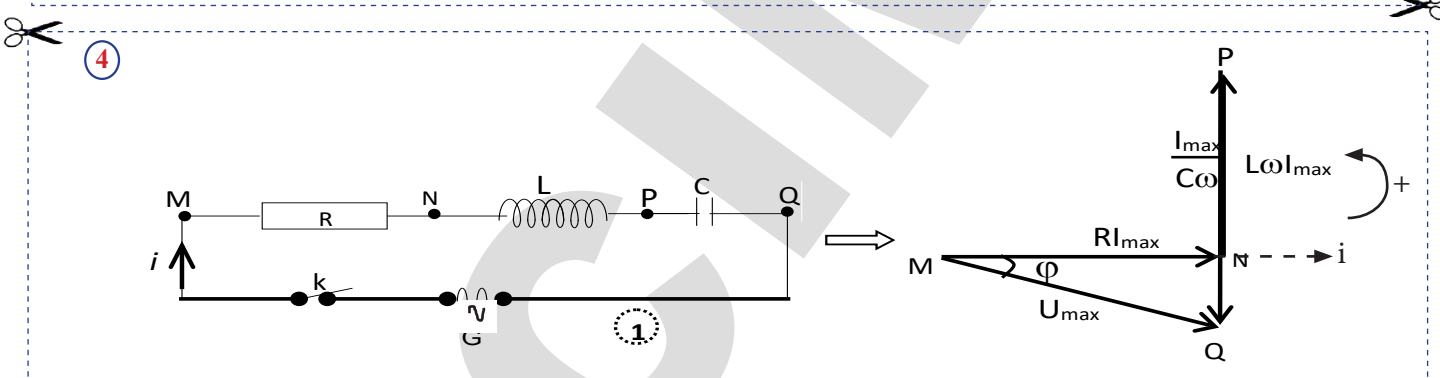
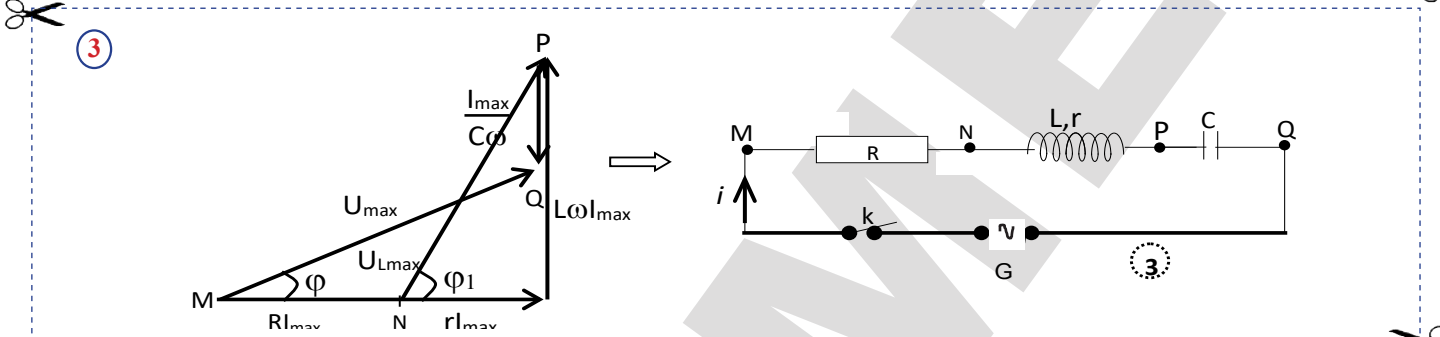
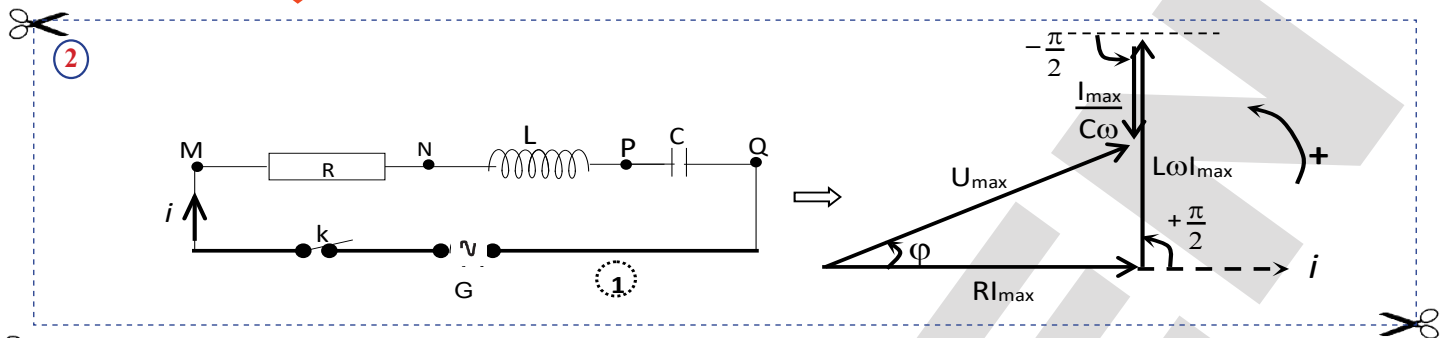
2

4

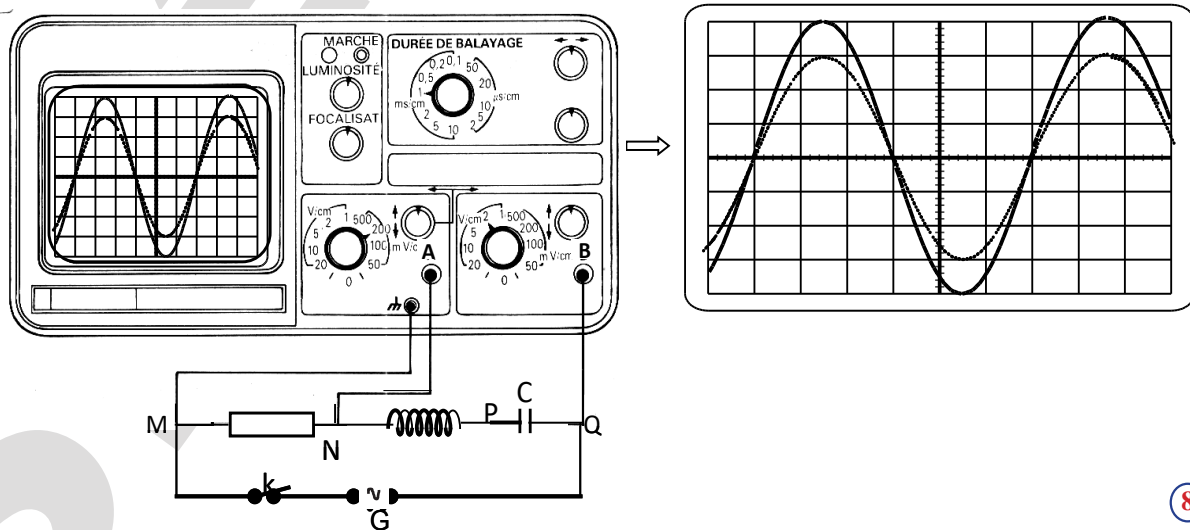
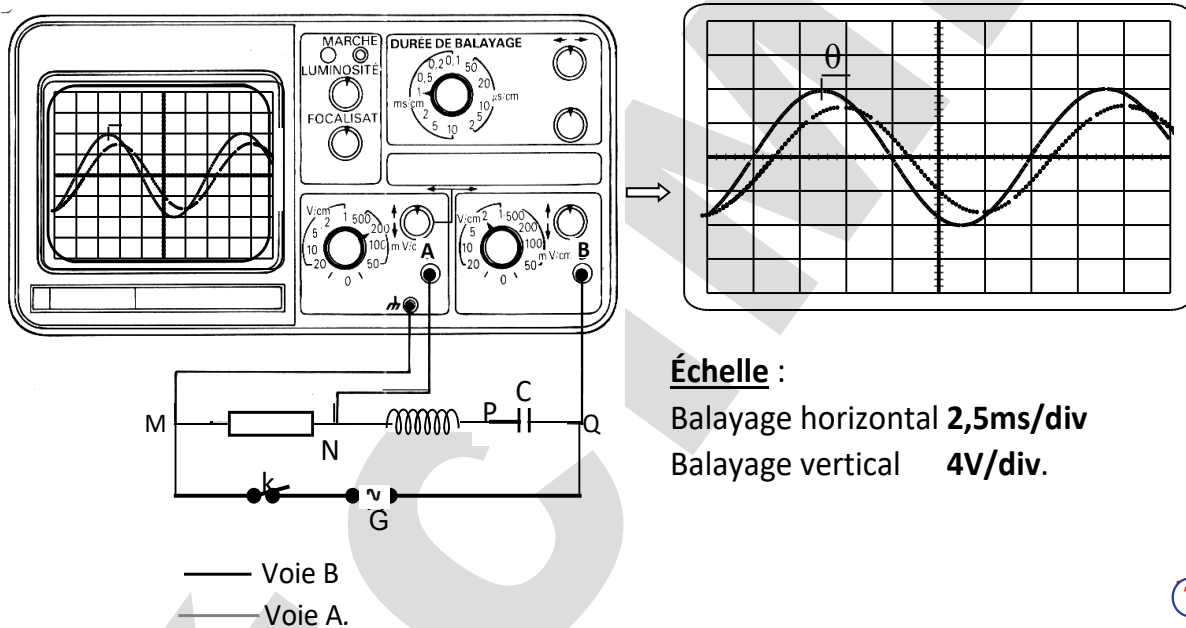
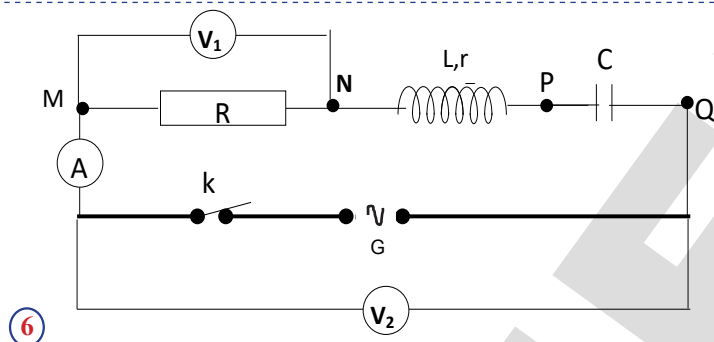
5

SPÉC IMEN

Annexes de cours (PHYSIQUE)



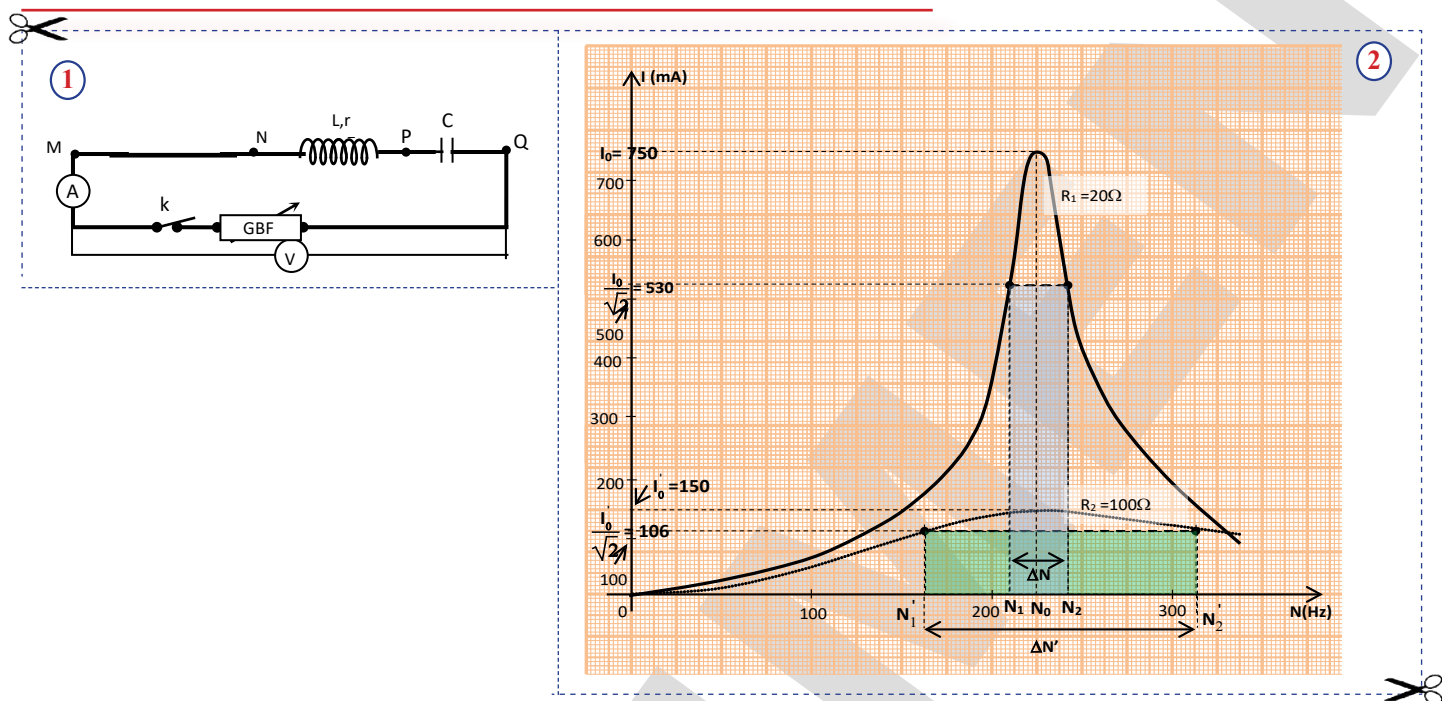
SPÉCIMEN



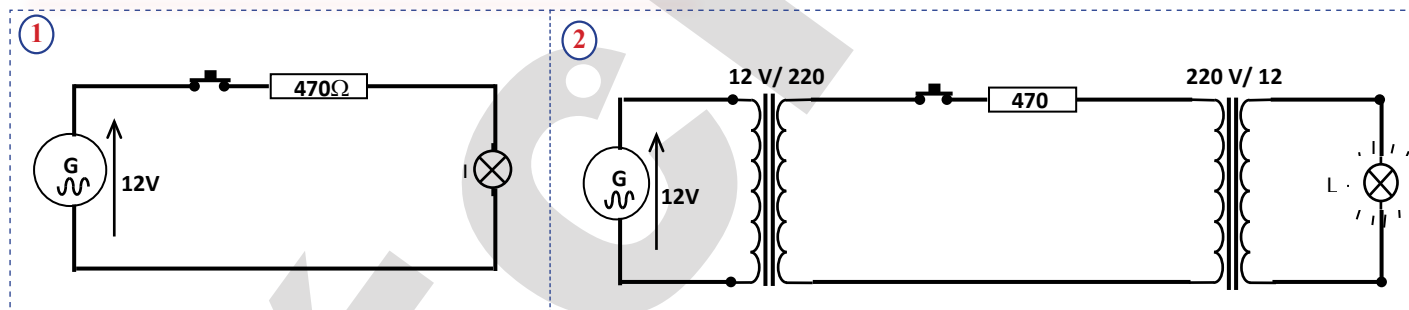
SPÉC IMEN

Annexes de cours (PHYSIQUE)

Leçon 4 : Résonance d'intensité dans un circuit RLC série



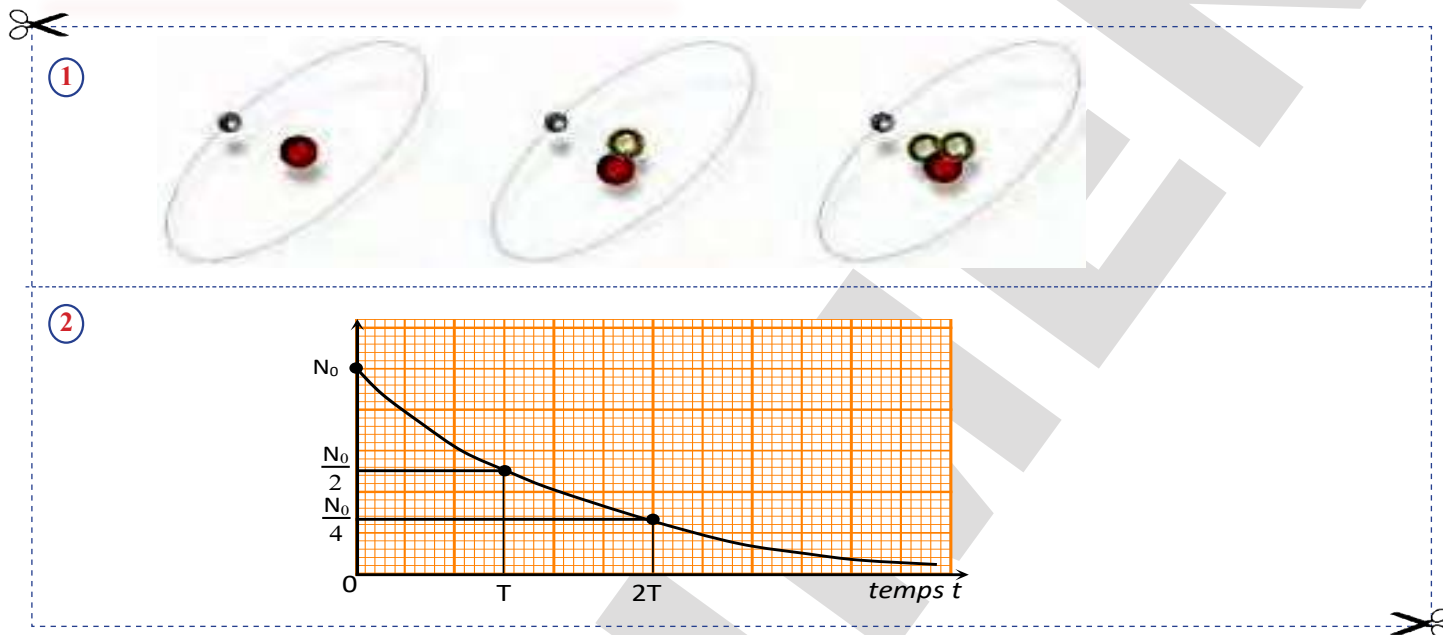
Leçon 5 : Puissance en régime sinusoïdal



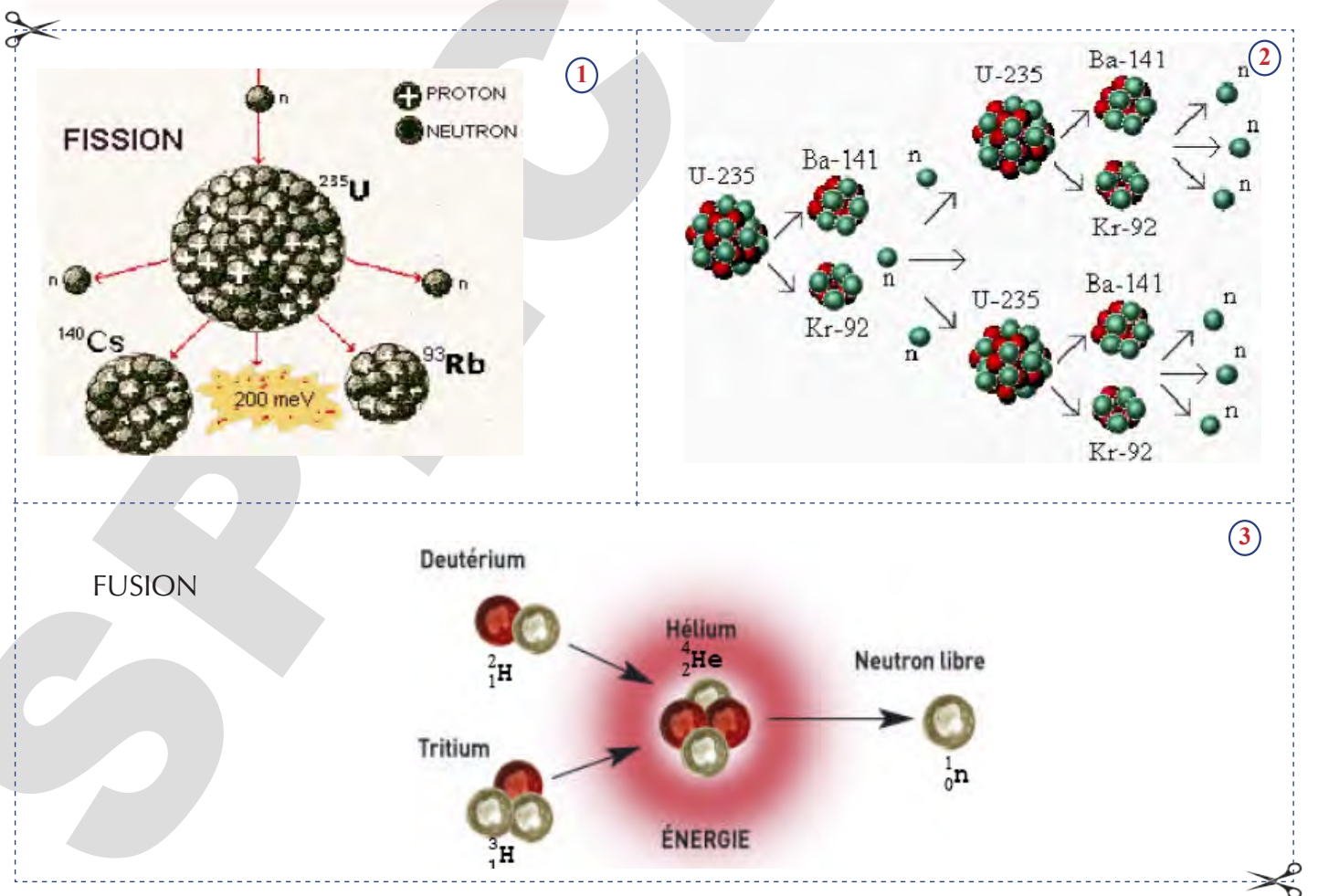
SPÉC IMEN

RÉACTIONS NUCLÉAIRES

Leçon 1 : Réaction nucléaire spontanée



Leçon 2 : Réaction nucléaire provoquée



SPÉC IMEN



Chimie



Chimie

Traiter une situation se rapportant à la chimie générale

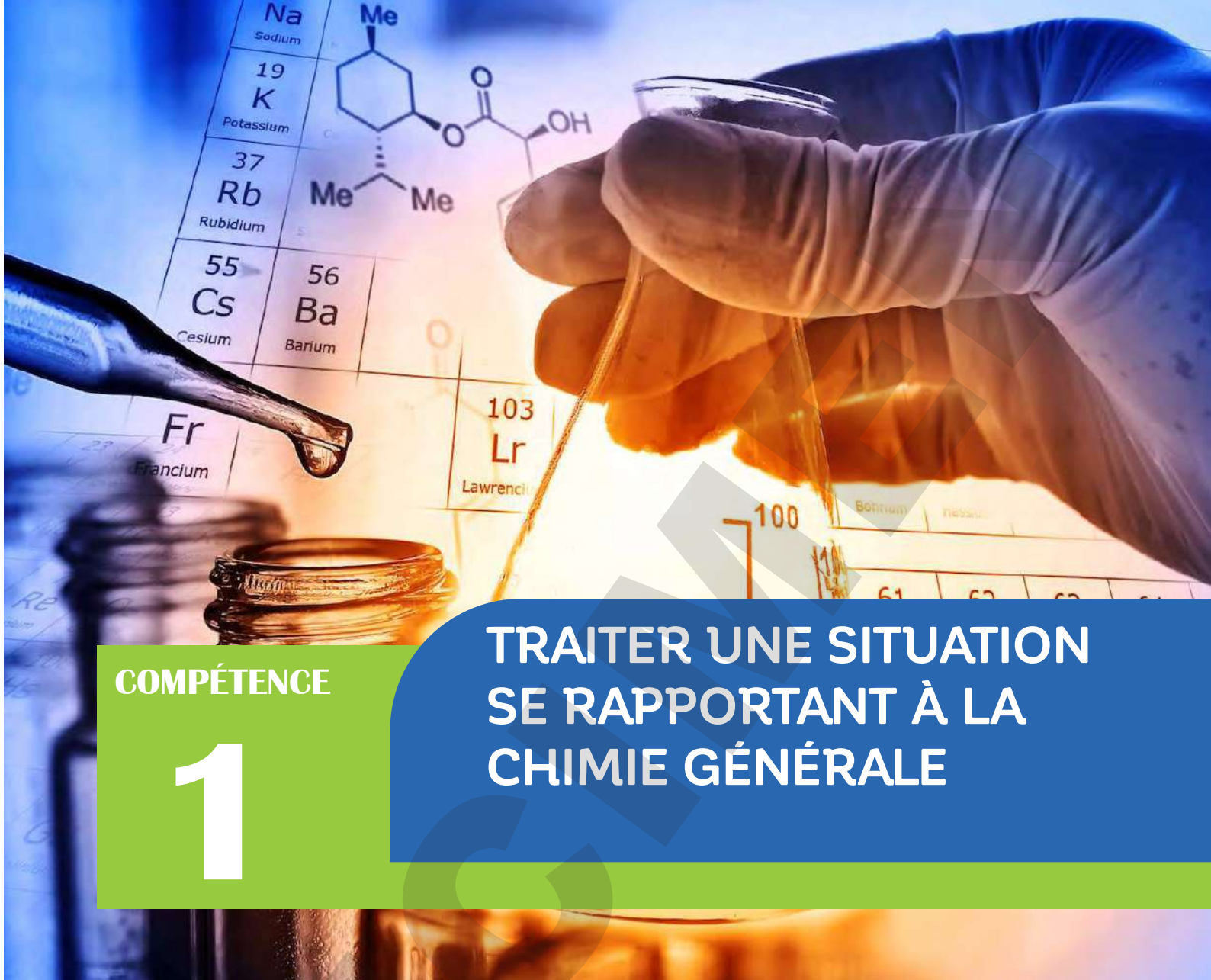
Thème 1 : Chimie générale

1. Solutions aqueuses – Notion de PH	204
2. Acide fort – Base forte	210
3. Acide faible – Base faible	218
4. Couples acide / base- Classification	223
5. Réactions acido-basiques - Solutions Tampons	231
6. Dosage acido-basique	240

Traiter une situation se rapportant à la chimie organique

Thème 2 : Chimie organique

1. Les alcools	248
2. Composés carbonylés : Aldéhydes et Cétones	255
3. Les amines	260
4. Acides carboxyliques et dérivés	266
5. Fabrication d'un savon	274
6. Les acides α -aminés	279
Annexes	287



COMPÉTENCE

1

TRAITER UNE SITUATION SE RAPPORTANT À LA CHIMIE GÉNÉRALE

Leçons

1

Solutions aqueuses – Notion de pH

2

Acide fort – Base forte

3

Acide faible – Base faible

4

Couples acide / base – Classification

5

Réactions acido-basiques - Solutions tampons

6

Dosage acido-basique



Solutions aqueuses-Notion de pH

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Connaître	quelques propriétés de l'eau
Ecrire	l'équation-bilan de la réaction d'autoprotolyse de l'eau.
Définir	le produit ionique de l'eau.
Déterminer	- la concentration molaire volumique d'une espèce chimique en solution aqueuse. - la concentration massique volumique d'une espèce en solution.
Vérifier	l'électroneutralité d'une solution aqueuse.
Définir	le pH d'une solution aqueuse.
Connaître	la limite de validité de la relation : $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$.
Utiliser	- l'expression du produit ionique de l'eau. - l'électroneutralité d'une solution aqueuse. - la relation de conservation de la matière.
Déterminer	le pH d'une solution aqueuse.
Classer	les solutions aqueuses en fonction de leur pH.

Situation d'apprentissage

Deux élèves en classe de terminale D au lycée moderne d'Agnibilékrou discutent de la composition de l'eau pure. L'un soutient que l'eau contient uniquement des molécules. L'autre soutient qu'elle contient au contraire des ions. Afin de s'accorder et de classer les solutions aqueuses, ils entreprennent avec l'aide de leur professeur de connaître quelques propriétés de l'eau, de définir le produit ionique de l'eau et de déterminer le pH d'une solution aqueuse.



Résumé du cours

1 Solutions aqueuses

Les solutions aqueuses sont, en général, des solutions ioniques. Leur formation est le résultat d'une réaction chimique entre le corps dissous et l'eau.

2 Autoprotolyse de l'eau

L'eau subit une réaction d'autoprotolyse d'équation-bilan : $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

Le produit ionique de l'eau est : $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$

À 25°C, $K_e = 10^{-14}$

3 pH d'une solution aqueuse

Pour les solutions diluées, le pH est donné par la relation : $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ ou $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$

• À 25°C, pour les solutions aqueuses :

- acides : $\text{pH} < 7$;
- neutres : $\text{pH} = 7$;
- basiques : $\text{pH} > 7$.

4 Composition d'une solution

La composition d'une solution se détermine à partir de la mesure du pH, du produit ionique de l'eau, de l'équation d'électro-neutralité et des équations de conservation de la matière.

Activités d'application

1

1. Cite quelques propriétés de l'eau.
2. Définis l'autoprotolyse de l'eau.
3. Écris l'équation-bilan qui traduit cette réaction chimique.

.....

.....

.....

.....

.....

2

1. Définis le produit ionique de l'eau.
2. Donne sa valeur à 25°C.

.....

.....

.....

.....

3 Mets la lettre V dans la case si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse pour chacune des propositions ci-dessous.

1. La molécule d'eau est un dipôle électrique. ☐
2. Toutes les solutions aqueuses sont électriquement neutres. ☐
3. L'eau pure ne contient pas d'ions. ☐
4. Dans toute solution aqueuse, le produit ionique K_e est constant pour une température donnée. ☐

4 Tu dissous 5 g de chlorure de calcium (CaCl_2) dans 100 cm³ d'eau.

1. Écris l'équation de dissociation du chlorure de calcium dans l'eau.
2. Détermine les concentrations molaires volumiques des ions calcium Ca^{2+} et ions chlorure Cl^- .
3. Vérifie l'électroneutralité de la solution.

Données : Masses molaires atomiques en g.mol⁻¹ : Cl : 35,5 ; Ca : 40,1.

5 Complète les phrases suivantes.

1. Le produit ionique de l'eau se définit comme étant
2. Le pH d'une solution aqueuse est donné par la relation.....
3. La relation qui exprime la définition du pH n'est valide que

6 Écris l'équation d'électroneutralité dans :

1. une solution aqueuse de chlorure d'aluminium (AlCl_3) ;
2. une solution aqueuse constituée d'un mélange de chlorure de sodium NaCl et de sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
3. un mélange de solution aqueuse de chlorure de sodium et de solution aqueuse de chlorure d'aluminium.

7 Tu dissous 0,1 mol de chlorure de baryum (BaCl_2) dans 200 cm³ d'eau.

1. Écris l'équation de dissociation du chlorure de baryum dans l'eau.
2. Détermine la concentration molaire volumique des ions baryum Ba^{2+} et chlorure Cl^- .
3. Vérifie l'électroneutralité de la solution.

Données : Masses molaires atomiques en g.mol⁻¹ : Cl : 35,5 ; Ba : 137,3.

8 150 cm³ de solution ionique sont obtenus par dissolution dans de l'eau pure de 5 g de chlorure de calcium (CaCl_2) et 2 g de chlorure de sodium (NaCl).

Activités d'application

1. Fais l'inventaire des ions (autres que ceux dus à la dissociation de l'eau) présents dans la solution obtenue.
2. Détermine leur concentration molaire volumique.
3. Vérifie l'électroneutralité du mélange.

Données : Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} :
Na : 23 ; Cl : 35,5 ; Ca : 40,1.

9 Complète le tableau ci-dessous.

Les solutions sont prises à 25°C , $K_e = 10^{-14}$.

Solutions aqueuses	$[\text{H}_3\text{O}^+]$ (mol.L^{-1})	$[\text{OH}^-]$ (mol.L^{-1})	pH	Nature de la solution
S_1	0,025			
S_2		$10^{-3,7}$		
S_3	5.10^{-4}			
S_4		0,0025		

10 Complète le tableau ci-dessous sachant que les solutions sont prises à 25°C .

Solutions aqueuses	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
$[\text{H}_3\text{O}^+]$ (mol.L^{-1})	2.10^{-3}				5.10^{-5}	
$[\text{OH}^-]$ (mol.L^{-1})			5.10^{-7}	0,0025		
pH		4,7				8,6

11 Tu mesures les pH de deux solutions A et B à deux températures différentes.

Tu trouves :

- solution A : à 60°C , pH = 6,8.
- solution B : à 0°C , pH = 7,5.

Détermine la nature (acide, neutre ou basique) de chacune de ces solutions.

Données : Le produit ionique de l'eau :
 $K_e(0^\circ \text{C}) = 15$; $K_e(60^\circ \text{C}) = 13$.

12 Le pH d'une solution de jus de tomate est 2,6 à 25°C .

1. La concentration molaire volumique en ion H_3O^+ pour ce jus est :
a) $1,51.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$;
b) $2,51.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$;
c) $2,51.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.
2. La concentration molaire volumique en ions OH^- pour ce jus est :
a) $3,98.10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$;
b) $3,98.10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$;
c) $3,98.10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$.

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

13 Une solution de volume $V = 200 \text{ mL}$ contient $3,9.10^{-5} \text{ mol}$ d'ions hydroxyde OH^- à 25°C .

1. Détermine le pH de cette solution aqueuse.
2. Indique la nature (acide, basique ou neutre) de cette solution.

14 Une solution S_0 a une concentration molaire volumique $C = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

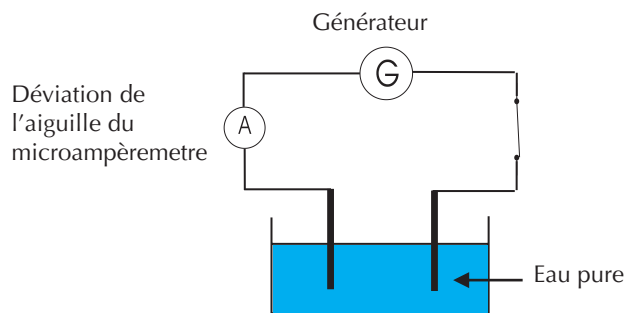
Tu en prélèves 50 mL auxquels tu ajoutes 450 mL d'eau et tu obtiens une solution S_1 .

Tu dilues la solution S_1 25 fois et tu obtiens la solution S_2 .

Détermine la concentration molaire volumique C_2 de S_2 .

Activités d'application

15 Soit l'expérience décrite ci-dessous.



1. Cite une propriété de l'eau.
2. Énonce d'autres propriétés de l'eau.

16

1. Écris l'équation-bilan de la réaction d'autoprotolyse de l'eau.
2. Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques dans une solution obtenue par dissolution de 2 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 500 mL d'eau à 25°C.

Données : $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Na} = 23 \text{ g.mol}^{-1}$.

17

1. Écris le produit ionique de l'eau.
2. Détermine le pH d'une solution aqueuse qui a pour concentration molaire volumique en ion hydroxyde $[OH^-] = 2.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, en vue de vérifier la neutralité électrique d'une solution aqueuse, le professeur met à la disposition de ton groupe du chlorure de calcium, du chlorure de sodium et du chlorure de plomb. Vous mettez dans une fiole jaugée 8,33 g de chlorure de calcium CaCl_2 ; 0,146 g de chlorure de sodium et 0,278 g de chlorure de plomb PbCl_2 .

Ton groupe complète à 250 mL avec de l'eau distillée. La dissolution des solides introduits est totale et ceux-ci existent, en solution, exclusivement sous forme d'ions.

Données : en g.mol^{-1} : $M(\text{Ca}) = 40,1$; $M(\text{Cl}) = 35,5$; $M(\text{Na}) = 23$; $M(\text{Pb}) = 207$.

1. Cite les espèces chimiques présentes dans la solution.
2. Écris l'équation de dissolution des composés ioniques dans l'eau.
3. Détermine les concentrations molaires volumiques de tous les ions présents en solution.
4. Vérifie la neutralité électrique de la solution.

2 Au cours d'une séance de travaux pratiques ton groupe dispose d'une solution de sulfate de sodium Na_2SO_4 de concentration molaire volumique $C = 0,15 \text{ mol.L}^{-1}$ et une solution de nitrate de sodium NaNO_3 de concentration molaire volumique $C' = 0,12 \text{ mol.L}^{-1}$.

Le professeur vous demande de préparer, avec 200 mL de la solution de nitrate de sodium NaNO_3 , un mélange dans lequel la concentration molaire volumique des ions Na^+ sera égale à $0,18 \text{ mol.L}^{-1}$ et de vérifier la neutralité électrique de cette solution.

1. Écris les équations de dissociations du sulfate de sodium et du nitrate de sodium dans l'eau.
2. Détermine le volume de la solution de sulfate de sodium Na_2SO_4 à utiliser pour obtenir le mélange demandé.
3. Détermine au terme du mélange, les concentrations molaires volumiques des différents ions présents.
4. Vérifie l'électroneutralité de la solution.

Situations d'évaluation

3 Ton ami dispose de quatre (04) solutions aqueuses à 25°C : S_1 , S_2 , S_3 et S_4 . Il a les informations suivantes sur ces quatre solutions :

- pour S_1 : 50 cm³ de cette solution contiennent $3 \cdot 10^{-5}$ mol d'ions H_3O^+ ;
- pour S_2 : $[OH^-] = 10^{-8}$ mol.L⁻¹ ;
- pour S_3 : $[H_3O^+] = 2,5 \cdot 10^{-3}$ mol.L⁻¹ ;
- pour S_4 : pH = 4,5.

Éprouvant quelques difficultés pour classer ces solutions par ordre croissant de leur pH, il sollicite ton aide.

1. Définis :

1.1 le produit ionique de l'eau ;

1.2 le pH d'une solution aqueuse.

2. Détermine les pH des solutions S_1 , S_2 et S_3 .

3. Classe ces solutions par ordre croissant de leur pH.

4 À la demande du professeur, un groupe d'élèves de ta classe prépare trois solutions aqueuses A, B et C de même concentration molaire volumique, par dissolution d'un soluté dans un volume $V = 1$ L d'eau pure.

La solution A est obtenue par la dissolution d'une masse m d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans l'eau.

La solution B est obtenue par la dissolution d'une masse m' de chlorure de sodium (NaCl) dans l'eau.

La solution C est obtenue par la dissolution d'un volume V de chlorure d'hydrogène (HCl) dans l'eau.

Le groupe n'ayant pas noté les valeurs de m , m' et V , le professeur te demande de les retrouver et d'effectuer des vérifications sur l'électroneutralité de ces solutions.

Données :

- les pH des solutions sont : $pH_A = 12,5$; $pH_B = 7$; $pH_C = 1,5$;
- les solutés se dissocient totalement dans l'eau.
- $V_m = 24$ L.mol⁻¹, le volume molaire dans les conditions expérimentales ;
- $M_H = 1$ g.mol⁻¹ ; $M_O = 16$ g.mol⁻¹ ; $M_{Na} = 23$ g.mol⁻¹ ; $M_{Cl} = 35,5$ g.mol⁻¹.

1. Attribue à chaque solution la nature acide, basique ou neutre.

2. Écris l'équation-bilan de dissociation de chaque soluté dans l'eau.

3. Détermine :

3.1 les valeurs de m , m' et V ;

3.2 les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques contenues dans ces solutions et la concentration massique volumique de A et B.

4. Vérifie l'électroneutralité :

4.1 de chaque solution ;

4.2 du mélange des solutions A et B.



2

Acide fort - Base forte

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un acide fort.
Citer	quelques mono acides forts.
Connaître	les caractéristiques de la réaction d'ionisation d'un acide fort dans l'eau.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction d'ionisation d'un acide fort dans l'eau.
Connaître	- la relation $\text{pH} = -\log C$ pour un monoacide fort. - les limites de validité de la relation $\text{pH} = -\log C$.
Définir	une base forte.
Citer	quelques mono bases fortes.
Connaître	les caractéristiques de la réaction de dissolution d'une monobase forte dans l'eau.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction de dissolution d'une monobase forte dans l'eau.
Connaître	- la relation $\text{pH} = 14 + \log C$ pour une monobase forte. - les limites de validité de la relation $\text{pH} = 14 + \log C$.
Utiliser	les relations $\text{pH} = -\log C$ et $\text{pH} = 14 + \log C$.
Connaître	l'utilité domestique des acides forts et des bases fortes.
Déterminer	- la nature d'un mélange d'une solution d'acide fort et de base forte. - les concentrations molaires volumiques présentes dans un mélange de solutions aqueuses.
Calculer	le pH d'un mélange : - de deux solutions d'acides forts ; - de deux solutions de bases fortes ; - d'une solution d'acide fort et d'une solution de base forte.
Exploiter	les équations-bilans des réactions de dissolution d'un acide fort et d'une base forte.

Situation d'apprentissage

Koumo apprend dans une revue scientifique que le suc gastrique sécrété par certaines glandes de l'estomac est acidifié par l'acide fort (HCl). Chez le chien la concentration molaire en ion H_3O^+ peut atteindre $0,15 \text{ mol.L}^{-1}$. La soude caustique ou hydroxyde de sodium (NaOH) est une base forte qui sert entre autres à réguler l'acidité d'un milieu. Il partage ces informations avec ses amis de la terminale du Lycée Départemental d'Abengourou. Ensemble, voulant en savoir davantage, sous la supervision de leur professeur, ils entreprennent de définir un acide fort et une base forte, de connaître l'utilité domestique des acides forts et des bases fortes, de calculer le pH d'un acide fort ou d'une base forte et d'exploiter les équations-bilans des réactions de dissolution d'un acide fort et d'une base forte.



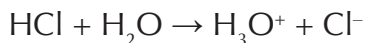
Résumé du cours

1 Acide fort :

Un acide fort est totalement ionisé dans l'eau.

Exemple : le chlorure d'hydrogène (HCl)

L'équation-bilan de la réaction chimique entre le chlorure d'hydrogène (HCl) et l'eau s'écrit :



Le pH d'une solution de monoacide fort de concentration molaire volumique C est donné par la relation : **pH = - log C (1)**

2 Base forte :

Une base forte est totalement ionisée dans l'eau.

Exemple : l'hydroxyde de sodium (NaOH):

L'équation-bilan de la réaction chimique entre l'hydroxyde de sodium et l'eau s'écrit :



Le pH d'une solution de monobase forte de concentration C est donné par la relation : **pH = 14 + log C (2)**

Les relations (1) et (2) ne sont valables que si : $10^{-6} \text{ mol.l}^{-1} < C < 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1}$

Activités d'application

1

- Définis :
 - un acide fort ;
 - une base forte.
- Indique l'utilité domestique des acides forts et des bases fortes.

.....

.....

.....

.....

2 Cite les caractéristiques de la réaction :

- de dissolution d'une monobase forte dans l'eau.
- d'ionisation d'un acide fort dans l'eau.

.....

.....

.....

.....

3 Les concentrations molaires volumiques, à 25° C, de solutions d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Solutions d'acide chlorhydrique	C (mol.L ⁻¹)	pH
S ₁	5,4.10 ⁻²	
S ₂	7,6.10 ⁻⁴	
S ₃	5,0.10 ⁻⁵	
S ₄	10 ⁻⁹	

Solutions d'hydroxyde de sodium	C (mol.L ⁻¹)	pH
S ₁	10 ⁻¹⁰	
S ₂	4,0.10 ⁻⁵	
S ₃	8,4.10 ⁻³	
S ₄	10 ⁻²	

Complète les tableaux ci-dessus.

4 Une solution aqueuse de bromure d'hydrogène de concentration molaire volumique $C_a = 2.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ a été obtenue à partir du bromure d'hydrogène.

- La réaction chimique du bromure d'hydrogène avec l'eau est :
 - totale ;
 - partielle ;
 - impossible.
- La dissolution du bromure d'hydrogène dans l'eau est ;
 - athermique ;
 - endothermique ;
 - exothermique.
- Le pH de cette solution est :
 - 2,7 ;
 - 1,7 ;
 - 4,7.

Entoure la lettre qui correspond à la réponse correcte pour chaque proposition.

5 Une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium de concentration molaire volumique $C_b = 2.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ a été obtenue à partir de la potasse caustique.

- La réaction de la potasse caustique avec l'eau est :
 - partielle ;
 - totale ;
 - impossible.
- La dissolution de la potasse caustique dans l'eau est ;
 - exothermique ;
 - endothermique ;
 - athermique.
- Le pH de cette solution est :
 - 12,3 ;
 - 11,3 ;
 - 9,3.

Entoure la lettre qui correspond à la réponse juste pour chaque proposition.

6 Une solution aqueuse d'acide nitrique de concentration molaire volumique $C = 2,0.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ a un pH égal à 2,7.

- Montre que l'acide nitrique est un acide fort.
- Écris l'équation-bilan de son ionisation dans l'eau.

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

7 Une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ a un pH égal à 11.

1. Montre que l'hydroxyde de sodium est une base forte.
2. Écris l'équation-bilan de son ionisation dans l'eau.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8 Voici des affirmations sur quelques acides forts et bases fortes :

1. Les espèces chimiques présentes dans une solution d'acide nitrique sont :
 - a) H_3O^+ ; OH^- ; H_2O ; HNO_3 ; NO_3^- ;
 - b) H_3O^+ ; OH^- ; H_2O ; NO_3^- ;
 - c) H_3O^+ ; OH^- ; H_2O ; HNO_3 .
2. Les espèces chimiques présentes dans une solution d'hydroxyde de potassium sont :
 - a) H_3O^+ ; OH^- ; H_2O ; KOH ; K^+ ;
 - b) H_3O^+ ; OH^- ; H_2O ; KOH ;
 - c) H_3O^+ ; OH^- ; H_2O ; K^+ .
3. Le pH d'une solution S d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique C est $\text{pH} = 2,1$. Cette concentration molaire volumique est :
 - a) $C = 7,9 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - b) $C = 7,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - c) $C = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.
4. La mesure du pH ($\text{pH} = 2,1$) de la solution S est faite à 0,1 unité près. La valeur de la concentration molaire C est telle que :
 - a) $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \leq C \leq 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - b) $6,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \leq C \leq 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - c) $6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \leq C \leq 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Entoure, pour chaque proposition, la lettre correspondant à la bonne réponse.

9 Voici une liste de composés chimiques : ion amidure (NH_2^-) ; acide nitrique (HNO_3) ; chlorure d'ammonium (NH_4^+ , Cl^-) ; hydroxyde de potassium (K^+ , OH^-) ; acide bromhydrique (HBr) ; ion éthanolate ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-$) ; méthylamine (CH_3NH_2) ; acide éthanöique (CH_3COOH).

Classe-les en monoacides forts et en monobases fortes.

Monoacides forts	Monobases fortes

10 Sur l'étiquette d'une bouteille, il est marqué : Acide chlorhydrique : densité : 1,22 ; 30 % en masse.

1. Détermine la concentration molaire volumique C_0 de cette solution.
2. Tu prépares 1 L d'une solution S_1 en ajoutant de l'eau distillée à un volume V_0 de cet acide. La concentration molaire de la solution S_1 est $C_1 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Détermine le volume V_0 .

Données : masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $M_{\text{H}} = 1$; $M_{\text{Cl}} = 35,5$.

.....

.....

.....

.....

.....

11 Tu mélanges un volume $V_1 = 20 \text{ cm}^3$ d'acide chlorhydrique de $\text{pH}_1 = 3,1$ avec un volume $V_2 = 20 \text{ cm}^3$ d'acide chlorhydrique de $\text{pH}_2 = 2,3$. Tu es informé (e) que l'acide chlorhydrique est totalement ionisé en solution aqueuse et que le mélange de deux acides ne modifie pas leurs propriétés.

Détermine le pH de la solution finale.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

12 Tu disposes d'une solution S_1 d'hydroxyde de sodium de concentration $C_1 = 5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ et d'une solution S_2 d'hydroxyde de potassium de concentration $C_2 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Tu mélanges un volume $V_1 = 10 \text{ mL}$ de la solution S_1 et un volume $V_2 = 50 \text{ mL}$ de la solution S_2 .

1. Calcule les pH respectifs de chacune des solutions S_1 et S_2 .
2. Détermine le pH du mélange des deux solutions.

13 Tu mélanges un volume $V_A = 20 \text{ mL}$ d'acide nitrique de concentration molaire volumique $C_A = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ avec un volume $V_B = 80 \text{ mL}$ de solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

1. Détermine le pH du mélange obtenu.
2. Dédus-en la nature (acide, basique ou neutre) du mélange.

14 Une solution d'acide chlorhydrique a un pH égal à 2,7 à 25°C .

1. Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans cette solution.
2. Tu prélèves 10 mL de cette solution et tu les rajoutes à 240 mL d'eau distillée. Détermine le nouveau pH de la solution.

15 Tu mélanges un volume $V_a = 20 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_a = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $V_b = 19 \text{ mL}$ de solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire

volumique $C_b = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

1. Calcule les valeurs du pH de chaque solution avant le mélange.
2. Détermine :
 - 2.1 la valeur du pH du mélange ;
 - 2.2 les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans le mélange.

16 Complète les phrases suivantes avec les mots ou expressions qui conviennent.

1. Le pH d'un acide fort de concentration molaire volumique C_a a pour expression
2. Le pH d'une base forte de concentration molaire volumique C_b a pour expression
3. Un acide fort et une base forte réagissent avec l'eau.

17 On dissout $1,2 \text{ L}$ de chlorure d'hydrogène dans 10 L d'eau à 25°C .

1. Écris l'équation-bilan de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau.
2. Détermine :
 - 2.1 la concentration molaire volumique de la solution obtenue ;
 - 2.2 le pH de la solution.

Donnée : Volume molaire des gaz : $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$.

18 On dissout 5 g d'hydroxyde de potassium (KOH) dans 2 L d'eau.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction de l'hydroxyde de potassium avec l'eau.
2. Détermine :
 - 2.1 la concentration molaire volumique de la solution obtenue ;
 - 2.2 le pH de la solution.

Données : $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$;
 $M_K = 39 \text{ g.mol}^{-1}$.

Situations d'évaluation

1 Dans le laboratoire de Chimie de ton établissement, il existe une bouteille d'acide chlorhydrique avec une étiquette sur laquelle est écrit : Acide chlorhydrique, masse volumique 1190 kg.m^{-3} , pourcentage en masse d'acide pur 37 %, masse molaire du chlorure d'hydrogène $\text{HCl} : 36,5 \text{ g.mol}^{-1}$. Cette solution est dite solution mère S_0 .

Lors d'une séance de travaux pratiques, il est demandé à ton groupe de déterminer les pH de solutions préparées à partir de cette solution mère. Pour ce faire, ton groupe prélève un volume $V_0 = 4,15 \text{ cm}^3$ de la solution mère d'acide chlorhydrique. Ce volume est complété à $V = 500 \text{ cm}^3$ avec de l'eau distillée. La solution obtenue est notée S_1 .

À partir de la solution S_1 , vous préparez deux solutions S_2 et S_3 ayant respectivement des concentrations molaires volumiques $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Données : masses molaires atomiques en g.mol^{-1} :
 $M_{\text{H}} = 1$; $M_{\text{Cl}} = 35,5$

1. Décris le protocole expérimental pour préparer les solutions S_1 , S_2 et S_3 .
2. Détermine :
 - 2.1 la masse m de chlorure d'hydrogène contenue dans 1 litre de solution S_0 ;
 - 2.2 la quantité de matière n de chlorure d'hydrogène contenue dans le volume V_0 .
3. Déduis-en la concentration de la solution S_1 .
4. Détermine le pH de chacune des solutions S_2 et S_3 .

2 Au cours d'une séance de travaux pratiques, il est demandé à ton groupe de déterminer le pH d'une solution d'acide chlorhydrique après une dilution d'une solution initiale S_0 de $\text{pH} = 2,7$.

Vous prélevez 10 mL de cette solution à laquelle vous ajoutez à 240 mL d'eau distillée. Vous obtenez la solution S_1 .

Tu es le rapporteur de ton groupe.

1. Cite les espèces chimiques présentes dans la solution S_0 .
2. Détermine les concentrations molaires volumiques de ces différentes espèces.
3. Détermine :
 - 3.1 les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques de la solution S_1 ;
 - 3.2 le pH de la solution S_1 .

Situations d'évaluation

3 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe est chargé de déterminer le pH de deux solutions d'acides forts. Pour ce faire, il dispose d'une solution aqueuse S obtenue par un mélange d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique C_1 et d'une solution d'acide nitrique de concentration molaire volumique C_2 .

Ton groupe, lors d'une première étape, verse dans 100 mL de la solution S une solution de nitrate d'argent utilisée en excès. Il obtient un précipité blanc de masse $m_1 = 717$ mg.

Dans la deuxième étape, ton groupe mesure le pH de la solution S. Il trouve : $\text{pH} = 1,1$.

Données : Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $M_{\text{Cl}} = 35,5$; $M_{\text{Ag}} = 108,0$

Tu es le rapporteur de ton groupe.

1. Écris :

1.1 les équations-bilans des réactions du chlorure d'hydrogène et de l'acide nitrique avec l'eau.

1.2 l'équation-bilan de la réaction de précipitation.

2. Détermine le pH de la solution d'acide chlorhydrique.

3. Détermine la concentration molaire volumique :

3.1 des ions H_3O^+ de la solution S ;

3.2 C_2 de la solution d'acide nitrique.

4. Déduis-en son pH.

4 Pour préparer des solutions titrées, le professeur met à votre disposition une bouteille de solution portant les indications suivantes :

– acide chlorhydrique concentré à 37% (37 g d'acide pour 100 g de solution) ;

– densité : 1,19.

Dans les conditions expérimentales appropriées, le professeur vous fait prélever un volume V_0 de la solution concentrée que vous mettez dans une fiole jaugée de 500 mL. Le contenu de la fiole est complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Vous obtenez alors une solution S_1 de concentration molaire volumique $C_1 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Vous prélevez ensuite un volume $V_1 = 10$ mL de la solution S_1 que vous ajoutez à 100 mL d'eau distillée pour préparer une solution S_2 de concentration molaire volumique C_2 .

Données : $M_{\text{H}} = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$, le volume molaire gazeux dans les conditions de dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau.

2. Détermine pour la solution d'acide concentrée :

2. 1 la concentration massique volumique C_m ;

2. 2 la concentration molaire volumique C_0 .

3. Détermine :

3. 1. le volume V_0 de la solution concentrée prélevé pour obtenir S_1 ;

3. 2. La concentration molaire volumique de la solution S_2 et son pH.

4. Détermine le volume V_{HCl} de chlorure d'hydrogène qu'il a fallu dissoudre dans l'eau distillée pour obtenir 1 000 mL de la solution concentrée.

5 Deux de tes camarades de classe n'arrivent pas à s'accorder sur l'évolution de la valeur du pH d'un mélange de deux solutions d'acide fort.

Ce sont : une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène (HCl) de volume $V_1 = 50 \text{ mL}$, de $\text{pH}_1 = 2,1$ et de concentration molaire volumique $C_1 = 7,94 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; une solution aqueuse de bromure d'hydrogène (HBr) de volume $V_2 = 50 \text{ mL}$, de $\text{pH}_2 = 2,5$ et de concentration molaire volumique $C_2 = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'un pense que la valeur du pH du mélange est la somme des deux pH tandis que pour l'autre, le pH du mélange se situe entre les valeurs deux pH.

Tu es sollicité(e) pour les départager.

1. Définis un acide fort.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction de chacun des acides avec l'eau
3. Calcule les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques contenues dans chaque solution.
4. Dis qui des deux camarades a raison.

6 Au cours de travaux pratiques, votre groupe prépare un mélange de deux solutions d'hydroxyde de sodium et d'hydroxyde de potassium.

- La solution d'hydroxyde de sodium a pour volume $V_1 = 50 \text{ mL}$, pour $\text{pH}_1 = 11,1$ et pour concentration molaire volumique $C_1 = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$;
- La solution d'hydroxyde de potassium a pour volume $V_2 = 50 \text{ mL}$, pour $\text{pH}_2 = 12,5$ et pour concentration molaire volumique $C_2 = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Un membre du groupe affirme que la valeur du pH du mélange est la moyenne des deux pH tandis que pour l'autre, le mélange prend la valeur la plus élevée de pH.

Tu es sollicité(e) pour les départager.

1. Définis une base forte.
2. Vérifie que l'hydroxyde de sodium et l'hydroxyde de potassium sont des bases fortes.
3. Calcule les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans chaque solution.
4. Dis des deux camarades, lequel a raison.



3 Acide faible - Base faible

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un acide faible.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction d'un acide faible avec l'eau.
Expliquer	l'équilibre chimique.
Citer	quelques acides faibles.
Connaître	l'expression du coefficient d'ionisation d'un acide faible.
Expliquer	l'effet de dilution sur l'ionisation d'un acide faible.
Déterminer	les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans une solution d'acide faible.
Définir	une base faible.
Citer	quelques bases faibles.
Déterminer	les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans une solution de base faible.
Expliquer	l'équilibre chimique.

Situation d'apprentissage

Lors d'une séance de Travaux Pratiques en classe de Terminale C au Lycée Moderne 2 Gagnoa, les élèves constatent, après des mesures que :

- le pH d'une solution d'acide éthanoïque est plus élevé que celui d'une solution d'acide chlorhydrique de même concentration.
- le pH d'une solution d'ammoniac est moins élevé que celui d'une solution d'hydroxyde de sodium de même concentration.

Afin de comprendre cette différence, les élèves avec l'aide de leur professeur s'organisent pour étudier les réactions d'un acide faible et d'une base faible avec l'eau, écrire les équations-bilans de ces réactions, expliquer l'équilibre chimique et l'effet de dilution sur l'ionisation d'un acide faible.



Résumé du cours

- Un acide faible est un acide qui ne réagit pas totalement avec l'eau.
- L'équation bilan de sa réaction avec l'eau s'écrit : $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- La proportion de l'acide faible ionisé est donnée par le coefficient d'ionisation α tel que :

$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]_{\text{formé}}}{C_a}$$
avec C_a la concentration molaire volumique de l'acide.
- Une base faible est une base qui ne réagit pas totalement avec l'eau.
- L'équation bilan de sa réaction avec l'eau s'écrit : $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BH}^+ + \text{OH}^-$
- La proportion de la base faible ionisée est donnée par le coefficient d'ionisation α tel que :

$$\alpha = \frac{[\text{BH}^+]_{\text{formé}}}{C_b}$$
avec C_b la concentration molaire volumique de la base.
- Pour un acide faible ou une base faible, le coefficient d'ionisation augmente avec la dilution.

Activités d'application

1

- Définis :
 - un acide faible ;
 - une base faible.
- Cite deux exemples :
 - d'acide faible ;
 - de base faible.

.....

.....

.....

.....

2 Pour chacune des propositions suivantes :

- un acide faible est un acide très dilué ; V F
 - un acide faible est un acide dont la
avec l'eau est limitée ; V F
 - une solution d'éthanoate de sodium ne
contient pas de molécules d'acide
éthanoïque V F
 - l'ionisation d'un acide faible augmente
avec la dilution, V F
- entoure la lettre V si la proposition est vraie ou la
lettre F si elle est fausse.

3 Une solution d'acide propanoïque C_2H_5-COOH de concentration molaire volumique $C = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ a un pH égal à 2,9.

- Montre que l'acide propanoïque est un acide faible.
- Écris l'équation-bilan de sa réaction chimique avec l'eau.

.....

.....

.....

.....

4 Une solution aqueuse d'ammoniac NH_3 de concentration molaire volumique $C = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ a un pH égal à 10,1.

- Montre que l'ammoniac est une base faible.
- Écris l'équation-bilan de sa réaction avec l'eau.

5 Tu disposes d'une solution de chlorure d'ammonium NH_4Cl de concentration molaire volumique $C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure de son pH est égale à 5,6.

- Dis en justifiant si la solution de chlorure d'ammonium est un acide faible ou un acide fort.
- Écris l'équation-bilan de la réaction du chlorure d'ammonium avec l'eau.
- Détermine les concentrations molaires volumiques de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution.
- Détermine le coefficient de dissociation de l'ion ammonium.

.....

.....

.....

.....

6 Soient les espèces chimiques suivantes : méthylamine ; méthanoate de sodium ; chlorure d'éthylammonium ; acide chloro-éthanoïque.

- Écris les équations-bilans des réactions de ces espèces chimiques avec l'eau.
- Indique le rôle acide ou basique de l'eau dans chaque réaction.
- Précise la nature acide ou basique de chaque solution obtenue.

.....

.....

.....

.....

7 Tu disposes d'une solution d'acide éthanoïque CH_3-COOH de concentration molaire volumique $C = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Le pH de cette solution est égal à 3.

- Montre que l'acide éthanoïque est un acide faible.
- Détermine les concentrations molaires volumiques de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution.

Activités d'application

3. Détermine le coefficient de dissociation de l'acide éthanóïque.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 8 L'acide éthanóïque est un composé moléculaire qui réagit avec l'eau.

Le pH d'une solution d'acide éthanóïque est :

- supérieur à 7 ;
- inférieur à 7 ;
- égal à 7 ;
- supérieur à celui d'une solution d'acide chlorhydrique de même concentration molaire volumique ;
- inférieur à celui d'une solution d'acide chlorhydrique de même concentration molaire volumique

Entoure les lettres correspondant aux bonnes réponses.

- 9 Tu dilues une solution S d'acide faible.

Lors de la dilution, le pH de la solution S :

- augmente ;
- diminue ;
- reste constant.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

- 10 Tu dilues une solution S de base faible.

Lors de la dilution, le pH de la solution S :

- augmente ;
- diminue ;
- reste constant.

Entoure la bonne réponse.

- 11 Relie chaque espèce chimique à une famille.

Espèce chimique		Famille
NH_4^+	•	• Acide fort
NH_3	•	• Base faible
$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$	•	• Acide faible
CH_3COO^-	•	
$\text{CH}_3\text{-NH}_2$	•	

- 12 Une solution aqueuse d'acide éthanóïque, de concentration molaire volumique $C = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, a un $\text{pH} = 2,9$ à 25°C .

- Montre que l'acide éthanóïque est un acide faible.
- Écris l'équation-bilan de sa réaction chimique avec l'eau.
- Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans la solution.
- Calcule le coefficient d'ionisation α de l'acide éthanóïque.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 13 Tu dissous 0,144 g de benzoate de sodium $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ dans 100 mL d'eau pure.

La solution obtenue a un pH égal à 8,1.

- Montre que le benzoate de sodium est une base faible.
- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique du benzoate de sodium avec l'eau.
- Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans la solution.

Données : en g.mol^{-1} : $M(\text{C}) = 12$; $M(\text{O}) = 16$; $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{Na}) = 23$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Situations d'évaluation

1 Ta voisine de classe désire déterminer le coefficient de dissociation de l'acide éthanoïque.

Pour ce faire, elle prépare d'abord une solution d'acide éthanoïque de volume V et de concentration molaire volumique $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ en introduisant dans une fiole jaugée un volume V_0 d'acide pur qu'elle complète à un litre. Ensuite la solution de volume $V = 1 \text{ L}$ ainsi préparée est diluée dix fois. La solution diluée, de volume V_a et de concentration molaire volumique C_a , a un pH égal à 3,4.

Éprouant quelques difficultés, ta voisine te demande de l'aider.

Données : masse molaire de l'acide éthanóïque : $M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$; masse volumique de l'acide éthanóïque pur : $\rho = 1,05 \text{ g.mL}^{-1}$.

1. Écris la relation entre la :
 - 1.1 quantité de matière n_0 d'acide, la concentration molaire volumique C et le volume V de la solution préparée ;
 - 1.2 quantité de matière n_0 d'acide, la masse volumique ρ , le volume V_0 d'acide pur et la masse molaire M d'acide.
2. Dédus-en le volume V_0 d'acide pur utilisé.
3. Détermine les concentrations molaires volumiques de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution diluée de volume V_a .
4. Détermine le coefficient d'ionisation α de l'acide éthanoïque dans la solution diluée.

2 Au cours d'une séance de travaux pratiques en classe de Terminale, le professeur vous demande d'étudier l'effet de la dilution sur l'ionisation d'un acide faible. Pour ce faire, il met à votre disposition un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution S d'acide méthanoïque de concentration molaire volumique $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Vous mesurez le pH de la solution S et trouvez une valeur égale à 2,9.

Vous ajoutez 900 mL d'eau distillée à la solution S et obtenez une nouvelle solution S'.

Après homogénéisation, la mesure du pH de la solution S' est égale à 3,4.

1. Montre que l'acide méthanoïque est un acide faible.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.
3. Détermine :
 - 3.1 les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans la solution S.
 - 3.2 les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans la solution S'.
 - 3.3 le pourcentage d'acide ionisé dans la solution S.
 - 3.4 le pourcentage d'acide ionisé dans la solution S'.
4. Dédus-en l'effet de la dilution sur l'équilibre d'ionisation de l'acide méthanoïque.

3 Après le cours de chimie sur les acides et bases faibles, un groupe de travail de ta classe entreprend d'étudier l'effet de la dilution sur l'équilibre d'ionisation d'une base faible. Le groupe dispose d'un volume $V_1 = 50 \text{ mL}$ d'une solution S_1 d'éthylamine ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$) de concentration molaire volumique $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Il mesure le pH et trouve une valeur égale à 11,3. Le groupe ajoute 450 mL d'eau distillée à la solution précédente et mesure à nouveau le pH. Pour cette nouvelle solution nommée S_2 , le pH est égal à 10,8.

Te connaissant plus outillé, en chimie, le groupe te demande de l'aider.

1. Montre que l'éthylamine est une base faible.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction d'ionisation de l'éthylamine.
3. Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes :
 - 3.1 dans la solution S_1 ;
 - 3.2 dans la solution S_2 .
 - 3.3 le pourcentage d'éthylamine ionisé :
 - 3-3-1 dans la solution S_1 .
 - 3-3-2 dans la solution S_2 .
4. Dédus-en l'effet de la dilution sur l'équilibre d'ionisation de l'éthylamine.

4 En travaux pratiques, votre professeur veut vous faire découvrir l'effet de dilution sur l'ionisation d'un acide faible. Pour y parvenir, il met à votre disposition une solution aqueuse d'acide méthanoïque de concentration molaire volumique $C = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, avec un $\text{pH} = 2,4$ à 25°C . Vous introduisez 10 mL de cette solution dans une fiole jaugée puis vous complétez à 1 L avec de l'eau distillée. Le pH de la solution obtenu est égal à 3,4.

Tu es désigné pour présenter vos résultats aux autres élèves de la classe.

1. Définis un acide faible.
2. Vérifie que la concentration molaire volumique en ions hydronium H_3O^+ de la solution initiale est divisée par 10.
3. Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes :
 - 3.1. dans la solution initiale ;
 - 3.2. dans la solution diluée.
4. Compare les résultats obtenus et conclus.

4

Couples acide/base- Classification

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	- un acide et une base selon Brönsted ; - un couple acide/base.
Donner	quelques exemples de couples acide/base.
Définir	- la constante d'acidité K_A d'un couple acide / base ; - le pK_A d'un couple acide / base.
Déterminer	- la constante d'acidité K_A et le pK_A d'un couple acide / base ; - le pH d'une solution aqueuse d'acide faible et de base faible.
Déterminer	les domaines de prédominance d'un acide et de sa base conjuguée.
Définir	un indicateur coloré.
Déterminer	la zone de virage d'un indicateur coloré.
Expliquer	la force d'un acide et d'une base.
Classer	les couples acide/base.

Situation d'apprentissage

Après la leçon de chimie sur les acides et bases faibles, une discussion s'engage entre deux élèves de terminale D du Lycée Moderne d'Abengourou. Le premier soutient que l'acide éthanóïque est plus fort que l'acide benzoïque. Le second soutient le contraire. Pour s'accorder, ils entreprennent avec l'aide de leurs professeurs de définir un couple acide/base, de définir la constante d'acidité K_A d'un couple acide / base, d'expliquer la force d'un acide et d'une base et de classer les couples acide/base.



1 Couple acide/base.

- L'acide éthanoïque est un acide faible ; l'ion éthanoate est une base faible.
Leur réaction avec l'eau aboutit à une réaction d'équilibre chimique :
$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+.$$

 CH_3COOH et CH_3COO^- constituent un couple acide/base noté : $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$.
- L'ammoniac est une base faible ; l'ion ammonium est un acide faible.
Leur réaction avec l'eau donne une réaction d'équilibre chimique :
$$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+.$$

 NH_4^+ et NH_3 constituent un couple acide/base noté : $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$.
- A tout acide A est associée une base conjuguée B et à toute base B est associé un acide conjugué A .
A et B constituent un couple acide/base noté A/B. $\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + \text{H}_3\text{O}^+$

2 Constante d'acidité K_A d'un couple acide/base

- Pour tout couple acide/base noté A/B en solution aqueuse, à une température donnée, les concentrations molaires volumiques des formes acide et basique sont liées par la relation :

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{B}]}{[\text{A}]}$$

- La constante K_A caractérise la force d'un acide. Elle permet de classer tous les couples acide/base faibles les uns par rapport aux autres. Elle est appelée constante d'acidité.
 - Plus K_A est grand, plus l'acide est fort (corrélativement plus la base est faible) ;
 - Plus K_A est petit, plus l'acide est faible (corrélativement plus la base est forte).
$$\text{p}K_A = -\log K_A.$$

3 Domaine de prédominance d'un acide et de sa base conjuguée

- Dans une solution aqueuse où $\text{pH} = \text{p}K_A$, les formes acide et basique du couple sont en quantité égale.
- Si dans une solution aqueuse, $\text{pH} < \text{p}K_A$, la forme acide du couple prédomine.
- Si dans une solution aqueuse, $\text{pH} > \text{p}K_A$, la forme basique du couple prédomine.

Activités d'application

1

1. Définis un acide et une base selon Brönsted.
2. Définis un couple acide / base.

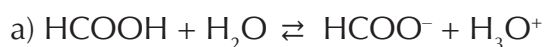
.....

.....

.....

2 L'acide méthanoïque est un composé organique de formule HCOOH ; sa base conjuguée est l'ion méthanoate HCOO^- :

1. L'équation-bilan de sa réaction chimique avec l'eau est :



2. L'expression de la constante d'acidité du couple acide méthanoïque / ion méthanoate est

a) $K_A = \frac{[\text{HCOOH}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOO}^-]}$

b) $K_A = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{HCOOH}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$

c) $K_A = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]}$

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

3 Soient deux acides A et A' et leurs bases conjuguées respectives B et B'. Le $\text{p}K_A$ du couple A/B est égal à 2 et celui du couple A'/B' est égal à 12.

Compare la force des acides A et A' et de celle des bases conjuguées B et B'.

.....

.....

.....

.....

.....

4 Un indicateur coloré a un $\text{p}K_{\text{Ai}}$ égal à 5.

Sa forme acide est de couleur rouge et sa forme basique est jaune. La zone de virage est définie par $\text{p}K_{\text{Ai}} \pm 1$. On verse quelques gouttes de cet indicateur coloré dans quatre (4) solutions dont les pH sont les suivants : 2,5 ; 4,5 ; 6,3 ; 9.

1. Trace le diagramme des zones de prédominance de cet indicateur coloré en faisant apparaître les zones de couleurs correspondantes.
2. Indique la coloration prise par chacune de ces solutions.

.....

.....

.....

5 Le $\text{p}K_A$ du couple ion ammonium / ammoniac est 9,2 ; celui du couple ion méthylammonium / méthylamine est 11.

Tu prépares deux solutions $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ d'ammoniac et de méthylamine et tu mesures leur pH.

Indique en le justifiant celui qui aura le pH le plus élevé.

.....

.....

.....

6 Une solution aqueuse d'acide méthanoïque HCOOH de concentration molaire volumique $C = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ a un pH égal à 2,4 à 25°C .

1. Écris l'équation-bilan de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.
2. Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces présentes en solution.
3. Déduis-en la constante d'acidité K_A du couple $\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$.

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

7 Réarrange les mots et groupes de mots suivants de sorte à constituer une phrase ayant un sens.

1. plus sa base conjuguée / Pour un couple / donné, / est petit. / est faible/ plus l'acide/ est fort / et son pK_A /
2. est faible/ donné, /plus la base / et son pK_A / est forte, / est grand./ Pour un couple /plus son acide conjugué.

.....

.....

.....

.....

.....

8 Tu mélanges un volume V_A d'acide éthanóïque de concentration molaire volumique

$C_A = 0,03 \text{ mol.L}^{-1}$ et un volume V_B d'éthanoate de sodium de concentration molaire volumique $C_B = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ pour former 1 litre de solution.

Le pK_A du couple acide éthanóïque / ion éthanóate est 4,8 et le pH du mélange obtenu est 4,4.

1. Précise laquelle des formes acide ou basique du couple prédomine dans le mélange.
2. Détermine les valeurs des volumes V_A et V_B .

.....

.....

.....

.....

.....

9 Écris la lettre V dans la case si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

1. Dans une solution d'un couple acide-base vérifiant la relation $\text{pH} = pK_A$, la concentration molaire volumique de l'acide est égale à celle de la base conjuguée. ☐
2. Dans une solution dont le pH est supérieur au pK_A d'un couple acide-base la concentration molaire volumique de la base est inférieure à celle de son acide ☐

conjugué.

3. Dans une solution dont le pH est inférieur au pK_A d'un couple acide-base la concentration molaire volumique de l'acide est supérieure à celle de sa base conjuguée. ☐
4. Un indicateur coloré permet de connaître le pH d'une solution. ☐

10 En vue de connaître les limites du pH d'une solution S, tu ajoutes dans trois béchers contenant chacun 5 mL d'une solution S, trois gouttes de chacun des indicateurs colorés suivants :

- la phénolphtaléine : elle reste incolore ;
- le bleu de bromothymol : il vire au jaune ;
- l'hélianthine : elle vire au jaune.

1. Détermine les limites du pH de S.
2. Précise son caractère (acide ou basique).

Données :

Phénolphtaléine	Incolore	8,2 - 10	Rouge violacé
Bleu de Bromothymol	Jaune	6,0 – 7,6	Bleu
Hélianthine	Rouge	3,1 - 4,4	Jaune

11

1. Écris la base conjuguée de chacun des acides suivants : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$; $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$.
2. Écris l'acide conjugué de chacune des bases suivantes : HCO_3^- ; CH_3COO^- ; CH_3NH_2 .

.....

.....

.....

.....

.....

12 Écris en dessous de la formule de chacun des acides suivants, la formule de sa base conjuguée.

HCOOH ; CH_3NH_3^+ ; HCN

.....

CH_3COOH ; NH_4^+

Activités d'application

13 Relie, par un trait, chaque couple à la valeur de son pK_A sachant que :

- CCl_3COOH est l'acide le plus fort ;
- CH_3COO^- est la base la plus forte ;
- $CHCl_2COOH$ est un acide plus fort que $CH_2ClCOOH$.

CH_3COOH/CH_3COO^-	•	• 0,7
$CHCl_2COOH/CHCl_2COO^-$	•	• 2,9
CCl_3COOH/CCl_3COO^-	•	• 4,8
$CH_2ClCOOH/CH_2ClCOO^-$	•	• 1,3
		• 10

14 Pour chacune des propositions ci-dessous, écris en face (V) si elle est vraie ou (F) si elle est fausse.

1. Selon Brönsted, un acide est une espèce chimique capable de capter ou gagner un proton H^+
2. L'acide qui appartient au couple de plus grand pK_A est le plus fort

3. La base qui appartient au couple de plus petit K_A est la plus faible

4. Quand le pH d'une solution de base faible est plus petit que le pK_A du couple de cette base, alors l'espèce prédominante est l'acide conjugué

5. De deux solutions d'acide faible ayant la même concentration molaire volumique C , celle qui a le plus petit pH correspond à l'acide le plus fort

15 La constante d'acidité du couple acide-base présent dans une solution de chlorure de méthylammonium se calcule par l'une des relations suivantes :

a) $K_A = \frac{[H_3O^+][NH_4^+]}{[NH_3]}$; b) $K_A = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[NH_3]}$;

c) $K_A = \frac{[H_3O^+][NH_3]}{[NH_4^+]}$; d) $K_A = \frac{[OH^-][NH_3]}{[NH_4^+]}$.

Entoure la lettre qui indique la relation correcte.

16 On donne le pK_A de quelques couples acide/base à 25°C.

Couples	NH_4^+/NH_3	$HCOOH/HCOO^-$	CH_3COOH/CH_3COO^-	$C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$
pK_A	9,2	3,8	4,8	4,2

Classe :

1. les acides faibles par acidité décroissante ;
2. les bases faibles par basicité croissante.

Situations d'évaluation

1 Lors d'une séance de travaux pratiques, votre professeur demande à chaque groupe d'élèves d'étudier le couple : ion méthylammonium/méthylamine qui sera noté par la suite BH^+/B .

Votre groupe procède à la manipulation suivante :

- Un volume $V = 40 \text{ cm}^3$ d'une solution de chlorure de méthylammonium de concentration molaire volumique $C = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est placé dans un bécher.
- A l'aide d'une burette graduée, un volume V' d'une solution de méthylamine de concentration molaire volumique $C' = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ est ajouté. Les résultats des mesures sont reportés dans le tableau ci-dessous :

$V'(\text{cm}^3)$	5,0	6,3	8,0	10,0	12,6	15,9	20,0	25,2	31,7	39,9	50,2
pH	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1

Donnée : Pour la consigne 3, tu prendras $V' = 5,0 \text{ cm}^3$.

1. Définis la constante d'acidité du couple ion méthylammonium/méthylamine
2. Écris la relation entre le pH d'une solution aqueuse contenant les espèces chimiques du couple.
3. Montre que :

3.1 le rapport $r = \frac{[B]}{[BH^+]}$ est pratiquement égal à $\frac{C'V'}{CV}$;

Tu admettras que cette approximation est valable pour les autres valeurs de V' dans le domaine de pH considéré.

3.2 le produit $r \times [H_3O^+]$ est pratiquement constant.

4. Déduis-en la valeur de la constante d'acidité K_A , puis le pK_A .

2 Le professeur de Physique-Chimie te désigne pour étudier deux acides, l'acide monochloroéthanique ($CH_2Cl-COOH$) et l'acide phényl-éthanique ($C_6H_5CH_2-COOH$), afin de comparer leur force.

L'acide monochloroéthanique est un acide faible. Une solution d'acide de concentration molaire volumique $C = 5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ a un pH de 2,7.

Donnée : Le pK_A de l'acide phényl-éthanique est de 4,2.

1. Écris l'équation-bilan de l'acide monochloroéthanique avec l'eau.

2. Détermine :

2.1 la concentration molaire volumique des espèces chimiques présentes dans la solution ;

2.2 la valeur du pK_A du couple acide-base de l'acide monochloroéthanique.

3. Trouve l'acide le plus fort.

Situations d'évaluation

3 Ton voisin de classe a découvert dans une revue scientifique que la pyridine ou azine, composé organique hétérocyclique de formule brute C_5H_5N est un liquide à caractère basique, que l'on rencontre dans de nombreux composés naturels comme la nicotine.

Il désire savoir si ce composé est plus basique que l'ammoniac. Il sollicite ton aide.

Données : A $25^\circ C$, le pH d'une solution $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ de pyridine est égal à 8,6.

$pK_A(NH_4^+/NH_3) = 9,2$.

1. Indique de manière simple comment mettre en évidence le caractère basique de la pyridine.
2. Montre que :
 - 2.1 la pyridine est une base selon Brönsted ;
 - 2.2 la pyridine est une base faible.
3. Détermine :
 - 3.1 les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques présentes dans la solution de pyridine.
 - 3.2 le pK_A du couple acide-base correspondant.
4. Dédus de ce qui précède, laquelle des deux bases est la plus faible.

4 Au cours d'une séance de travaux pratiques, des élèves doivent étudier l'action d'un indicateur coloré, l'hélianthine, sur une solution aqueuse S d'acide éthanóïque.

L'hélianthine met en jeu le couple acide-base HIn/In^- et son pK_A est 3,5.

HIn et In^- n'ont pas la même couleur. HIn est rose et In^- jaune.

Une solution contenant quelques gouttes d'hélianthine est rose si $\frac{[HIn]}{[In^-]} > 3$ et jaune si $\frac{[In^-]}{[HIn]} > 3$.

Les élèves ajoutent quelques gouttes d'hélianthine à la solution d'acide éthanóïque.

Cette addition ne modifie pratiquement pas le pH. Le professeur leur demande de déterminer la concentration minimale de la solution S pour qu'elle prenne la teinte de la forme acide de l'hélianthine et la concentration maximale de cette solution pour qu'elle prenne la teinte de la forme basique de l'hélianthine. La valeur de la constante d'acidité pK_A du couple CH_3COOH/CH_3COO^- vaut 4,8.

Tu es élève de cette classe, propose la solution de ton groupe.

1. Définis un indicateur coloré.
2. Détermine les valeurs de pH délimitant la zone de virage de l'hélianthine.
3. Détermine :
 - 3.1 la concentration minimale de la solution S pour quelle prenne la teinte de la forme acide de l'hélianthine.
 - 3.2 la concentration maximale de la solution S pour qu'elle prenne la teinte de la forme basique de l'hélianthine.



5

Réactions acido-basiques - Solutions tampons

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Connaître	les caractéristiques de la réaction entre : – un acide fort et une base forte ; – un acide faible et une base forte ; – un acide fort et une base faible.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction entre : – un acide fort et une base forte ; – un acide faible et une base forte ; – un acide fort et une base faible.
Schématiser	le dispositif expérimental du dosage pH-métrique.
Tracer	la courbe de variation du pH en fonction du volume au cours de la réaction entre : – un acide fort et une base forte ; – un acide faible et une base forte ; – un acide fort et une base faible.
Exploiter	la courbe de variation du pH en fonction du volume au cours de la réaction entre : – un acide fort et une base forte ; – un acide faible et une base forte ; – un acide fort et une base faible.
Définir	l'équivalence acido-basique.
Déterminer	• la concentration molaire volumique en acide (ou en base). • la nature du mélange à l'équivalence.
Analyser	l'influence des concentrations molaires volumiques sur la courbe pH-métrique.
Définir	une solution tampon.
Connaître	• les propriétés d'une solution tampon; • les trois méthodes de préparation d'une solution tampon.
Déterminer	la composition d'une solution tampon.
Expliquer	l'intérêt d'une solution tampon.

Situation d'apprentissage

Dans leur recherche en vue de faire leur devoir de biologie, des élèves de terminale scientifique apprennent que dans les milieux biologiques, les systèmes tampons amortissent les variations de pH lorsqu'il y a perturbation de l'équilibre acide-base et que la plupart des solutions biologiques sont des solutions tampons.

De retour en classe, ils partagent cette découverte avec leurs camarades et ensemble ils entreprennent avec l'aide de leur professeur de définir une solution tampon, de connaître ses propriétés et les méthodes de préparation d'une telle solution.



1 Réaction entre un acide fort et une base forte

- Les réactions entre un acide fort et une base forte sont exothermiques, rapides et totales.
- L'équation-bilan de la réaction chimique entre un acide fort de concentration molaire volumique C_a et de volume V_a et une base forte de concentration C_b et de volume V_b est :

$$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$$
- A l'équivalence acido-basique on a :
 - $\text{pH} = 7$;
 - la solution est neutre ;
 - $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-) \Leftrightarrow C_a V_a = C_b V_{bE}$ avec V_{bE} volume de base versé pour atteindre l'équivalence acido-basique.

2 Réaction entre un acide fort et une base faible

- L'équation-bilan de la réaction chimique entre un acide fort (HA) de concentration molaire volumique C_a et de volume V_a et une base faible (B) de concentration molaire volumique C_b et de volume V_b est :

$$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{B} \longrightarrow \text{BH}^+ + \text{H}_2\text{O}$$
- A l'équivalence acido-basique on a :
 - $\text{pH} < 7$
 - la solution est acide car les ions BH^+ acides sont majoritaires.
 - $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{B}) \longrightarrow C_a V_{aE} = C_b V_b$

A la demi-équivalence

$$V_a = \frac{V_{aE}}{2} ; \text{pH} = \text{pK}_A \text{ du couple } \text{BH}^+ / \text{B}$$

3 Réaction entre un acide faible et une base forte

- L'équation-bilan de la réaction chimique entre un acide fort (AH) de concentration molaire volumique C_a et de volume V_a et une base forte (MOH) de concentration molaire volumique C_b et de volume V_b est :

$$\text{OH}^- + \text{AH} \longrightarrow \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$$
- À l'équivalence acido-basique on a :
 - $\text{pH} > 7$;
 - la solution est basique, les ions A^- basiques sont majoritaires ;
 - $n(\text{OH}^-) = n(\text{AH}) \longrightarrow C_b V_{bE} = C_a V_a$
- A la demi-équivalence

$$V_b = \frac{V_{bE}}{2} ; \text{pH} = \text{pK}_A \text{ du couple } \text{AH} / \text{A}^-$$

4 Solutions tampons

- Une solution tampon est une solution obtenue lors d'un mélange équimolaire d'un acide faible et de sa base faible conjuguée.
- Une solution tampon est une solution dont le pH varie peu :
 - lors de l'addition modérée d'un acide ou d'une base ;
 - lors d'une dilution modérée.
- Une solution tampon est telle que son pH est sensiblement égal au pK_A du couple acide/base qu'elle contient ($\text{pH} = \text{pK}_A$).

Activités d'application

1

- Écris la relation qui lie la quantité de matière d'un acide fort A (n_a) à celle d'une base faible B (n_b) à l'équivalence d'une réaction acido-basique.
- Écris la relation qui lie la quantité de matière d'un acide faible A (n_a) à celle d'une base forte B (n_b) à la demi-équivalence d'une réaction acido-basique.

2

- Définis une solution tampon.
- Cite les propriétés d'une solution tampon.
- Cite deux applications des solutions tampons.

3

Complète le texte ci-dessous par les mots et groupes de mots suivants : peu sensible ; la fin ; solution tampon ; totale.

Un élève réalise une réaction chimique entre un acide faible et une base forte. Cette réaction est unique, exothermique et Déterminer l'équivalence acido-basique, c'est repérer de la réaction

chimique. La solution obtenue à la demi-équivalence est appelée Le pH de cette solution est à l'ajout modéré d'une solution acide ou basique.

4 A 25°C, tu mélanges 25 cm³ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire volumique 10⁻¹ mol.L⁻¹ et 50 cm³ d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque (CH₃COOH) de même concentration molaire volumique.

Le pK_A (CH₃COOH/CH₃COO⁻) est 4,8.

- Le rapport de la quantité de matière $\frac{n(\text{NaOH})}{n(\text{CH}_3\text{COOH})}$ est :
a) 1 ; b) 2 ; c) $\frac{1}{2}$.
- Le pH du mélange est :
a) 4,8 ; b) 11 ; c) 2.
- Une telle solution est une solution :
a) neutre ; b) basique ; c) tampon.

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

5 Réécris correctement les phrases suivantes afin de leur donner un sens correct :

- est sensible aux ajouts d'acide, / Moins le pH d'une solution / plus le pouvoir tampon / de cette solution est élevé. / de base ou d'eau
- d'un acide et de sa base conjuguée. / est celle qui est constituée / d'un mélange équimolaire / La solution tampon la plus efficace

6

Relie par un trait, la nature de la réaction chimique à son intervalle de pH à l'équivalence acido-basique à 25°C.

Nature de la réaction chimique	
Acide fort-base forte	•
Acide fort-base faible	•
Acide faible-base forte	•

Intervalle de pH à l'équivalence acido-basique	
• pH > 7	
• pH < 7	
• pH = 7	

Activités d'application

7 A 25°C, l'on fait réagir un volume $V_b = 25 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique C_b inconnue avec une solution aqueuse d'acide éthanóïque de concentration molaire volumique $C_a = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. A l'équivalence acido-basique, le volume d'acide éthanóïque versé est $V_a = 12,5 \text{ mL}$. La mesure du pH du mélange à l'équivalence donne la valeur 8,5.

- La concentration molaire volumique C_b est égale :
 - $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - $2 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - $5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- À l'équivalence acido-basique, la solution est :
 - acide ;
 - basique ;
 - neutre.
- A la demi-équivalence d'une telle réaction chimique, la solution obtenue est appelée :
 - solution neutre ;
 - solution tampon ;
 - solution basique.

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

8 Mets une croix dans la case Vrai si la proposition est Vraie ou dans la case Faux si la proposition est fausse.

N°	Propositions	Vrai	Faux
1	La plupart des liquides biologiques sont tamponnés.		
2	Une solution de base forte est une solution tampon.		
3	Une solution d'acide fort est une solution tampon.		
4	La réaction chimique entre un acide fort et une base forte est unique, rapide et totale.		

9 Au laboratoire de chimie, un groupe d'élèves prépare une solution en ajoutant à un volume $V_a = 15 \text{ mL}$ d'une solution d'acide chlorhydrique (HCl) de concentration molaire volumique $C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire volumique $C_b = 5 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et de volume $V_b = 10 \text{ mL}$.

La température du mélange est 25°C.

- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu.
- Calcule :
 - la quantité de matière d'acide introduite ;
 - la quantité de matière de base introduite.
- Déduis-en :
 - la nature du mélange ;
 - le pH du mélange.

10 Un expérimentateur introduit 5 g d'hydroxyde de potassium (KOH) dans une fiole jaugée, et complète à 500 mL avec de l'eau distillée. Il prélève ensuite un volume $V_b = 25 \text{ mL}$ de la solution, puis y ajoute une solution d'acide bromhydrique (HBr) de concentration molaire volumique $C_a = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu.
- Détermine :
 - la concentration molaire volumique C_b de la solution d'hydroxyde de potassium ;
 - le volume d'acide versé pour atteindre l'équivalence acido-basique ;
 - la masse de sel formé à l'équivalence.

Activités d'application

11 Deux élèves préparent une solution par ajout d'un volume $V_b = 10 \text{ cm}^3$ d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de $\text{pH} = 12$, à un volume $V_a = 20 \text{ cm}^3$ d'une solution de chlorure d'ammonium (NH_4Cl) de concentration molaire volumique $C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
2. Calcule la concentration molaire volumique en ions hydronium et en ammoniac dans le mélange.
3. Déduis le pH de la solution préparée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

12 Dans un bécher se trouve un mélange d'un volume $V_b = 10 \text{ cm}^3$ d'une solution aqueuse de méthanoate de sodium (HCOONa) de concentration molaire volumique $C_b = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et d'un volume $V_a = 50 \text{ cm}^3$ d'une solution de chlorure hydrogène (HCl) de concentration molaire volumique $C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

La constante d'acidité K_A du couple $\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$ est $1,58 \cdot 10^{-4}$.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu.
2. Détermine la concentration molaire volumique en ion méthanoate et en acide méthanoïque.
3. Déduis le pH du mélange.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

13 A un volume $V_a = 20 \text{ cm}^3$ d'une solution d'acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ de concentration molaire volumique $C_a = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $\text{pH} = 3,1$, l'on ajoute un volume V_b d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire volumique $C_b = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ jusqu'à ce que le pH atteigne la valeur 4,2.

Le $\text{p}K_A$ du couple $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}/\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ est égal à 4,2.

1. Nomme la solution obtenue.
2. Calcule V_b .
3. Cite les propriétés chimiques d'une telle solution.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

14 Pour préparer une solution tampon, tu ajoutes à un volume $V_a = 40 \text{ cm}^3$ d'une solution d'acide méthanoïque (HCOOH) de concentration molaire volumique $C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, un volume V_b inconnu d'une solution de méthanoate de sodium (HCOONa) de concentration molaire volumique $C_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le $\text{p}K_A$ du couple $\text{HCOOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ est égale à 3,8.

1. Donne le pH de la solution obtenue après ajout de la solution de méthanoate de sodium.
2. Détermine le volume V_b .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Situations d'évaluation

1 Dans l'objectif de préparer une solution tampon, le professeur de Physique-Chimie met à la disposition de ton groupe une solution obtenue en mélangeant un volume $V_b = 10 \text{ cm}^3$ d'une solution aqueuse d'ammoniac (NH_3) de concentration molaire volumique $C_b = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et un volume $V_a = 50 \text{ cm}^3$ d'une solution aqueuse de chlorure d'ammonium (NH_4Cl) à $C_a = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le pH du mélange est 8,5.

Le professeur vous demande de déterminer le volume de la solution d'ammoniac à ajouter au mélange pour avoir une solution tampon.

Donnée : $\text{pK}_a(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9,2$.

1. Définis une solution tampon.
2. Cite les propriétés d'une solution tampon.
3. Détermine les concentrations molaires volumiques de toutes les espèces chimiques en solution dans le mélange.
4. Détermine le volume V_b d'ammoniac qu'il faut ajouter pour avoir une solution tampon.

2 Suite à un malaise, un élève de ta classe est conduit à l'hôpital. Le médecin lui prescrit un traitement dans lequel se trouvent des sachets d'un monoacide faible connu sous le nom d'aspirine.

Après sa guérison, votre professeur vous demande d'identifier l'acide faible. Pour cela, vous dissolvez un comprimé d'aspirine de masse $m = 0,504 \text{ g}$, dans un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'eau pure puis vous faites réagir sur la solution obtenue une solution d'hydroxyde de potassium (KOH) de concentration molaire volumique $C_b = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

$V_b \text{ (mL)}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6
pH	3,5	4,6	4,9	5,2	5,3	5,5	5,7	5,9	6,5	11,6	12,2	12,4	12,5	5,7

Données :

AH	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$
Masse molaire	180 g.mol^{-1}	122 g.mol^{-1}	60 g.mol^{-1}	48 g.mol^{-1}
Nom de AH	Acide acétylsalicylique	Acide benzoïque	Acide éthanóïque	Acide méthanoïque

Données : $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

Échelles : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ mL}$ et $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ unité de pH}$

1. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique entre l'acide faible noté AH et l'ion hydroxyde.
2. Trace la courbe représentative de $\text{pH} = f(V_b)$;
3. Détermine :
 - 3.1 les coordonnées du point d'équivalence E ;
 - 3.2 la concentration molaire volumique de la solution d'aspirine étudiée ;
 - 3.3 la nature de la solution à l'équivalence.
4. Trouve le nom et la formule brute de l'acide faible AH.

3 En vue d'exploiter l'évolution d'une réaction chimique entre un acide fort et une base forte et de déterminer le point d'équivalence, il est demandé à ton groupe de préparer les deux solutions suivantes :

- Solution 1 : Vous dissolvez 0,12 L du gaz chlorure d'hydrogène dans 500 mL d'eau distillée ;
- Solution 2 : Vous dissolvez 0,2 g de cristaux d'hydroxyde de sodium dans 500 mL d'eau distillée.

Ensuite avec un dispositif expérimental approprié, vous versez progressivement la solution 1 de chlorure d'hydrogène dans 20 mL de la solution 2 d'hydroxyde de sodium contenue dans un bécher, puis vous relevez à chaque quantité versée le pH du mélange.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

V_a (mL)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19	19,5	20,5	21	24	26	28	30
pH	12	11,9	11,8	11,7	11,6	11,5	11,4	11,3	11,2	10,8	10,4	10,1	3,8	3,5	3,1	3,0	2,8	2,7

Données : Dans les conditions de l'expérience le volume molaire $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$.

Atome	C	H	O	Na	Cl
Masse molaire atomique (g.mol^{-1})	12	1	16	23	35,5

Tu utiliseras en cas de besoin l'échelle suivante : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ unité de pH}$ et $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ mL}$.

1. Fais le schéma du dispositif expérimental dont il s'agit.
2. Détermine la concentration molaire volumique :
 - 2.1 C_a de la solution 1 ;
 - 2.2 C_b de la solution 2.
3. Trace la représentation graphique de $\text{pH} = f(V_a)$.
4. Détermine graphiquement les coordonnées du point d'équivalence.

4 Lors d'une séance de travaux pratiques, votre professeur vous demande d'étudier la réaction chimique d'un acide faible avec une base forte. Pour cela, le professeur met à votre disposition :

- une solution aqueuse d'acide méthanoïque HCOOH de concentration molaire volumique

$C_a = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, de $\text{pH} = 2,4$;

- une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_b = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$.

Pour votre expérience, vous prélevez 25 mL de cet acide que vous introduisez dans un bécher.

Vous y ajoutez progressivement la solution d'hydroxyde de sodium et vous relevez pour chaque volume versé, le pH obtenu. Pour un volume $V_b = 6,25 \text{ mL}$ de solution d'hydroxyde de sodium, le pH du mélange est 3,8. Lorsque vous êtes à l'équivalence acido-basique le pH du mélange prend la valeur 8,3.

Tu es chargé de la rédaction du compte rendu de ton groupe.

1. Écris l'équation-bilan:

1.1. de la réaction chimique de cet acide avec l'eau ;

1.2. de la réaction chimique acido-basique qui a lieu lors du mélange.

2. Détermine :

2.1 les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans le mélange de $\text{pH} = 3,8$;

2.2 le volume V_{bE} de solution d'hydroxyde de sodium à verser pour atteindre l'équivalence acido-basique ;

2.3 la nature (acide ou basique) du mélange à l'équivalence acido-basique ;

3. Montre que la valeur $\text{pH} = 3,8$ correspond à celle du pK_A du couple $\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$.

4. Trace l'allure de la courbe de variation du pH en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium versé, en tenant compte des points remarquables et de la valeur limite vers laquelle tend le pH du mélange, si l'on continue d'ajouter la solution d'hydroxyde de sodium.

Situations d'évaluation

5 Au laboratoire, des étiquettes de bouteilles contenant des solutions d'acide faible sont effacées. En vue de les identifier, votre Professeur vous demande d'effectuer des séries de réactions acido-basiques. Votre groupe reçoit 10 mL de l'acide noté AH, de concentration molaire volumique C_A à faire réagir avec une solution B d'hydroxyde de sodium, de concentration molaire volumique $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Vous relevez au fur et à mesure que la réaction a lieu, le pH du mélange obtenu en fonction du volume V_B de la solution B versée dans la solution d'acide. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

V _B (mL)	0	1	3	5	6	8	9	9,5	9,8	9,9	10	10,1	11	12
pH	2,6	3,3	3,9	4,2	4,4	4,8	5,2	5,5	5,9	6,2	8,5	10,7	11,7	11,8

Données :

Indicateurs colorés	Zone de virage
Phénolphtaléine	8,0 – 9,9
Rouge de méthyle	4,2 – 6,2
Hélianthine	3,1 – 4,4

Couple acide/base	K_A
$\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}/\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COO}^-$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
$\text{CH}_3\text{-COOH}/\text{CH}_3\text{-COO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-8}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}/\text{C}_6\text{H}_5\text{-COO}^-$	$6,3 \cdot 10^{-5}$

Échelles :

- 1 cm pour 1 mL en abscisse ;
- 1 cm pour 1 unité de pH en ordonnée.

Tu es désigné pour exploiter les résultats de votre expérience.

1. Fais le schéma annoté du dispositif expérimental.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique entre l'acide faible noté AH et l'hydroxyde de sodium.
3. Trace la courbe représentative de $\text{pH} = f(V_B)$.
4. Détermine :
 - 4.1 les coordonnées du point d'équivalence E ;
 - 4.2 le pK_A du couple présent dans le mélange. Justifie ta réponse ;
 - 4.3 l'indicateur coloré approprié pour ce dosage ;
 - 4.4 l'acide AH que vous avez dosé.



6

Dosage acido-basique

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Réaliser	le dosage colorimétrique d'une solution commerciale de vinaigre.
Schématiser	le dispositif expérimental d'un dosage.
Définir	l'équivalence acido-basique.
Déterminer	- la concentration molaire volumique inconnue. - les concentrations molaires volumiques du mélange à l'équivalence. - la nature du mélange à l'équivalence.

Situation d'apprentissage

Au cours d'un échange sur l'importance des acides faibles dans notre environnement, les élèves de la classe de Terminale D₂ du Lycée Moderne Diégonefla apprennent de leur professeur de Physique-Chimie que le vinaigre utilisé couramment dans l'alimentation contient de l'acide éthanóique. Surpris et curieux, ils veulent vérifier cette information. Ils s'organisent alors pour réaliser le dosage d'une solution commerciale de vinaigre et déterminer sa concentration molaire volumique.



Résumé du cours

- 1 Les réactions de dosages acido-basiques sont totales.
- 2 L'équivalence acido-basique est obtenue lorsque la quantité n_A d'acide (ou de base) versée est égale à la quantité n_B de base (ou d'acide) dosée.

Soit C_A la concentration molaire volumique d'une solution d'acide et V_{AE} son volume versé à l'équivalence ; soit V_B le volume de la solution de base à doser et C_B sa concentration inconnue.

On a à l'équivalence: $n_A = n_B$

$$\text{soit } C_A \cdot V_{AE} = C_B \cdot V_B$$

- 3 Le point d'équivalence est obtenu au virage de l'indicateur coloré utilisé (dosage colorimétrique) ou est obtenu à l'aide de la méthode des tangentes appliquée sur la courbe de variation du pH (dosage pH-métrique).
- 4 L'indicateur coloré le plus adapté à un dosage est celui dont la zone de virage contient le point d'équivalence.

Activités d'application

1 Une solution aqueuse S contient un acide AH.

- Le dosage de l'acide AH contenu dans la solution S consiste à :
 - ajouter de l'eau distillée à la solution S;
 - ajouter de la soude à la solution S;
 - déterminer la concentration molaire volumique de l'acide AH dans la solution S.
- L'équation-bilan de la réaction de dosage de l'acide AH est :
 - $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$;
 - $\text{AH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$;
 - $\text{AH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$.

Entoure, pour chacune des propositions, la lettre correspondant à la bonne réponse.

2

- Définis l'équivalence acido-basique.
- Cite les deux méthodes de dosages les plus courantes.
- Schématise et annote le dispositif expérimental du dosage pour chacune des méthodes citées à la question 2.

3 Dis comment se fait le choix de l'indicateur coloré lors d'un dosage.

4 Dobré ajoute une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_b = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ dans un volume $V_a = 20 \text{ mL}$ d'une solution d'acide propanoïque contenant quelques gouttes de phénolphthaléine. La phénolphthaléine vire au rose lorsque le volume de soude versé est $V_b = 15 \text{ mL}$.

- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui se produit.
- Précise la nature (acide, basique ou neutre) du mélange à l'équivalence.
- Détermine la concentration molaire volumique de la solution d'acide propanoïque.

5 Tu verses une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ dans 10 mL d'une solution d'ammoniac.

Tu obtiens l'équivalence lorsque tu as versé un volume $V_a = 20 \text{ mL}$ de solution d'acide chlorhydrique.

- Écris l'équation-bilan de la réaction qui se produit.
- Précise la nature (acide, basique ou neutre) de la solution obtenue à l'équivalence.
- Détermine la concentration molaire volumique de la solution d'ammoniac.

Activités d'application

6 Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants : *l'équivalence ; volume ; la demi-équivalence ; quasi-totale ; croissante ; pH ; deux points d'inflexion ; basique*.

La solution d'acide éthanoïque réagit avec la solution d'hydroxyde de sodium.

Cette réaction est La courbe de variation du de la solution d'acide éthanoïque en fonction du de solution d'hydroxyde de sodium versé est et présente À acido-basique, le mélange est Le pK_A du couple CH_3COOH/CH_3COO^- est égal au pH à Le mélange à la demi-équivalence constitue une solution tampon.

7 Complète chacune des phrases ci-dessous avec le groupe mots qui convient.

1. Lors du dosage d'un acide faible par une base forte, la valeur du pH à l'équivalence est à 7.

2. Lors du dosage d'une base faible par un acide fort, la courbe de variation du pH a une ... variation avant le point d'équivalence.

3. Lors du dosage d'un acide fort par une base forte, l'équivalence est caractérisée par une ... variation du pH et un point sur la courbe.

8

1. Un mélange d'acide faible et de base forte à l'équivalence a un pH :

- a) égal à 7 ;
- b) supérieur à 7 ;
- c) inférieur à 7.

2. Un mélange d'acide fort et de base forte à l'équivalence a un pH :

- a) égal à 7 ;
- b) supérieur à 7 ;
- c) inférieur à 7.

Entoure, dans chaque cas, la lettre qui correspond à la bonne réponse.

Situations d'évaluation

1 Lors d'une séance de travaux pratiques en classe de Terminale, ton groupe est chargé de déterminer expérimentalement la concentration molaire initiale d'un monoacide carboxylique AH et la valeur du pK_A du couple acide-base AH/A^- . Il est mis à votre disposition :

- 20 cm³ de l'acide AH ;
- une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_b = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.
- un pH-mètre ;
- le matériel nécessaire pour réaliser le dosage par pH-métrie.

A l'aide d'une burette, ton groupe ajoute par petites quantités dans le bécher contenant l'acide AH, la solution d'hydroxyde de sodium. Il mesure les valeurs du pH correspondant à chaque ajout du volume V_b de soude. Les résultats que vous obtenez sont consignés dans le tableau ci-dessous.

$V_b(\text{cm}^3)$	0	2	4	6	8	10	11	12	14	16	18	18,5	19	19,4	19,8
pH	2,65	3,2	3,6	3,7	4	4,2	4,2	4,3	4,45	4,7	5	5,15	5,3	5,5	5,75

$V_b(\text{cm}^3)$	20	20,2	20,4	20,6	21	23	25	29
pH	6,45	6,7	9,1	10,35	11	11,45	11,6	11,75

Données : tu prendras comme échelle, en cas de besoin : 1 cm pour 1 unité de pH et 1 cm pour 2 cm³.

Indicateurs colorés	Zone de virage	Couleurs (forme acide – forme basique)
Hélianthine	3,1 – 4,4	Rouge – jaune
Bleu de Bromothymol	6,0 – 7,6	Jaune – bleu
Phénolphtaléine	8,2 – 10,0	Incolore – rose

Acide	éthanoïque	mono-phényléthanoïque	méthanoïque	mono-chloroéthanoïque
K_A	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$

Tu es le rapporteur du groupe.

- Écris l'équation-bilan de la réaction de dosage.
- Trace la courbe $pH = f(V_b)$ de variation du pH en fonction du volume de base versée.
- Détermine :
 - les coordonnées du point d'équivalence ;
 - la concentration molaire volumique C_a initiale de l'acide ;
 - la valeur du pK_A de l'acide AH étudié.
- Identifie :
 - parmi les indicateurs colorés, celui qui peut être utilisé pour déterminer le point d'équivalence ;
 - l'acide AH.

.....

.....

.....

.....

2 Au cours d'une séance de travaux pratiques en classe de Terminale, le professeur demande à ton groupe de déterminer la concentration molaire volumique en acide d'une solution de « vinaigre d'alcool ».

Le « vinaigre d'alcool » est une solution aqueuse d'acide éthanoïque. Pour cela, vous préparez une solution d'hydroxyde de sodium en dissolvant 0,24 g de pastilles anhydres dans 150 mL d'eau distillée. Cette solution de soude va permettre de faire le dosage du vinaigre. Le professeur met à votre disposition les indicateurs colorés suivants :

Indicateurs colorés	Zone de virage	Couleurs (forme acide – forme basique)
Hélianthine	3,1 – 4,4	Rouge – jaune
Bleu de Bromothymol	6,0 – 7,6	Jaune – bleu
Phénolphtaléine	8,2 – 10,0	Incolore – rose

Vous prélevez dans un bécher $V_A = 20$ mL de vinaigre à doser. A l'équivalence, le volume de soude versé est $V_B = 12,5$ mL.

Données :

- $pK_A = 4,8$ pour le couple CH_3COOH/CH_3COO^- .
- Le degré d'un vinaigre est la masse d'acide éthanoïque contenue dans 100 g de vinaigre, soit sensiblement 100 mL de solution.

Tu es le rapporteur du groupe.

1. Précise le rôle d'un indicateur coloré.

2. Choisis, parmi les trois indicateurs colorés proposés, celui que vous pouvez utiliser pour ce dosage.
3. Vérifie que la concentration C_B de la solution de soude préparée est égale à $4 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
4. Détermine :
 - 4.1 la concentration molaire du vinaigre ;
 - 4.2 le degré de ce vinaigre.

Situations d'évaluation

3 L'étiquette d'une bouteille de solution d'hydroxyde de sodium dans votre salle de collection de chimie porte l'indication $C = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Lors d'une séance de travaux pratiques, le professeur vous fait réaliser deux expériences avec cette solution.

1^{ère} expérience : Vous dosez un volume $V_{b1} = 10$ mL de cette solution par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_{a1} = 8.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équivalence acido-basique est obtenue pour un volume $V_{\text{aF}} = 12 \text{ mL}$ d'acide versé.

2^{ème} expérience : Pour cette expérience, vous utilisez un échantillon du vinaigre (noté AH) dilué 10 fois. Vous prélevez un volume $V_{a2} = 10 \text{ mL}$ de la solution diluée de concentration molaire volumique C_{a2} que vous dosez par solution une solution d'hydroxyde de sodium. L'équivalence acido-basique est obtenue pour un volume $V_{b2} = 10,5 \text{ mL}$ de soude versée.

Tu es désigné par ton groupe pour exploiter les résultats de ces expériences.

1. Donne l'allure de la courbe $\text{pH} = f(V_a)$ de l'expérience 1, en faisant apparaître les points suivants : pH à $V_a = 0 \text{ mL}$; V_{aE} et pH_E à l'équivalence.
2. Détermine la valeur de la concentration molaire volumique C_b de la soude.
3. Écris l'équation-bilan de la réaction qui a lieu dans l'expérience 2.
4. Détermine la concentration C_a du vinaigre.

4 Lors d'une séance de travaux pratiques, ton groupe réalise le dosage de l'acide benzoïque par une solution d'hydroxyde de sodium. Pour ce faire, vous dosez 10 mL de la solution d'acide benzoïque par une solution de soude de concentration molaire volumique $C_p = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

Vos résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

V _b (mL)	0	1	2	3	5	6	8	9
pH	2,6	3,2	3,6	3,8	4,2	4,4	4,8	5,1
9,5	9,8	9,9	10	10,1	11	12	14	16
5,5	5,9	6,2	8,4	10,7	11,7	12	12,4	12,7

Pour repérer le point d'équivalence, vous disposez les indicateurs colorés suivants :

Indicateur	Zone de virage
Alpha-naphtolphtaléine	7,5 – 8,6
Phénolphtaléine	8,2 – 10,0

Données : Pour la construction, tu prendras les échelles suivantes :

- 1 cm pour 1 mL
- 1 cm pour 1 unité de pH)

Tu es chargé par ton groupe d'exploiter vos résultats.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction de dosage.
2. Trace la courbe $\text{pH} = f(V_b)$.
3. Trouve l'indicateur le plus précis des deux indiqués.
4. Détermine :
 - 4.1 le point d'équivalence E et le point de demi-équivalence E' ;
 - 4.2 la concentration molaire volumique C_a de la solution d'acide benzoïque ;
 - 4.3 la valeur du pK_A du couple acide benzoïque /ion benzoate

[illegible]

Exercices de synthèse

1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur demande à ton groupe de réaliser trois mélanges en vue de leur étude quantitative.

Mélange M_1

Il est obtenu à partir d'un volume $V_1 = 20$ mL d'une solution S_1 d'acide chlorhydrique de $pH_1 = 1$ et d'un volume $V_2 = 30$ mL d'une autre solution S_2 d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_2 = 10^{-2}$ mol.L $^{-1}$.

Mélange M_2

Il est obtenu à partir d'un volume $V_3 = 20$ mL d'une solution S_3 d'acide chlorhydrique de $pH_3 = 1$ et d'un volume $V_4 = 30$ mL d'une solution S_4 d'hydroxyde de potassium de $pH_4 = 12$.

Mélange M_3

Il est obtenu en ajoutant $V_e = 50$ mL d'eau distillée au mélange M_2 .

Tu es chargé de la rédaction de l'étude.

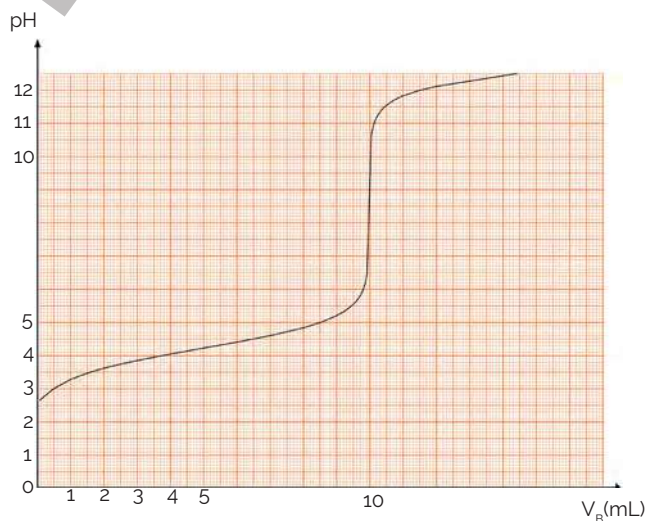
1. Nomme l'opération effectuée pour obtenir le mélange M_3 .
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu dans le mélange M_2 .
3. Détermine :
 - 3.1 le pH du mélange M_1 ;
 - 3.2 le pH du mélange M_2 ;
 - 3.3 la nature du mélange M_2 .
4. Détermine les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans le mélange M_3 .

2 Lors d'une séance de travaux pratiques en classe de terminale, ton groupe dose un volume $V_A = 10$ cm ^{3} d'une solution d'un acide carboxylique de formule AH de concentration molaire volumique inconnue C_A par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_B = 10^{-1}$ mol.L $^{-1}$.

Vous mesurez, à l'aide d'un pH-mètre, le pH du mélange en fonction du volume V_B de solution de base versée.

Vous avez tracé sur la feuille annexe la courbe d'évolution du pH en fonction du volume V_B versé. Tu es sollicité pour rédiger le compte rendu.

1. Fais le schéma annoté du montage du dosage effectué.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique de ce dosage.
3. Détermine graphiquement :
 - 3.1 les coordonnées (V_E ; pH_E) du point d'équivalence E.
 - 3.2 le pK_A du couple acide/base.
4. Dédus, de ce qui précède, la concentration molaire volumique C_A de la solution AH dosée.





COMPÉTENCE

2

TRAITER UNE SITUATION SE RAPPORTANT À LA CHIMIE ORGANIQUE

Leçons

- 1 Les alcools
- 2 Composés carbonylés : Aldéhydes et Cétones
- 3 Les amines
- 4 Acides carboxyliques et dérivés
- 5 Fabrication d'un savon
- 6 Les acides α - aminés



1 Les alcools

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un alcool.
Connaître	- le groupe fonctionnel alcool. - la formule générale d'un alcool.
Identifier	- un alcool primaire. - un alcool secondaire. - un alcool tertiaire.
Nommer	un alcool.
Écrire	les formules semi-développées de quelques alcools.
Indiquer	quelques méthodes de préparation d'un alcool.
Écrire	les équations-bilans des réactions chimiques : - déshydratation intramoléculaire ; - déshydratation intermoléculaire ; - réaction avec le sodium ; - combustion des alcools.
Connaître	les produits de l'oxydation ménagée : - d'un alcool primaire ; - d'un alcool secondaire.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction chimique entre : - un alcool primaire et une solution oxydante ; - un alcool secondaire et une solution oxydante.
Écrire	les formules semi-développées de quelques polyols (glycol et glycérol).

Situation d'apprentissage

Participant à une conférence organisée par l'office de la sécurité routière "OSER", des élèves de terminale du lycée moderne 2 d'Adzopé assistent à la réalisation d'un alcootest ou éthylotest." L'air expiré traverse un tube contenant un réactif chimique de couleur jaune orangée. Le réactif vire au vert. Au contact de l'alcool", le test est positif. L'expérimentateur ajoute que le principe de l'alcootest est basé sur l'oxydation ménagée de l'éthanol consommé. Émerveillés par cette démonstration, ces élèves, de retour en classe, entreprennent, avec l'aide de leur professeur, de définir les alcools, de réaliser l'oxydation ménagée des alcools, de connaître les produits de cette oxydation ménagée et d'écrire les équations-bilans.



1 Structure des alcools

- Les alcools sont caractérisés par la présence d'un groupe hydroxyle $-OH$ lié à un atome de carbone tétraédrique.

- Groupe fonctionnel des alcools est : $\begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \\ OH \end{array}$

L'atome de carbone est appelé carbone fonctionnel.

- La notation générale des alcools est : $R-OH$ où $R-$ groupe alkyle ou aryle.
- La formule brute des mono alcools saturés est : $C_n H_{2n+1} OH$ ou $C_n H_{2n+2} O$.

2 Nomenclature des alcools

Le nom d'un alcool est obtenu en remplaçant le "-e" final de l'alcane correspondant par la terminaison "ol" suivie d'un indice indiquant la position du carbone fonctionnel dans la chaîne carbonée.

3 Les différentes classes d'alcool

- Un alcool est dit primaire si le carbone fonctionnel est lié à un seul groupe carboné.
- Un alcool est dit secondaire si le carbone fonctionnel est lié à un deux groupes carbonés.
- L'alcool est dite tertiaire si le carbone fonctionnel est lié à trois groupes carbonés.

4 Obtention des alcools

- L'éthanol est obtenu par fermentation des jus sucrés fermentescibles tels que le glucose, le fructose etc.
- De façon générale les alcools sont obtenus par hydratation des alcènes.
 - Lorsque l'alcène est symétrique on obtient un seul alcool ;
 - Lorsque l'alcène est dissymétrique, on obtient deux alcools de classes différentes.

L'alcool de la plus grande classe se forme de façon majoritaire (règle de Markovnikov).

5 Propriétés chimiques des alcools

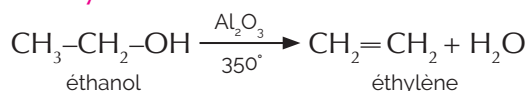
• Réaction de l'alcool en alcoolate



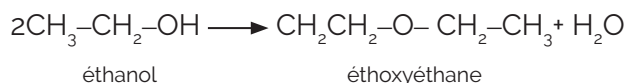
• Combustion des alcools



• Déshydratation de l'éthanol en alcène



• Déshydratation de l'éthanol en éther-oxyde



• Oxydation ménagée des alcools avec une solution oxydante de dichromate de potassium ($Cr_2O_7^{2-}$, $2K^+$)

Réactifs	Alcools primaires		Alcools secondaire		Alcools tertiaires	
	+ Oxydant en défaut	+ Oxydant en excès	+ Oxydant en défaut	+ Oxydant en excès	+ Oxydant en défaut	+ Oxydant en excès
Produit de la réaction	Aldéhyde	Acide carboxylique	cétone	cétone	Aucune réaction	Aucune réaction

Activités d'application

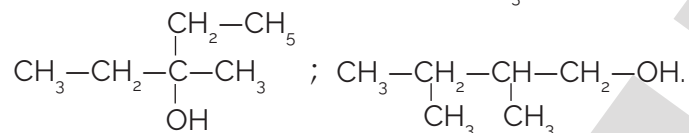
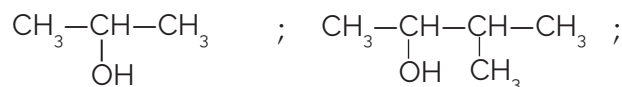
1 Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants :

fermentation, l'alcane, l'hydratation, classe.

Un alcool est un corps organique. Son nom provient de celui de correspondant.

Il est obtenu par d'un alcène. Selon l'alcène l'on obtient deux alcools de classes différentes, l'alcool formé majoritairement est de plus élevée. De façon traditionnelle les boissons alcoolisées sont obtenues par des jus sucrés.

2 Nomme les molécules d'alcool de formule semi-développées suivantes :



3 Reconnais la molécule d'alcool en entourant le groupe fonctionnel alcool.



4 Écris les formules semi-développées et les noms des isomères alcools de formule brute $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5 Complète le tableau suivant :

	Nom de la molécule d'alcool	Formule semi-développée	Classe de l'alcool
1	3,4-diméthylpentan-2-ol		
2		$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	
3	2-méthylhexan-2-ol		
4	2,3-diméthylbutan-2-ol		

6 La masse molaire moléculaire d'un mono alcool saturé A est $M = 74 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Donne la formule générale des mono alcools saturés.

2. Détermine la formule brute de A.

3. Dédus-en les formules semi-développées et les noms des isomères de A.

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

7 Complète le tableau ci-dessous en précisant la formule semi développée, le nom et la classe de chaque alcool obtenu par hydratation de l'alcène :

	Formule semi développée de l'alcène	Formule semi développée de l'alcool	Nom de la molécule	Classe de l'alcool
1	$\text{CH}_3\text{--CH}_3\text{--CH=CH}_2$			
2	$\text{CH}_3\text{--CH=CH--CH}_2\text{--CH}_3$			

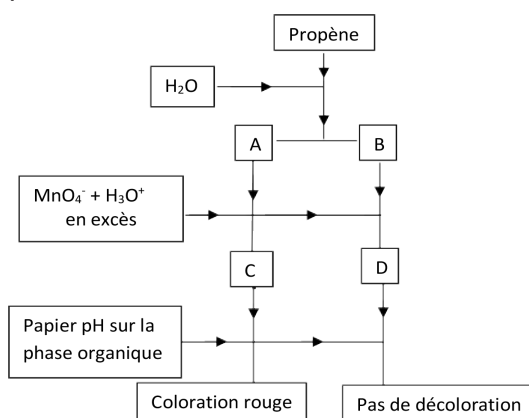
8 Une molécule d'alcool de masse molaire $M = 88 \text{ g.mol}^{-1}$ a pour composition centésimale : %C = 68,2% ; %H = 13,6 % et %O = 18,2 %.

- Détermine sa formule brute.
- Écris les formules semi-développées et les noms des isomères de cet alcool
- Indique pour chaque isomère la classe.

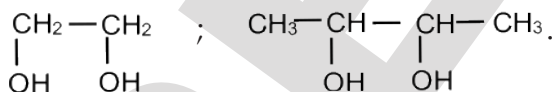
10 Une bouteille de whisky nommée "AFTER DARK" porte les indications suivantes : volume 750 mL et 42,8 %.

Calcule le volume d'alcool contenu dans cette boisson.

11 A partir de l'organigramme ci-dessous, écris la formule semi développée et le nom de chacun des composés A, B, C et D.



9 1. Nomme les polyalcools ou polyols suivants :



2. Écris les formules semi-développées des polyalcools ou polyols suivants :

- 2,3-diméthylpentane-2,3-diol ;
- 3-méthylhexane-2,3,4-triol ;
- Cyclohexane-1,2-diol ;
- Propane-1,2,3-triol.

Activités d'application

12 Complète les équations-bilans des réactions chimiques suivantes :

1. Fermentation alcoolique : $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{enzymes}} \dots + \dots$	2. Déshydratation de l'éthanol à haute température $CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[350^\circ C]{Al_2O_3, H_2SO_4} \dots + \dots$
3. Déshydratation de l'éthanol à basse température $2CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{Al_2O_3, H_2SO_4} \dots + \dots$	4. Réaction de l'éthanol avec le sodium : $CH_3-CH_2-OH + Na \longrightarrow \dots + \dots$
5. Oxydation de l'éthanol dans l'air (expérience de la lampe sans flamme). $CH_3-CH_2-OH + O_2 \xrightarrow[\Delta]{Cu} \dots + \dots$	6. Combustion complète de l'éthanol dans l'air. $CH_3-CH_2-OH + O_2 \longrightarrow \dots + \dots$

13 Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu entre les couples suivants :

- CH_3COOH/CH_3CH_2OH et $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$;
- CH_3CHO/CH_3CH_2OH et MnO_4^-/Mn^{2+} .

14 Relie chaque alcool de la liste A à sa classe dans la liste B.

A		B
Propan-2-ol	•	• Alcool primaire
2-méthylbutan-3-ol	•	• Alcool secondaire
Propan-1-ol	•	• Alcool tertiaire
2,2-diméthylbutan-2-ol	•	
3-méthylpentan-2-ol	•	

15 L'hydratation d'un alcène de masse molaire 56 g.mol^{-1} conduit à un seul alcool A.

- Détermine la formule brute de l'alcène.
- Écris les formules semi-développées des isomères possibles de l'alcène.
- Écris la formule semi-développée de l'alcool A et indique sa classe.

16 Écris l'équation-bilan de la réaction de combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène.

17 On fait réagir une masse de 2 g de sodium sur l'éthanol pur en excès.

- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
- Détermine le volume de dihydrogène qu'on obtient.

Données : volume molaire $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$; masse molaire du sodium : 23 g.mol^{-1} .

18 On additionne de l'eau en présence d'acide sulfurique sur le 2,3-diméthylbut-1-ène et le méthylpropène.

- Montre que tu peux prévoir, dans chaque cas, la formation de deux alcools.
- Écris, dans chaque cas, l'équation-bilan de la réaction donnant l'alcool de la classe la plus élevée.

Situations d'évaluation

1 Au laboratoire de chimie, un groupe d'élèves dispose d'une bouteille bien fermée sur laquelle il est écrit : " alcool à chaîne carbonée ramifiée de formule brute $C_4H_{10}O$ ". Un membre du groupe dit que c'est du 2-méthylpropan-1-ol, son camarade pense au 2-méthylpropan-2-ol. Le professeur leur fait réaliser les expériences suivantes afin d'identifier la classe de cet alcool.

Expérience 1 : Introduction dans un tube à essai de 1 mL de cet alcool et d'un excès d'une solution acidifiée de permanganate de potassium. Le composé organique obtenu a des propriétés acides.

Expérience 2 : Introduction dans un tube à essai contenant 1 mL de cet alcool, d'un excès de solution acidifiée de permanganate de potassium jusqu'à ce que la coloration violette disparaisse totalement. Le composé organique obtenu ne possède pas de propriétés acides.

Tu es membre du groupe, tes camarades te sollicitent pour interpréter les expériences.

1. Donne les formules semi-développées et les noms des isomères de l'alcool de formule brute $C_4H_{10}O$.
2. Interprète :
 - 2.1 l'expérience 1 ;
 - 2.2 l'expérience 2.
3. Déduis-en :
 - 3.1 la classe de l'alcool ;
 - 3.2 le nom de l'alcool.

2 Au laboratoire de chimie de ton établissement, des élèves de terminale réalisent l'expérience de l'action du métal sodium sur un alcool. Ils font réagir 3,0 g de l'alcool A avec un excès de métal sodium. Il se dégage un gaz qui détonne en présence d'une flamme et un autre produit ayant des propriétés basiques. Le composé organique A contient 0,05 mol de matière et peut être oxydé deux fois.

À la fin de la réaction chimique, le professeur te demande de les aider à identifier le composé organique A et à déterminer le volume du gaz dégagé.

Données : le volume molaire à cette température est $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$; masses molaires (g.mol^{-1}) : $H = 1$; $C = 12$; $O = 16$ et $Na = 23$.

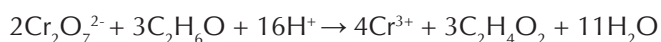
1. Donne la formule générale d'un alcool possédant n atomes de carbone.
2. Détermine :
 - 2.1 la masse molaire moléculaire de A ;
 - 2.2 la formule brute de A ;
 - 2.3 les formules semi-développées possibles de A et leurs noms.
3. Identifie le composé A.
4. Détermine le volume du gaz dégagé.

3 Afin de déterminer la quantité d'éthanol (CH_3CH_2OH) contenue dans le sang d'un patient, un biologiste prélève 10 mL de son sang, y ajoute un peu d'acide sulfurique, une solution

Situations d'évaluation

de dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ en excès de concentration molaire volumique $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et de volume $V = 20 \text{ mL}$.

Le taux d'alcool dans le sang autorisé est de 0,5 g d'alcool par litre de sang ; ce taux décroît de 0,15 g.L⁻¹ par heure. Le volume sanguin total est 5 L. L'équation-bilan de l'oxydation de l'éthanol est la suivante :



Ayant suivi les activités du biologiste, il te demande de déterminer la quantité d'alcool contenue dans le sang du patient et le temps de repos pour que son sang n'en contienne plus.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Précise :
 - 1.1 les couples oxydants-réducteurs en présence ;
 - 1.2 le nom, la nature et la formule semi-développée du produit de l'oxydation ménagée de l'éthanol.
2. Écris les demi-équations électroniques relatives aux deux couples oxydants-réducteurs.
3. Détermine :
 - 3.1 la quantité de matière en ions dichromate ;
 - 3.2 la masse d'alcool contenu dans le sang ;
 - 3.3 la concentration massique volumique en g/L de l'éthanol contenu dans le sang.
4. Déduis le temps de repos nécessaire.

4 Le club scientifique de ton établissement te fait découvrir dans une revue que le butan-1-ol est un biocarburant potentiel. En effet, le butan-1-ol à 85% peut être utilisé dans des voitures à essence et il fournit plus d'énergie que l'éthanol pour un

volume équivalent.

Le club te demande de déterminer le volume de dioxygène consommé par la combustion complète de 5 L de butan-1-ol.

1. Précise le groupe fonctionnel du butan-1-ol.
2. Écris la formule semi-développée du butan-1-ol.
3. Écris l'équation-bilan de la combustion complète du butan-1-ol.
4. Détermine le volume de dioxygène consommé.

5 En vue de vous préparer à l'examen blanc, le professeur vous demande d'exploiter les informations suivantes sur un alcène.

L'hydratation de cet alcène conduit à un produit oxygéné A qui renferme en masse 26,7% d'oxygène.

Propose ta solution.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Donne :
 - 1.1 la fonction chimique de ce composé oxygéné ;
 - 1.2 la formule brute des composés ayant cette fonction chimique.
2. Détermine :
 - 2.1 la formule brute de A ;
 - 2.2 les formules semi-développées et les noms des isomères de A.
3. Détermine la formule semi-développée et le nom de l'alcène.



2

Composés carbonylés : Aldéhydes et Cétones

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un composé carbonylé.
Connaître	- le groupe carbonyle. - les formules générales des aldéhydes et des cétones.
Identifier	- un aldéhyde. - une cétone.
Nommer	- un aldéhyde. - une cétone.
Écrire	les formules semi-développées de quelques aldéhydes et cétones.
Réaliser	les tests caractéristiques des aldéhydes et des cétones.
Connaître	la propriété chimique différenciant les aldéhydes des cétones.
Connaître	- le test commun aux aldéhydes et cétones. - les tests spécifiques aux aldéhydes.
Écrire	- l'équation-bilan de la réaction chimique entre l'ion diamine argent I et un aldéhyde. - l'équation-bilan de la réaction chimique entre la liqueur de Fehling et un aldéhyde.

Situation d'apprentissage

Un élève en terminale C au lycée scientifique de Yamoussoukro, découvre dans une revue scientifique que certains solvants sont appelés aldéhydes ou cétones. Ces composés sont dits composés carbonylés. Ils sont facilement identifiables par des tests. Très intéressé, il partage l'information avec ses camarades de classe. Et ensemble, ils entreprennent sous la supervision de leur professeur de définir un composé carbonylé, de réaliser les tests caractéristiques des aldéhydes et des cétones, de connaître le test commun aux aldéhydes et cétones et les tests spécifiques aux aldéhydes puis d'écrire les équations-bilans de certains de ces tests.



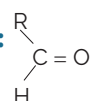
Résumé du cours

1 Les aldéhydes et les cétones sont des composés carbonylés.

Ils ont en commun dans leur structure le groupe carbonyle :

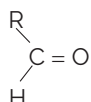


2 La formule générale des aldéhydes est :



où -R est un radical alkyle, ou aryle ou un H.

3 La formule générale des cétones est :



où -R et -R' désignent des groupes alkyles ou aryles.

- La formule brute des composés carbonylés est $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$.
- Les composés carbonylés donnent avec la 2,4-D.N.P.H un précipité jaune-orangé.
- Les aldéhydes sont des réducteurs. Ils s'oxydent en acides carboxyliques.
- Les réactifs de Tollens (ou nitrate d'argent ammoniacal), de Fehling (ou liqueur de Fehling) et de Schiff permettent de caractériser la présence des aldéhydes.

Activités d'application

1 Définis un composé carbonylé.

.....

.....

.....

2 Relie par un trait chaque élément du diagramme A à sa formule correspondante dans le diagramme B.

A
Groupe carbonyle •
Formules générales des aldéhydes et des cétones •

B
• $C_nH_{2n+2}O$
OH C = O
• $C_{2n}H_{2n}O$
• $C_nH_{2n}O$
• $C_nH_{2n}O$

3 Un composé organique de formule brute $C_nH_{2n}O$ donne un test positif avec la 2,4-DNPH. Dis si tu peux conclure que ce composé est un aldéhyde.

.....

.....

.....

4 Pour chacune des propositions suivantes :

1. Les cétones s'oxydent facilement : ce sont des réducteurs. ☐
2. L'ion diamine argent I (Réactif de Tollens) oxyde les cétones. ☐
3. L'ion diamine argent I (Réactif de Tollens) oxyde uniquement les aldéhydes. ☐
4. La liqueur de Fehling oxyde les cétones avec formation d'un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre I (Cu_2O). ☐
5. La 2,4-D.N.P.H est le réactif commun aux aldéhydes et cétones. ☐
6. Les aldéhydes se distinguent des cétones par leur caractère réducteur. ☐
7. La formule brute des composés carbonylés est $C_nH_{2n}O$. ☐

8. Le caractère réducteur des cétones permet de les distinguer des aldéhydes. ☐

Mets la lettre V dans la case si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

5 Complète les phrases suivantes avec les mots, expressions ou formule qui conviennent.

1. Un composé carbonylé est un composé qui présente dans sa structure le groupe de formule :
En présence d'un composé carbonylé, la 2,4-dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH) donne un
2. Les aldéhydes le réactif de Tollens.
3. En présence d'un aldéhyde, le réactif de Schiff (incolore) vire

6

1. Écris les formules semi-développées des composés isomères, de formule brute $C_5H_{10}O$.
2. Identifie ceux qui réduisent l'ion diamine argent I dans le réactif de Tollens.

.....

.....

.....

.....

.....

7

Écris les formules semi-développées des composés suivants :

- a) Butanal ;
- b) 4-éthyl 2-méthylhexan-3-one ;
- c) 2,3-diméthylbutanal ;
- d) 3-méthylpentanal ;
- e) 3,3-diméthylbutan-2-one ;
- f) 3,4-diméthylpentan-2-one.

.....

.....

.....

.....

.....

Activités d'application

8

1. Donne la propriété chimique qui différencie les aldéhydes des cétones.
2. Précise le test commun aux aldéhydes et aux cétones.
3. Précise les tests spécifiques aux aldéhydes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9

1. Détermine la formule semi-développée et le nom du composé organique de formule brute C_3H_6O , sachant que celui-ci donne un précipité jaune avec la 2,4-D.N.P.H, et réagit avec la liqueur de Fehling
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique entre la liqueur de Fehling et ce composé.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10 De l'éthanol pur (corps A) est traité par une solution d'ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ en excès en milieu acide. On obtient un mélange de deux corps : B et C. B fait rosir le réactif de Schiff et C rougit le papier pH.

1. Identifie B et C.
2. Écris l'équation-bilan permettant de passer :
 - 2.1 de A à B ;
 - 2.2 de B à C.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11 On traite à ébullition une masse $m = 1,45$ g d'un aldéhyde de formule brute $C_nH_{2n}O$ par un excès de liqueur de Fehling. On obtient un précipité rouge brique (Cu_2O) qui, après lavage et séchage, pèse 3,575 g.

L'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu est :



1. Détermine la masse molaire de l'aldéhyde.
2. Écris sa formule semi-développée.
3. Nomme-le.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$,
 $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Cu} = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

13 Des tests suivants sont réalisés avec un composé organique A.

- a) A donne un précipité jaune avec la 2,4-DNPH.
- b) Le réactif de Schiff rosit en présence de composé A.
- c) A donne l'acide 3-méthylbutanoïque par oxydation ménagée.

1. Indique les renseignements concernant le composé A à partir des tests a) et b).
2. Détermine la formule semi-développée et le nom du composé A.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur vous demande d'identifier les contenus de trois flacons dont les étiquettes ont été décollées. Il vous informe que chaque flacon contient un seul alcool parmi le butan-1-ol, le méthylpropan-2-ol et le butan-2-ol.

A cet effet, vous réalisez des expériences dont les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

N° du flacon	1	2	3
Action de l'ion dichromate en milieu acide et à froid	Solution orange	Solution verte	Solution verte

Vous poursuivez les expériences en chauffant légèrement les solutions vertes obtenues puis vous faites arriver les vapeurs qui se dégagent dans une solution de réactif de Fehling en ébullition.

Le produit formé venant du flacon 2 ne provoque pas de réaction, alors que celui venant du flacon 3 donne un précipité rouge brique.

1. Donne :

1.1 le nom de l'action de l'ion dichromate en milieu acide et à froid sur un alcool.

1.2 les noms des composés susceptibles d'être obtenus par cette action.

2. Écris les formules semi-développées des trois alcools indiqués dans le texte.

3. Indique leurs classes.

4. Détermine l'alcool contenu dans chaque flacon.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2 Lors d'une séance de travaux pratiques, ton groupe dispose d'un alcool de formule brute $C_4H_{10}O$ ayant quatre isomères que l'on désignera par A, B, C et D. D est un alcool primaire à chaîne

carbonée ramifiée.

Le professeur vous demande d'identifier les trois isomères A, B et C après une série d'expériences. Ton groupe effectue avec chacun des trois isomères une oxydation par une solution de dichromate de potassium en milieu acide. Les résultats sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1	Composé obtenu
A	A_1
B	Rien
C	C_1

Ensuite, ton groupe soumet les composés A_1 et C_1 à deux tests.

Les résultats sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2	Test 1 avec la 2,4-DNPH	Test 2 avec Liqueur de Fehling
A_1	Positif	Négatif
C_1	Positif	Positif

1. Indique, en justifiant ta réponse, des quatre isomères A, B, C et D celui qui ne subit pas d'oxydation.

2. Donne la propriété qui est mise en évidence le test 2.

3. Détermine les groupes fonctionnels de A_1 et C_1 .

4. Détermine :

4.1 la formule semi-développée et le nom de C_1 , sachant qu'il ne possède pas de chaîne carbonée ramifiée.

4.2 la formule semi-développée et le nom de A_1 .

4.3 les formules semi-développées des quatre isomères A, B, C, D et leurs noms.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

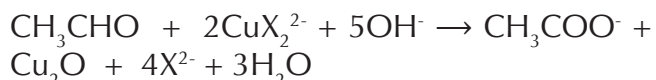
3 Lors d'une séance de travaux pratiques, il vous est demandé de déterminer la composition d'un mélange.

Pour ce faire, vous réalisez l'oxydation ménagée

Situations d'évaluation

de 0,5 mol d'éthanol par l'oxygène en présence de platine (catalyseur). La réaction s'effectue dans un récipient fermé et l'analyse du mélange A obtenu prouve que l'oxydation est partielle : le liquide obtenu contient de l'éthanal, de l'acide éthanoïque et de l'éthanol non oxydé.

La moitié du liquide donne avec la liqueur de Fehling un précipité rouge d'oxyde de cuivre (I) suivant l'équation-bilan de la réaction suivante :



Après lavage et séchage, la masse de Cu_2O obtenue est de 21,45 g. Tu admettras que l'autre moitié du liquide est dosée par de la soude à 1 mol.L^{-1} ; l'équivalence est obtenue par addition de 50 mL de la solution de base.

1. Définis un composé carbonylé.
2. Écris les équations-bilans des deux réactions d'oxydation de l'éthanol.
3. Détermine le nombre de moles de chacun des trois corps présents dans le mélange A.
4. Détermine la masse minimale de dichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) acidifié qu'il faut introduire dans le mélange A.

4 Lors d'une séance de travaux dirigés, votre professeur vous demande d'identifier une substance organique A de formule brute $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

A cet effet, il vous donne les informations suivantes :

- la combustion complète de 0,770 g de la substance organique A donne 0,630 g d'eau et 1,54 g de dioxyde de carbone ;
- la substance donne un précipité avec la 2,4-DNPH ;
- la densité de vapeur de la substance est 1,5.

1. Indique le groupe fonctionnel présent dans la substance A.
2. Calcule la masse molaire M_A de la substance A.

3. Écris l'équation-bilan de la combustion complète de A dans le dioxygène en fonction de x, y et z.

4. Détermine :

- 4.1 la composition centésimale de la substance ;
- 4.2 la formule brute de la substance ;
- 4.3 la formule semi-développée et le nom de A.

5 Afin de déterminer les classes de deux alcools contenus dans deux flacons étiquetés "alcool $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ", le professeur vous fait réaliser des expériences.

- L'action des ions dichromates acidifiés sur l'alcool $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ donne une solution verte qui réagit positivement avec la 2,4-DNPH.
- Le chauffage de la solution verte obtenue à partir du flacon 1 donne une vapeur qui rosit le réactif de Schiff.
- Le chauffage de la solution verte obtenue à partir du flacon 2 donne une vapeur qui ne rosit pas le réactif de Schiff.

Tu es le rapporteur de ton groupe.

1. Indique :

- 1.1 le réactif commun aux aldéhydes et aux cétones ;
- 1.2 les réactifs qui permettent de distinguer les aldéhydes des cétones.

2. Interprète les résultats de chacune des expériences.
3. Détermine les noms des alcools contenus dans les flacons 1 et 2.
4. Dédus leurs classes.

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	une amine.
Connaître	la formule générale d'une amine.
Nommer	une amine.
Identifier	- une amine primaire. - une amine secondaire. - une amine tertiaire.
Expliquer	le caractère basique des amines.
Montrer	le caractère nucléophile des amines.

Situation d'apprentissage

Au cours d'une sortie d'étude dans une usine de fabrication de peinture, des élèves en classe de Terminale D du Lycée Moderne 1 d'Adzopé apprennent de leur guide que la teinture utilisée par leurs mamans sur les pagnes est fabriquée à base d'aniline. Ce composé chimique appartient à la famille des amines qui sont des composés organiques.

De retour à l'école, ces élèves veulent en savoir davantage. Ils entreprennent avec l'aide de leur professeur de connaître la formule générale des amines, d'identifier les trois classes d'amine et d'expliquer leurs caractères basique et nucléophile.



1 Structure des amines

Les molécules d'amine sont des composés organiques obtenus par remplacement d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène de la molécule d'ammoniac NH_3 par des groupes carbonés, alkyles (-R) ou aryles (Ar).

2 Formule générale des amines

La formule brute des amines saturées est $\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$ avec n un nombre entier naturel représentant le nombre d'atomes de carbone.

3 Classes des amines

- L'amine est dite primaire si l'azote est lié à un seul groupe carboné : R-NH_2
- L'amine est dite secondaire si l'azote est lié à un deux groupes carbonés : R-NH-R'
- L'amine est dite tertiaire si l'azote est lié à un trois groupes carbonés : R-N(R'')R'

4 Nomenclature des amines

Les amines se nomment à partir du nom du groupe carboné correspondant, en remplaçant le -e final par amine. Le nom est précédé de N-pour les amines secondaires ou de N et N pour les amines tertiaires.

- **Amines primaires** : $\text{CH}_3\text{-NH}_2$ (méthylamine) ; $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ (éthylamine).
- **Amines secondaires** : $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3$ (diméthylamine ou N-méthylméthylamine) ; $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_3$ (N-méthyléthylamine)
- **Amines tertiaires** :
 $\text{CH}_3\text{-N(CH}_3\text{)-C}_2\text{H}_5$: N-méthyl-N-méthyléthylamine ou N,N-diméthyléthylamine.

5 Caractère basique des amines

Grâce au doublet d'électrons non liants porté par l'atome d'azote, les amines peuvent capter un proton H^+ pauvre en électrons ou un centre électrophile, pour donner un ion ammonium. Les amines sont des bases.

Exemple avec une amine primaire : $\text{R-NH}_2 + \text{H-OH} \rightarrow \text{R-NH}_3^+ + \text{OH}^-$
 R-NH_3^+ : ion alkylammonium.

5 Caractère nucléophile des amines

Dans une molécule d'amine, l'atome d'azote porte un doublet d'électrons non liants, donc disponible pour réagir sur d'autres molécules : l'atome d'azote constitue un centre nucléophile.

Exemple

- $(\text{R})_3\text{-N} + \text{R'I} \rightarrow (\text{R})_3\text{-N}^+\text{-R' + I}^-$
- $(\text{R})_3\text{-N}^+\text{-R'}$: ion ammonium quaternaire.

Activités d'application

1

1. Explique le caractère nucléophile d'une amine.
2. Définis les trois classes d'amine puis donne un exemple dans chaque cas.
3. Dis pourquoi l'atome d'azote constitue un site nucléophile.
4. Explique le caractère basique d'une amine.

.....

.....

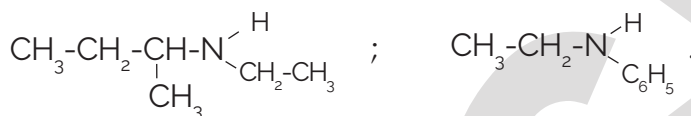
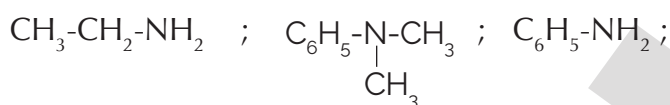
.....

.....

.....

2

Nomme et précise la classe des molécules d'amines suivantes :



.....

.....

.....

.....

.....

5

Complète les réactions chimiques suivantes :

1. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2 + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-I} \rightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$
2. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_3 + \text{CH}_3\text{-I} \rightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$
3. $(\text{CH}_3)_3\text{N} + \text{CH}_3\text{-I} \rightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$
4. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$

6

Mets une croix dans la case Vrai si la proposition est vraie ou dans la case Faux si elle est fausse.

N°	Propositions	vrai	faux
1	Les amines possèdent une odeur désagréable.		
2	Dans la molécule d'amine l'atome d'azote possède un doublet d'électrons non liant.		
3	En solution aqueuse les amines ont des propriétés acides.		
4	La réaction de Hoffman permet d'obtenir une amine de classe supérieure.		
5	L'atome d'azote dans la molécule d'amine lui confère des propriétés acides.		
6	L'atome d'azote dans la molécule d'amine lui confère des propriétés nucléophiles.		

3 Écris les formules semi-développées des amines suivantes et précise leurs classes respectives :

- a) 1-méthylpropylamine (1-méthylpropanamine) ;
- b) Diméthylamine ;
- c) N-éthyl N-méthylpropanamine ;
- d) 2-méthylbutan-1-amine ;
- e) N,N-diéthylméthylamine ;
- f) N-méthylphénylamine ;
- g) N-méthyl-2,3-diméthylbutan-2-amine.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4 Relie le nom de la molécule du tableau A à sa famille chimique dans le tableau B.

A	
Butan-2-ol	•
Ethanal	•
Ethylamine	•
Butanamide	•
Propanone	•

B	
• Cétone	
• Amine	
• Alcool	
• Aldéhyde	

Activités d'application

7 La masse molaire moléculaire d'une molécule d'amine est $M = 73 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Donne la formule brute des amines à chaîne carbonée en fonction du nombre n d'atomes de carbone.
2. Détermine la formule brute de cette amine.
3. Écris les formules semi-développées et les noms des isomères correspondants.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$.

8 Le pourcentage en masse d'azote d'une amine tertiaire A est de 19,2 %.

1. Donne la formule générale des amines avec n le nombre d'atomes de carbone.
2. Détermine la formule brute de A.
3. Écris la formule semi-développée de A.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$.

9 Une solution aqueuse d'amine secondaire de concentration molaire volumique $C = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ a été préparée par dissolution de 9 g de l'amine dans une fiole jaugée contenant 1 L d'eau distillée.

1. Détermine la masse molaire de l'amine.
2. Déduis-en :
 - 2.1 sa formule brute ;
 - 2.2 sa formule semi-développée ;
 - 2.3 son nom.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$.

10 Une masse de 11,8 g d'une amine à chaîne carbonée saturée contient 2,8 g d'azote.

1. Trouve la formule brute de l'amine.
2. Écris les formules semi-développées et les noms des isomères de l'amine.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$.

11

1. Écris les formules semi-développées des amines de formule brute $C_4H_{11}N$
2. Nomme chaque isomère de cette amine et indique sa classe.

12 Relie , chaque amine de la liste A à sa classe dans la liste B.

A
2-éthylbutanamine •
Hexan-3-amine •
N-méthyléthanamine •
Triméthylamine •
Triéthylamine •

B
• Amine primaire
• Amine secondaire
• Amine tertiaire

13 Complète les phrases suivantes avec les mots ou expressions qui conviennent.

1. La propriété basique des amines est due au porté par
2. L'atome d'azote dans les amines attaque le carbone dans les molécules halogénées : cette propriété confère aux amines le caractère

Situations d'évaluation

1 Au cours d'une expérience dans votre classe, le Professeur de Physique-Chimie, en vue de mettre en évidence le caractère nucléophile des amines et de déterminer le rendement d'une réaction chimique, fait agir 25 g de triéthylamine sur 31,24 g d'iodométhane dans l'éther.

Cette réaction chimique produit 50 g d'un précipité.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$;
 $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M_I = 127 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Explique le caractère nucléophile des amines.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
3. Nomme le précipité formé.
4. Calcule le rendement de la réaction chimique.

2 Dans le cadre de leurs activités expérimentales, des élèves des classes de terminale, membres du club scientifique du lycée ont été désignés pour réaliser des expériences en vue d'identifier une substance organique A, supposée être une amine.

Les expériences basées sur l'analyse de 0,54 g de la substance A donnent les résultats suivants :

1,32 g de dioxyde de carbone (CO_2), 0,8 g d'eau (H_2O) et 0,17 g d'ammoniac (NH_3).

La densité de vapeur de la substance est $d = 2,03$.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$;
 $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

Étant membre du club scientifique, tu es choisi comme rapporteur.

1. Donne la formule générale d'une molécule d'amine contenant n atomes de carbone.
2. Détermine les masses de carbone, d'hydrogène et d'azote contenues dans le composé A.
3. Montre que la substance A est une amine.
4. Détermine :
 - 4.1 la formule brute de A ;
 - 4.2 les formules semi-développées, la classe et les noms des isomères de A.

Situations d'évaluation

Par ailleurs, il vous informe que la molécule de A renferme un seul atome de carbone lié à 4 groupes d'atomes différents.

Données : Masse molaires atomiques en g.mol^{-1} :
 $M_{\text{H}} = 1$; $M_{\text{C}} = 12$; $M_{\text{N}} = 14$.

Tu es le rapporteur de ton groupe.

1. Indique la propriété de l'amine qui lui permet de réagir avec l'acide chlorhydrique.
2. Détermine la concentration molaire volumique C_B de la solution d'amine.
3. Dédus-en la formule brute de l'amine.
4. Trouve A parmi les formules semi-développées possibles.

PREVIEW

4 Lors d'une séance de travaux dirigés, le professeur vous demande d'exploiter les informations suivantes en vue d'identifier des composés organiques :

- une amine primaire A, de formule brute $C_5H_{13}N$, comporte dans sa molécule un carbone lié à 4 groupes d'atomes différents ;

- traitée par l'iodométhane en excès, l'amine A conduit à un iodure d'ammonium quaternaire B.

Le composé B peut, par ailleurs, être obtenu par action du 2-iodopentane sur la N, N-diméthylméthanamine (ou triméthylamine).

Données : Masse molaires atomiques en g.mol^{-1} :
 $M_{\text{H}} = 1$; $M_{\text{C}} = 12$; $M_{\text{N}} = 14$

Propose ta réponse.

1. Indique la propriété des amines mis en évidence par la réaction avec l'iodométhane.
2. Écris les formules semi-développées possibles de l'amine A.
3. Écris l'équation-bilan de la réaction entre le 2-iodopentane et la triméthylamine.
4. Dédus-en les formules semi-développées et les noms des composés A et B.



A series of horizontal dotted lines for writing, with decorative geometric shapes in the top left corner.



4

Acides carboxyliques et dérivés

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un acide carboxylique.
Connaître	- le groupe fonctionnel carboxyle. - la formule générale d'un acide carboxylique.
Nommer	un acide carboxylique.
Connaître	- les propriétés physiques des acides carboxyliques. - les propriétés acides des acides carboxyliques.
Identifier	- un ester. - un chlorure d'acide. - un anhydride d'acide. - un amide.
Écrire	les formules semi-développées de quelques acides carboxyliques et leurs dérivés.
Nommer	- un ester. - un chlorure d'acide. - un amide. - anhydride d'acide.
Écrire	- les équations-bilans des réactions de passage de l'acide carboxylique à ses dérivés (chlorure d'acyle, anhydride d'acide, ester, amide). - l'équation-bilan de la réaction d'obtention d'un ester à partir : - d'un chlorure d'acyle ; - d'un anhydride d'acide.

Situation d'apprentissage

Un élève en classe de Terminale au Lycée Moderne Oumé découvre dans ses recherches que les acides carboxyliques, produits ultimes de l'oxydation ménagée des alcools primaires, sont des intermédiaires très importants pour la synthèse de beaucoup de produits chimiques. Il partage cette information avec ses camarades de classe et ensemble, avec leur professeur, ils décident de nommer les acides carboxyliques et leurs dérivés et d'écrire les équations-bilans des réactions de passage des acides carboxyliques à leurs dérivés.



Résumé du cours

- ❖ Un acide carboxylique est un composé organique comportant le groupement fonctionnel appelé groupe carboxyle.
 $\text{--}\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}$ appelé groupe carboxyle.
- ❖ La formule générale des acides carboxyliques est $\text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}$
- ❖ La formule générale brute des acides carboxyliques est : $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.
- ❖ A partir des acides carboxyliques, on obtient les principales fonctions dérivées suivantes :

Ester $\text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{\text{O-R}'}{\text{C}}}$	Amide $\text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}$
Chlorure d'acide $\text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{\text{Cl}}{\text{C}}}$	Anhydride d'acide $\text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} - \text{O} - \overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} - \text{R}'$

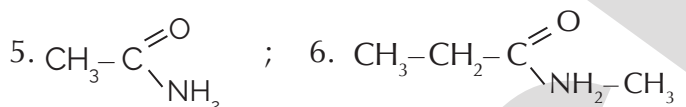
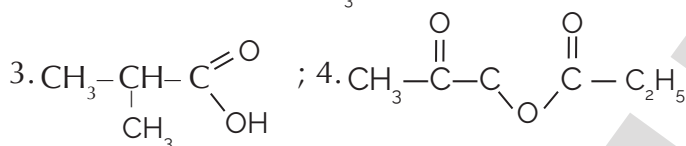
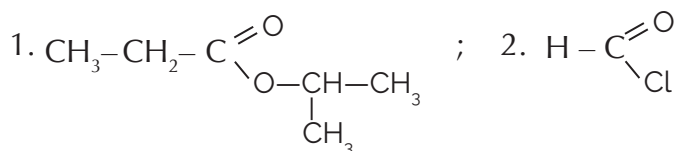
- ❖ Les acides carboxyliques réagissent partiellement avec l'eau. Ce sont des acides faibles.
 $\text{R-COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{R-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- ❖ La réaction entre un acide carboxylique et un alcool est appelée estérification.
- ❖ L'estérification et l'hydrolyse d'un ester sont des réactions lentes, limitées et athermiques.
- ❖ L'estérification entre un dérivé d'acide carboxylique et un alcool est totale, rapide et exothermique

Activités d'application

1 Complète le tableau ci-dessous :

Famille	Groupe fonctionnel
Acide carboxylique	
Ester	
Chlorure d'acide	
Amide	
Anhydride d'acide	

2 Donne les noms des composés de formules semi-développées suivantes :



3 Écris la formule semi-développée de chacun des composés chimiques suivants :

- Éthanamide ;
- N-éthyl-2-méthylpropanamide ;
- N-méthyl-2-méthylpentanamide ;
- Anhydride éthanoïque et propanoïque ;
- Pentanoate de 2-méthylbutyle ;
- N-éthyl N-méthyléthanamide ;
- Acide 3,4-diméthylpentanoïque.

4 Yao prépare un ester en faisant réagir un acide carboxylique sur un alcool primaire.

Cette réaction est :

- rapide ;
- limitée ;
- totale ;
- endothermique ;
- lente ;
- réversible ;
- exothermique ;
- athermique.

Entoure les lettres correspondant aux bonnes réponses.

5 Tu veux, par une réaction chimique totale et rapide, préparer l'éthanoate de propyle.

- Cite les deux procédés te permettant de faire cette préparation.
- Écris les équations-bilans des deux réactions chimiques correspondantes.
- Nomme tous les composés organiques intervenant comme réactifs dans ces deux réactions chimiques

6 La réaction d'estérification d'un alcool par un acide carboxylique est une réaction chimique réversible.

On déplace l'équilibre chimique :

- en chauffant ;
- en ajoutant un catalyseur ;
- en éliminant l'ester du mélange réactionnel.

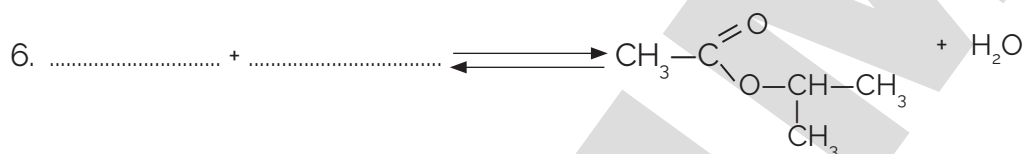
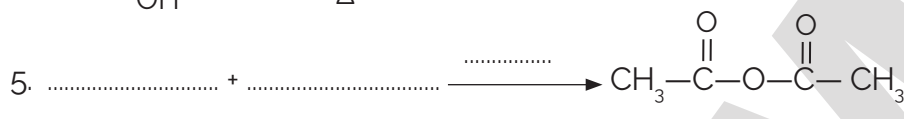
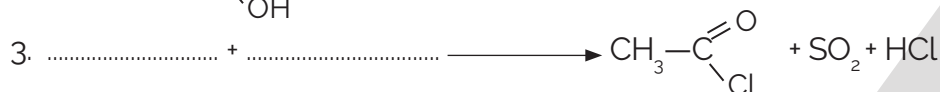
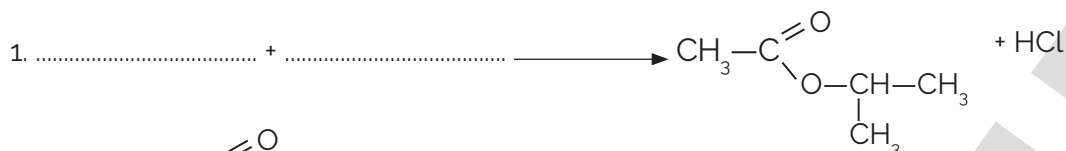
Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

7 Complète les phrases suivantes avec les mots ou groupes de mots qui conviennent.

- Les acides carboxyliques sont des composés organiques qui contiennent le groupe
- Les acides carboxyliques sont ; ils réagissent partiellement avec l'eau.

Activités d'application

8 Complète les équations-bilans des réactions chimiques suivantes :



9 Tu réalises la réaction chimique entre l'acide éthanoïque et le méthanol. La masse de l'acide éthanoïque utilisé est $m_1 = 80$ g. Le rendement de la réaction est $n = 67\%$.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
2. Donne le nom de l'ester formé.
3. Calcule la masse m_2 de méthanol nécessaire pour un mélange réactionnel stœchiométrique
4. Détermine la masse d'ester formé à l'équilibre chimique.

.....

10

1. Écris :
 - 1.1 la formule du N-méthyléthananamide.
 - 1.2 l'équation-bilan de la réaction de préparation du N-méthyléthananamide à partir d'un acide carboxylique.
2. Donne une autre méthode de préparation du N-méthyléthananamide.
3. Précise l'intérêt de cette méthode.

11 Détermine pour chacune des réactions chimiques ci-dessous, le nom et la formule semi-développée des composés représentés par les lettres A, B, C, D, E, F et G.

1. Chlorure de propanoyle + A $\longrightarrow$ propanoate de méthyle + B
2. Acide benzoïque + $\text{SOCl}_2 \longrightarrow \text{SO}_2 + \text{HCl} + \text{C}$
3. Ethanoate de propyle + $(\text{Na}^+ + \text{OH}^-) \longrightarrow$ éthanoate de sodium + D
4. Chlorure d'éthanoyle + N-méthyléthylamine $\longrightarrow \text{F} + \text{G}$

.....

Activités d'application

12 Tu réalises l'hydrolyse du butanoate d'isopropyle.

1. Donne les caractéristiques de cette réaction chimique.
2. Écris son équation-bilan.

13 Détermine les noms, les formules semi-développées des isomères des amides de masse molaire $M = 59 \text{ g.mol}^{-1}$.

Données : en g.mol^{-1} ; $M_{\text{C}} = 12$; $M_{\text{H}} = 1$; $M_{\text{N}} = 14$.

Situations d'évaluation

1 Votre professeur vous soumet à un test qui consiste à déterminer la fonction chimique et la formule semi-développée d'un composé organique A à chaîne carbonée saturée non ramifiée. Les informations suivantes vous sont données :

- On fait réagir une masse $m_A = 3,7$ g de A sur du chlorure d'éthanoyle en excès. Il se forme alors un ester et du chlorure d'hydrogène.
- Le chlorure d'hydrogène formé est recueilli en totalité dans 5 L d'eau. Le pH de la solution obtenue est égal à 2.
- Sur une autre part de A, on fait agir une solution de dichromate de potassium en milieu acide. On obtient un composé B qui donne avec la liqueur de Fehling un précipité rouge brique.

Données : $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Donne la fonction chimique de A.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique entre le composé A et le chlorure d'éthanoyle.
3. Détermine :
 - 3.1 la masse molaire de A ;
 - 3.2 la formule brute de A ;
 - 3.3 les formules semi-développées envisageables pour A.
4. Détermine :
 - 4.1 la fonction chimique du composé B ;
 - 4.2 la formule semi-développée et le nom du composé A.

2 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe est désigné par le professeur pour préparer sous sa conduite, un amide de formule brute C_3H_7NO et de déterminer sa masse. Le groupe réalise l'addition d'eau sur le propène et obtient une masse $m = 240$ g d'un mélange de deux alcools A et B. L'alcool B est de classe primaire et représente 1% de la masse m . Les alcools A et B sont séparés et respectivement oxydés en C et D par un excès d'oxydant acidifié.

Le groupe fait réagir le composé D sur le chlorure de thionyle $SOCl_2$. Il se forme un composé E. Il fait réagir enfin le composé E sur l'ammoniac NH_3 et obtient un composé organique F.

Tu es désigné par ton groupe pour exploiter les résultats des différentes expériences qui ont permis de préparer l'amide.

Données : $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(N) = 14 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Donne les formules semi-développées et les noms des composés A et B.
2. Propose un test pour caractériser d'une part le composé C et d'autre part le composé D.
3. Écris :
 - 3.1 l'équation-bilan de la réaction chimique entre le composé D et le chlorure de thionyle ;
 - 3.2 la formule semi-développée et le nom du composé E obtenu ;
 - 3.3 l'équation-bilan de la réaction chimique entre le composé E et l'ammoniac ;
 - 3.4 les formules semi-développées et les noms des produits obtenus.
4. Détermine la masse du composé organique F obtenu.

Situations d'évaluation

3 Ton voisin de classe entreprend de déterminer la formule semi-développée d'un acide carboxylique A à chaîne carbonée saturée et celle de son chlorure d'acide C. Il a en sa possession l'information suivante : « l'acide carboxylique A réagit avec le méthanol, corps B de formule brute CH_4O , pour donner un composé organique D dont la masse molaire est égale à 88 g.mol^{-1} . » Éprouvant quelques difficultés, il te sollicite afin de l'aider.

1. Nomme la réaction chimique entre les corps A et B.
2. Précise ses caractéristiques.
3. Détermine :
 - 3.1 la formule semi-développée de A et son nom ;
 - 3.2 la formule semi-développée et le nom de C.
4. Écris l'équation-bilan de la réaction qui permet de passer de l'acide carboxylique A à son chlorure d'acide.

4 Au cours d'une séance de travaux dirigés, votre professeur vous demande d'exploiter les données relatives à un ester A en vue de déterminer sa formule semi-développée et son nom.

Cet ester A a pour formule $R-CO-O-R'$ où $-R$ et $-R'$ sont des groupes alkyles de la forme $C_nH_{2n+1}-$.

Sa masse molaire est $M = 116 \text{ g.mol}^{-1}$.

L'hydrolyse de cet ester A donne deux composés B et C.

Le composé B est un acide carboxylique. On en

prélève une masse $m = 1,5 \text{ g}$ que l'on dilue dans de l'eau pure. La solution obtenue est neutralisée par $0,025 \text{ mol}$ de solution d'hydroxyde de sodium. Le composé C a pour formule brute $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.

L'oxydation ménagée de C conduit à un composé D qui donne avec la 2,4-D.N.P.H un précipité jaune.

Le composé D ne peut pas subir d'oxydation ménagée.

Données : Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} :
 $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{C}) = 12$; $M(\text{O}) = 16$.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse du composé A.
2. Détermine :
 - 2.1 la masse molaire du composé B ;
 - 2.2 la formule semi-développée et le nom du composé B.
3. Écris les formules semi-développées des alcools de formule brute $C_4H_{10}O$.
4. Détermine :
 - 4.1 la formule semi-développée de C ;
 - 4.2 la formule semi-développée et le nom de D ;
 - 4.3 la formule semi-développée et le nom du composé A.

[illegible]

Situations d'évaluation

5 Lors d'une séance de travaux pratiques, le professeur demande à ton groupe de synthétiser quelques composés organiques à partir d'un acide carboxylique A à chaîne carbonée saturée.

Pour ce faire, vous réalisez des expériences avec des quantités différentes du composé A.

- Le groupe dissout une masse $m = 3,11$ g de cet acide dans de l'eau pure ; la solution obtenue a un volume $V = 1$ L. Il en prélève un volume $V_A = 10$ cm³ qu'il dose à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_B = 5,0 \cdot 10^{-2}$ mol.L⁻¹. L'équivalence est atteinte quand un volume $V_B = 8,4$ cm³ de soude a été versé.
- Le groupe fait agir sur l'acide A un agent chlorurant puissant, le pentachlorure de phosphore PCl₅. Il obtient un composé organique C.
- Il fait agir sur l'acide A un agent déshydratant puissant, le décaoxyde de tétraphosphore P₄O₁₀. Cette réaction permet d'obtenir le composé D.
- Le groupe fait agir le butan-2-ol respectivement sur l'acide A, le composé C et le corps D. Il obtient un composé organique commun E.
- Enfin, le groupe fait réagir le reste de la soude sur le corps E.

Données : Masses molaires atomiques en g.mol⁻¹ :
M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16.

Tu es désigné par ton groupe pour répondre aux consignes suivantes.

1. Donne la formule brute d'un acide carboxylique A, à chaîne carbonée saturée.
2. Détermine :
 - 2.1 la formule brute de l'acide A ;
 - 2.2 sa formule semi-développée et son nom.
3. Écris :
 - 3.1 la formule semi-développée et le nom du composé C ;
 - 3.2 la formule semi-développée et le nom du composé D ;
 - 3.3 les équations-bilans des réactions chimiques du butan-2-ol respectivement sur l'acide A, le composé C et le corps D.
4. Explique la différence entre les réactions chimiques de A sur l'alcool puis de C sur l'alcool.

5

Fabrication d'un savon

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	la saponification.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction de saponification.
Connaître	- les caractéristiques de la réaction de saponification. - la formule générale d'un savon - les propriétés détergentes d'un savon.
Connaître	- quelques acides gras naturels. - la formule générale d'un triester d'acide gras.
Écrire	les formules semi-développées de quelques triesters (butyrine et palmitine)
Préparer	un savon.
Expliquer	la fabrication du savon.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction de préparation d'un savon.
Exploiter	l'équation-bilan de la réaction de préparation d'un savon.

Situation d'apprentissage

Un groupe de femmes du quartier Dioulabougou de Gagnoa fabrique un savon dur appelé « kabakrou » à partir d'huile de palme et de potasse. Des élèves de la classe de Terminale D du Lycée Moderne 3 Gagnoa qui habitent le quartier ont observé avec intérêt le procédé d'obtention de ce savon. Selon un chimiste, il s'agit de la saponification. De retour en classe, ils entreprennent avec l'aide de leur professeur de définir la saponification, d'écrire l'équation-bilan de la réaction de saponification et de préparer un savon.

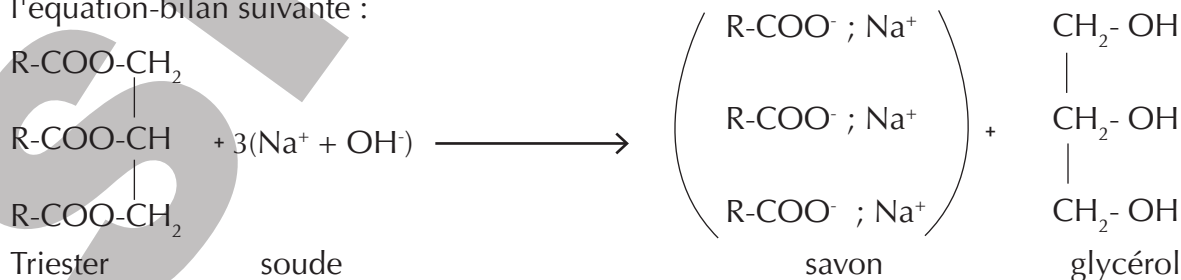


Résumé du cours

- ❖ La saponification d'un ester est la réaction chimique de cet ester avec des ions hydroxyde OH^- provenant d'une base forte.
- ❖ La réaction de saponification est totale mais lente.
- ❖ L'équation bilan de la réaction chimique s'écrit :



L'action d'un triester sur les ions hydroxyde conduit à la formation d'un savon selon l'équation-bilan suivante :



- ❖ On obtient un savon dur avec l'hydroxyde de sodium NaOH et un savon mou avec la potasse KOH .

Activités d'application

1

1. Définis la saponification.
2. Précise les caractéristiques de la réaction de saponification.

.....

.....

.....

.....

2 Écris la formule semi-développée de :

1. la butyrique ;
2. la palmitine.

.....

.....

.....

.....

3 Écris l'équation-bilan de la réaction de saponification de l'éthanoate d'isopropyle.

.....

.....

.....

.....

4

1. Écris la formule du triglycéride formé à partir de l'acide butanoïque (ou acide butyrique).
2. Écris l'équation-bilan de la saponification du triglycéride précédent par la soude.
3. Nomme les produits obtenus.

.....

.....

.....

.....

5 Tu fais réagir 60 g de propanoate d'éthyle avec de la soude.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
2. Détermine la masse de soude nécessaire.
3. Détermine la masse de l'alcool formé.

.....

.....

.....

.....

6 Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots suivants :

glycérol ; corps gras ; savon ; d'éthanol ; mou ; relargage ; dur ; insoluble ; la soude.

La saponification est la réaction entre un ester et les ions hydroxyde OH^- d'une base forte.

Industriellement, cette réaction permet la fabrication du Pour le fabriquer, il faut d'abord obtenir la palmitine qui est un triglycéride, c'est-à-dire un triester de La palmitine s'obtient par réaction entre l'acide palmitique $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2\text{H}$ et le glycérol $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$. La saponification de la palmitine par se fait par chauffage à l'ébullition pendant 30 à 40 minutes en présence

..... Ce produit facilite la dissolution du triglycéride dans le milieu réactionnel. Le mélange est ensuite refroidi et versé dans un récipient d'eau salée : c'est le Le savon solide obtenu, ... dans l'eau salée, surnage. C'est est un savon

Le formé en même temps que le savon reste en solution dans l'eau. Si on utilise la potasse à la place de la soude, on obtient un savon

7 Complète l'équation-bilan de la réaction chimique entre le glycérol et l'acide palmitique en indiquant les formules semi-développées manquantes et en ajustant les nombres stœchiométriques.



8 Complète les phrases suivantes avec les mots ou groupes de mots qui conviennent.

1. La saponification d'un ester est la réaction de cet ester avec des ions hydroxyde OH^- provenant d'une
2. Les triesters ou triglycérides sont les constituants des

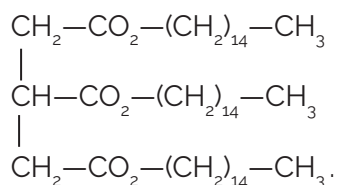
Activités d'application

9 L'opération qui consiste à verser le mélange issu de la saponification dans l'eau salée est nommée :

- a) décantation ;
- b) relargage ;
- c) filtration ;
- d) régulation.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

10 On utilise de l'huile de palme pour fabriquer certains savons. Cette huile contient principalement de la palmitine de formule :



- 1. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique de saponification de la palmitine.
- 2. Donne les caractéristiques de cette réaction chimique.

11 On fait réagir 80,6 g de palmitine (dont la formule est indiquée dans l'activité 10) avec la soude en excès. Après divers traitements dont la purification, on obtient une masse sèche de savon de 69,5 g.

Détermine le rendement de la transformation.

12 Lors de la fabrication d'un savon, tu utilises un montage à reflux et de la pierre ponce dans le milieu réactionnel.

- 1. Donne l'intérêt du chauffage à reflux.
- 2. Dis à quoi sert la pierre ponce.

Situations d'évaluation

1 Lors d'une séance de travaux pratiques, ton groupe est désigné par le professeur pour fabriquer du savon. Il met à votre disposition une masse $m = 100 \text{ g}$ d'huile de table, de la soude, de l'éthanol et le matériel nécessaire.

Etant membre du groupe, tu es chargé de la rédaction du compte-rendu.

1. Écris la formule semi-développée du triglycéride formé à partir de l'acide palmitique de formule : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ contenu dans l'huile de table.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction de saponification du triester précédent par la soude.
3. Nomme les produits obtenus.
4. Détermine :
 - 4.1 la masse de savon obtenu ;
 - 4.2 la masse de polyalcool obtenu.

2 Lors d'une séance de travaux pratiques, ton professeur demande à ton groupe de préparer du savon à partir d'huile d'olive, qui est un corps gras supposé constitué uniquement d'oléine de formule $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$.

Pour ce faire, vous mélangez 50 mL d'huile d'olive, 30 mL d'une soude de concentration molaire volumique $9,0 \text{ mol.L}^{-1}$ et 50 mL d'éthanol pur. Vous rajoutez dans le mélange quelques grains de pierre ponce. Vous chauffez pendant 30 minutes le mélange à l'aide d'un montage à reflux.

Vous versez, après 30 minutes, le mélange obtenu dans 200 mL d'eau salée. Après plusieurs lavages, filtrage et séchage, vous obtenez 45 g de savon.

Données : $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{oléine}) = 884 \text{ g.mol}^{-1}$;
Masse volumique de l'oléine : $\rho(\text{oléine}) = 900 \text{ g.L}^{-1}$.

Tu es chargé par ton groupe de faire le compte-rendu.

1. Définis un triglycéride.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
3. Détermine :
 - 3.1 la quantité de matière initiale en oléine ;
 - 3.2 le rendement de la synthèse.

Activités d'application

3 Au cours d'une séance de travaux pratiques, en vue de fabriquer du savon, ton groupe introduit dans un ballon, une masse $m = 15,0 \text{ g}$ d'oléine (de formule brute $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$), un volume $V = 20 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C = 10 \text{ mol.L}^{-1}$ et de l'éthanol. Vous chauffez le mélange à reflux pendant 30 minutes. Il se forme un savon de formule $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CO}_2\text{Na}$.

L'équation-bilan de la réaction est :



Données : $M(C_{57}H_{104}O_6) = 884 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$;

$$M(\text{H}) = 1,00 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}.$$

Tu es le rapporteur de ton groupe.

1. Donne les caractéristiques de cette réaction chimique.
2. Calcule les quantités de matière initiales des réactifs.
3. Dédus-en le réactif limitant.
4. Détermine la masse de savon à l'état final.

6

Les acides α - aminés

Tableau des habiletés et des contenus

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un acide α -aminé
Connaître	la nomenclature des principaux acides α -aminés
Connaître	les propriétés acido-basiques des acides α -aminés : – en solution aqueuse – en milieu acide ; – en milieu basique.
Définir	la liaison peptidique.
Interpréter	la réaction chimique entre deux acides α -aminés.
Connaître	les dipeptides et les peptides.
Définir	les protéines.
Réaliser	la réaction de Biuret.
Interpréter	quelques propriétés chimiques de la liaison peptidique : – la réaction de Biuret ; – l'hydrolyse de la liaison peptidique.

Situation d'apprentissage

Des élèves d'une classe de terminale D découvrent dans un livre de chimie, des molécules possédant une fonction acide et une fonction amine appelées "acide α -aminés". Poursuivant leur lecture, ils apprennent que ces acides α -aminés sont les constituants des protéines utilisés pour le fonctionnement du corps humain et sa construction. Fiers de leur découverte et voulant en savoir davantage, ils en parlent à leurs camarades de classe. Ensemble, ils entreprennent avec l'aide de leur professeur de connaître la nomenclature des acides α -aminés, leurs propriétés chimiques, la liaison peptidique et les protéines.



Résumé du cours

1 Structure des acides α -aminés

Les acides α -aminés sont des composés organiques qui comportent une fonction acide carboxylique et une fonction amine liées au même atome de carbone.

Notation générale des acides α -aminés $\text{R}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CO}_2\text{H}$ R- est appelé résidu acide aminé.

Groupe fonctionnel acide α -aminés : $-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CO}_2\text{H}$

2 Propriétés acido-basique des acides α -aminés

En solution aqueuse, le groupe acide carboxylique ($-\text{CO}_2\text{H}$) a tendance à céder un proton H^+ alors que le groupe amine ($-\text{NH}_2$) a tendance à capter un proton H^+ .

- À l'état pur les acides α -aminés se présente sous la forme d'ion dipolaire appelé amphion ou zwitterion. $\text{R}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{CO}_2^-$

- En milieu acide, la forme prédominante est le cation : $\text{R}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{CO}_2\text{H}$

- En milieu basique, la forme prédominante est l'anion : $\text{R}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CO}_2^-$

3 La liaison peptidique

La liaison peptidique résulte de la condensation entre le groupe carboxyle ($-\text{CO}_2\text{H}$) d'un acide α -aminé et le groupe amine ($-\text{NH}_2$) d'un autre acide α -aminé. Le corps obtenu est appelé un **dipeptide**.

On appelle liaison peptidique le groupe : $-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}-$

4 Hydrolyse de la liaison peptidique

L'hydrolyse d'un dipeptide donne les deux acides α -aminés de départ qui ont permis d'obtenir le dipeptide.

5 Les protéines

Les protéines sont des macromolécules constituées de plusieurs liaisons polypeptidiques.

Activités d'application

1 Un acide α -aminé est un composé dont la molécule renferme deux groupes fonctionnels caractéristiques.

1. Nomme ces groupes fonctionnels.
2. Donne la formule générale d'un acide α -aminé.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2 Relie par un trait la formule générale du composé organique du tableau A au nom de sa famille chimique dans le tableau B.

Tableau A	Tableau B
R-COOH	• Acide α -aminé
ROH	• Acide carboxylique
R-CH(NH ₂)CH ₂ -COOH	• Chlorure d'acyle
R-COCl	• Alcool
R-CHO	• Aldéhyde
R-CH(NH ₂)COOH	

3 Complète le tableau ci-dessous

N°	Formule semi-développée	Nom de la molécule	Formule chimique de l'ion majoritaire en milieu acide	Formule chimique de l'ion majoritaire en milieu basique
1	NH ₂ -CH ₃ -COOH			
2	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array} $			
3	CH ₃ -CH(NH ₂)-COOH			
4	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array} $			
5	CH ₃ -CH ₂ -CH(NH ₂)-COOH			

Activités d'application

4 La glycine est un acide α -aminé de formule brute $C_2H_5O_2N$.

1. Écris sa formule semi-développée.
2. Donne son nom dans la nomenclature systématique.
3. Écris la formule chimique de l'ion dipolaire ou amphion correspondant.

.....

.....

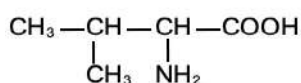
.....

.....

.....

.....

5 La valine (val) est un acide α -aminé de formule semi-développée suivante :



1. Dis pourquoi cette molécule est un acide α -aminé.
2. Donne la formule chimique de l'ion dipolaire correspondant.
3. Donne la formule chimique de l'espèce chimique majoritaire :
 - 3.1 en milieu acide ;
 - 3.2 en milieu basique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6 Tu peux réaliser des réactions de condensation avec ces deux molécules d'acide α -aminé : la glycine $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ et la valine $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction de condensation :
 - 1.1 entre la glycine et la valine ;
 - 1.2 entre la valine et la glycine.

2. Nomme le produit chimique obtenu dans chaque cas.
3. Entoure la liaison peptidique dans chaque cas.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7 Mets une croix dans la case V si l'affirmation est vraie ou dans la case F si l'affirmation est fausse.

N°	Affirmation	vrai	faux
1	Un acide α -aminé possède à la fois une fonction acide carboxylique et une fonction amine.		
2	Un amphion ou zwitterion est un ion mono polaire.		
3	En milieu très acide l'acide α -aminé existe essentiellement sous forme de cation.		
4	En milieu très basique l'acide α -aminé existe essentiellement sous forme d'anion.		
5	Un acide α -aminé possède à la fois une fonction acide carboxylique et une fonction amide.		
6	A l'état pur, et en solution aqueuse, l'acide α -aminé est un composé dipolaire appelé zwitterion.		

8 Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants :

amphion ; un dipeptide ; protéines ; le carbone en α ; une liaison peptidique.

Un acide α -aminé est un composé organique possédant à la fois une fonction acide carboxylique et une fonction amine. La fonction amine est fixée sur du groupe carboxyle. En solution aqueuse la molécule d'acide α -aminé est essentiellement sous la forme d'un ion dipolaire appelé La réaction d'addition de deux acides α -aminé

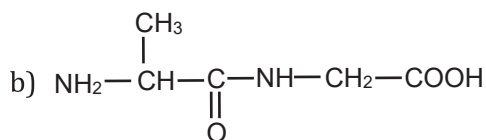
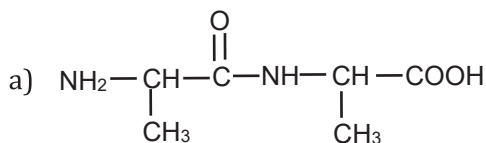
Activités d'application

produit Les deux acides α -aminé sont liés par

Les sont obtenues par condensation de plusieurs centaines d'acides α -aminé.

9

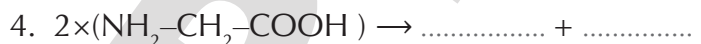
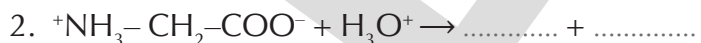
- Écris les réactions de l'hydrolyse des dipeptides suivants :



- Nomme les acides α -aminé, qui par condensation, ont donné ces dipeptides.

.....

- Complète les équations-bilan des réactions chimiques suivantes :



- Complète les phrases suivantes avec les mots ou expressions qui conviennent.

- Un acide α -aminé est un composé qui porte sur, une fonction acide carboxylique et

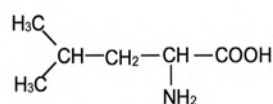
- Lorsque deux acides α -aminés réagissent entre eux, ils forment le groupe $-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-$, groupe appelé

- Les réactifs pour le test de Biuret sont :

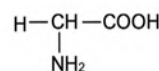
- sulfate de cuivre II et chlorure de sodium ;
- nitrate de cuivre et hydroxyde de sodium ;
- sulfate de zinc et hydroxyde de sodium ;
- sulfate de cuivre II et hydroxyde de sodium.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

- Soient deux acides α -aminés, la leucine et la glycine, dont les formules semi-développées sont représentées ci-dessous :



LEUCINE

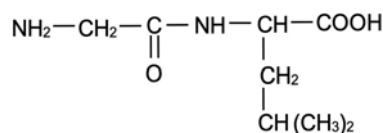


GLYCINE

- Indique le nombre de dipeptides que tu obtiendrais en réalisant un mélange d'une molécule de glycine et d'une molécule de Leucine.
- Écris l'équation-bilan de la réaction de synthèse du dipeptide Gly-Leu.

.....

- Un dipeptide A a pour formule semi-développée :



- Entoure, sur la formule semi-développée de ce dipeptide A, les groupes fonctionnels acide carboxylique, amide et amine.
- Ce dipeptide résulte de la condensation de deux acides α -aminés.

Écris les formules semi-développées de ces deux acides α -aminés.

.....

Situations d'évaluation

1 Votre professeur veut vous faire déterminer un groupe alkyle R- afin d'écrire la réaction chimique permettant d'obtenir un dipeptide A. Pour cela, il vous demande de faire réagir la fonction amine de la glycine $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ sur la fonction acide carboxylique d'un autre acide α -aminé B de formule chimique $\text{R-CH(NH}_2\text{)-CO}_2\text{H}$ où R- est un groupe alkyle appelé résidu acide aminé. La masse molaire du dipeptide A est 174 g.mol^{-1} .

1. Écris :

1.1 la formule chimique de B avec n le nombre d'atomes de carbone du groupe alkyle ;

1.2 la formule chimique du dipeptide avec n.

2. Détermine R-.

3. Trouve les isomères de B et leur nom.

4. Écris l'équation-bilan de la réaction de condensation qui donne le dipeptide A sachant que -R est linéaire.

2 Un groupe d'élèves de terminale scientifique se propose d'identifier un dipeptide noté D.

Les informations en leur possession sont les suivantes :

I. Le dipeptide D résulte de la réaction de condensation entre deux acides α -aminés A et B.

II. L'analyse quantitative a permis de déterminer les pourcentages massiques de carbone, d'hydrogène et d'azote du composé A : %C = 40,45 % ; %H = 7,87 % et %N = 15,72 %.

III. La réaction de A avec un autre acide α -aminé B de formule $\text{C}_4\text{H}_9\text{-CH(CH}_3\text{)-COOH}$ donne le dipeptide D.

Éprouvant quelques difficultés, le groupe te sollicite afin de l'aider.

1. Définis un dipeptide.

2. Montre que la formule brute de A s'écrit $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$.

3. Écris la formule semi-développée :

3.1 de l'acide α -aminé A ;

3.2 de l'acide α -aminé B sachant que sa chaîne carbonée possède deux ramifications.

4. Écris l'équation-bilan traduisant la synthèse du dipeptide D sachant que A est l'acide α -aminé N terminal (blocage de la fonction amine de A).

3 Lors d'une séance de travaux dirigés, le professeur vous informe que la leucine est un composé organique très utilisé par les sportifs pour favoriser le développement de la masse musculaire. Sa formule semi-développée est : $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$.

En la faisant réagir avec un acide α -aminé A de formule $\text{R-CH(NH}_2\text{)-COOH}$, on obtient un dipeptide dont la masse molaire est égale à 202 g.mol^{-1} .

Il vous demande d'exploiter ces informations pour déterminer le nom systématique de l'acide α -aminé A.

1. Donne :

1.1 le nom de la famille de la leucine ;

1.2 le nom systématique de la leucine.

2. Définis :

2.1 la liaison peptidique ;

2.2 un dipeptide.

3. Détermine la formule semi-développée et le nom systématique de l'acide α -aminé A.

Exercices de synthèse

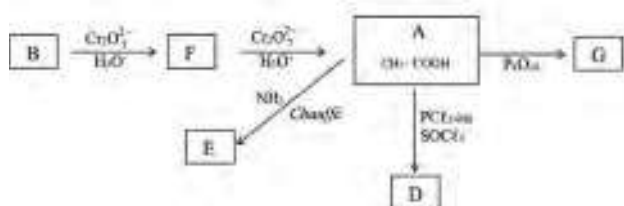
1 Ta classe est soumise à une évaluation de niveau par le conseil d'enseignement de l'établissement. L'évaluation comporte deux parties.

1^{ère} Partie

Dans l'organigramme ci-dessous, les réactifs utilisés sont notés sur les flèches. Les noms et les formules des composés organiques doivent être déterminés.

Pour obtenir le produit (B), il a été ajouté de l'eau à un alcène en milieu acide.

Le composé F a été obtenu par oxydation ménagée en milieu acide du composé B avec une solution de dichromate de potassium en défaut.



2^{ème} Partie :

Deux réactions chimiques ont été réalisées en ajoutant :

- de l'éthanol sur un échantillon de A ;
- de l'éthanol sur un échantillon de D.

1. Nomme la réaction qui se produit entre l'alcène et l'eau pour obtenir le produit (B).
2. Détermine les formules semi-développées et les noms des composés B, F, G, D et E.
3. Écris les équations-bilans :
 - 3.1 d'obtention de D et de E ;
 - 3.2 de la réaction chimique entre :
 - 3.2.1 l'éthanol et A ;
 - 3.2.2 l'éthanol et D.
4. Précise les caractéristiques de la réaction chimique entre :
 - 4.1 l'éthanol et A ;
 - 4.2 l'éthanol et D.

2 Lors d'un devoir de Chimie en classe de terminale, le professeur propose à ses élèves le texte suivant extrait d'une revue scientifique :

« Le lait est un produit naturel complexe contenant de nombreuses substances organiques. Ces substances sont susceptibles d'évoluer en réagissant entre elles ou avec des réactifs extérieurs comme l'oxygène de l'air.

Du 2-hydroxypropanal à l'acide lactique :

Il est admis que le 2- hydroxypropanal, corps A de formule $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CHO}$, est présent dans le lait frais. La fonction (-CHO) située en bout de chaîne est facilement oxydable. Au contact de l'oxygène de l'air, cette fonction réagit et le corps A se transforme en acide lactique.

De l'acide lactique à l'acide pyruvique :

L'acide lactique obtenu possède encore un groupement oxydable sur le carbone central. Ce groupement peut être oxydé au contact de l'air.

Obtention de la lactone :

Un autre produit du lait est l'acide 4-hydroxybutanoïque, corps B de formule $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$. Cette molécule présente une possibilité intéressante de réaction. Les deux extrémités de la même molécule peuvent réagir l'une avec l'autre.

Il y a formation d'une molécule cyclique appelée lactone ».

Tu es élève de la classe.

1. Écris la formule développée :
 - 1.1 de la molécule du corps A ;
 - 1.2 de la molécule d'acide lactique.
2. Précise les groupements fonctionnels présents :
 - 2.1 dans la molécule A ;
 - 2.2 dans la molécule d'acide lactique.
3. Écris l'équation- bilan :
 - 3.1 de l'oxydation du corps A (A travers la fonction (-CHO) pour obtenir l'acide lactique ;
 - 3.2 de l'oxydation de l'acide lactique (Le produit obtenu est l'acide pyruvique).
4. Écris l'équation-bilan de la réaction de formation de la lactone.

SPÉC IMEN

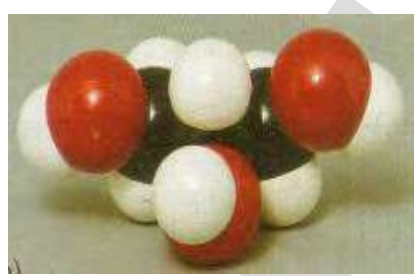


ANNEXES DE COURS (CHIMIE)

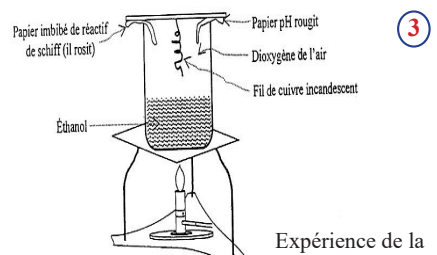
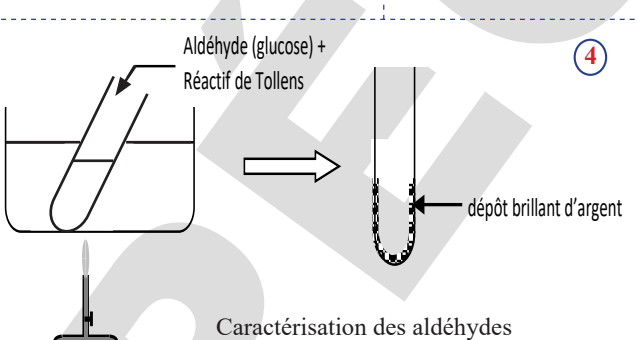
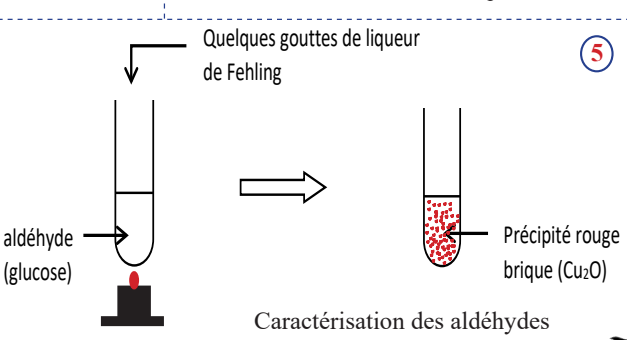
SPÉC IMEN

CHIMIE ORGANIQUE

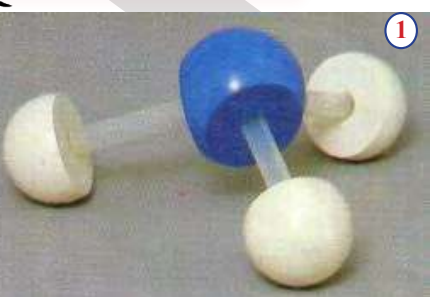
Leçon 1 : les alcools

 1	 2	a) Glycol  3
b) Glycerol		 4

Leçon 2 : Composés carbonylés : Aldéhydes et cétones

 1	 2	 3
 4 Caractérisation des aldéhydes		 5 Caractérisation des aldéhydes

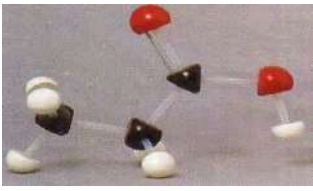
Leçon 3 : Les amines

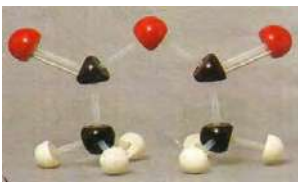
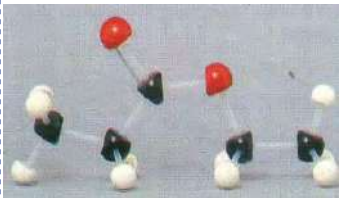
 1	 2	 3
--	---	--

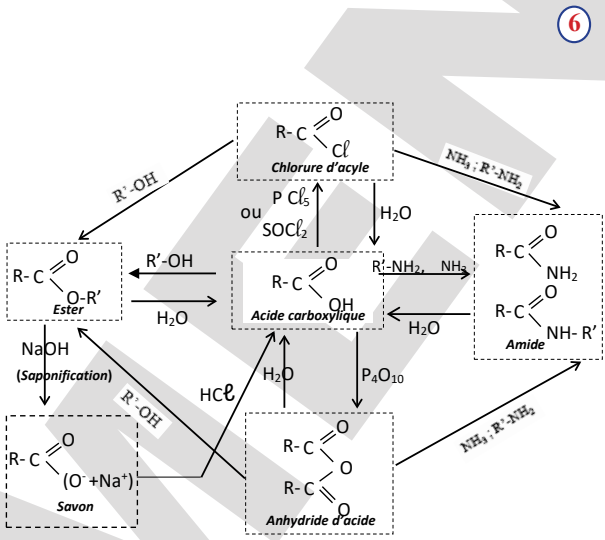
SPÉC IMEN

Annexes de cours (CHIMIE)

Leçon 4 : Les acides carboxyliques et dérivés



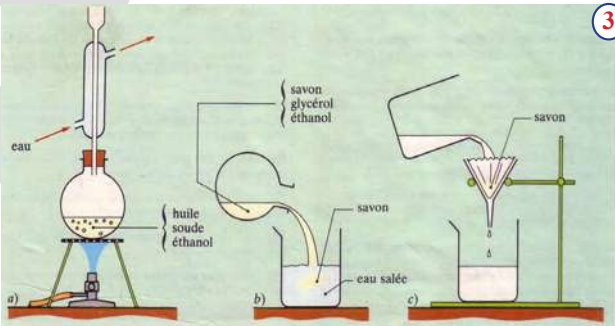



Acides carboxyliques et dérivés

Leçon 6 : Fabrication du savon

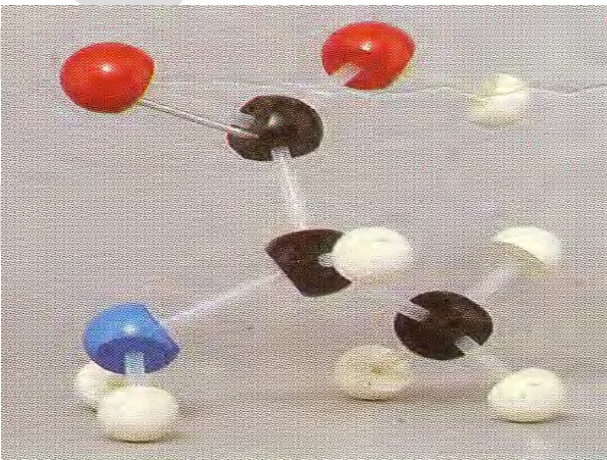






Préparation d'un savon

Leçon 7 : Les acides α-aminés



SPÉCIMEN

CHIMIE MINÉRALE

Leçon 1 : Solutions aqueuses - Notion de pH

1

Pipette

Bécher

fiole jaugée

Pissette

3

2

Étapes de dilution d'une solution

4

Leçon 2 : Acide fort - base forte

1

chlorure d'hydrogène HCl

eau + quelques gouttes d'hélianthine

bouchon en verre

caoutchouc souple

solution acide

Gouttes de AgNO_3

2

SPÉC IMEN

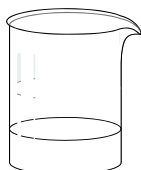
Annexes de cours (CHIMIE)

Leçon 3 : Acide faible - base faible

①

$$C_3 = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

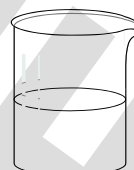
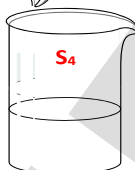
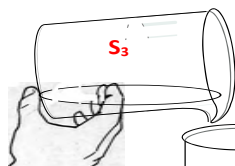
$$C_4 = 10^{-2} \text{ mol/L}$$



$S_3 : \text{NaCl}$
 $\text{pH} = 7$



$S_4 : \text{CH}_3\text{COOH}$
 $\text{pH} = 3,4$



$S_2 = S_3 + S_4$
 $\text{pH} = 3,5$

②

$$C_3 = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

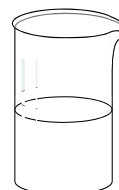
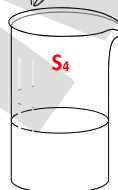
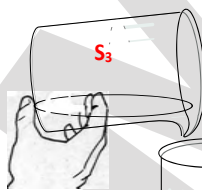
$$C_4 = 10^{-2} \text{ mol/L}$$



$S_3 : \text{NaCl}$
 $\text{pH} = 7$



$S_4 : \text{CH}_3\text{COOH}$
 $\text{pH} = 3,4$



$S_2 = S_3 + S_4$
 $\text{pH} = 3,5$

Leçon 5 : Couples acide/base - Classification

①

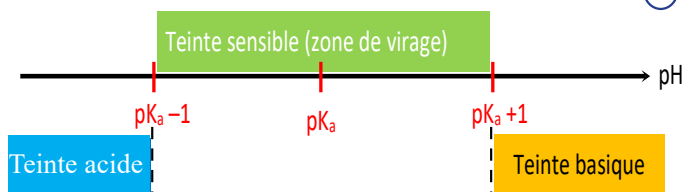
$$[\text{AH}] = 10[\text{A}^-]$$

$$[\text{AH}] = [\text{A}^-]$$

$$[\text{A}^-] = 10[\text{AH}]$$



②

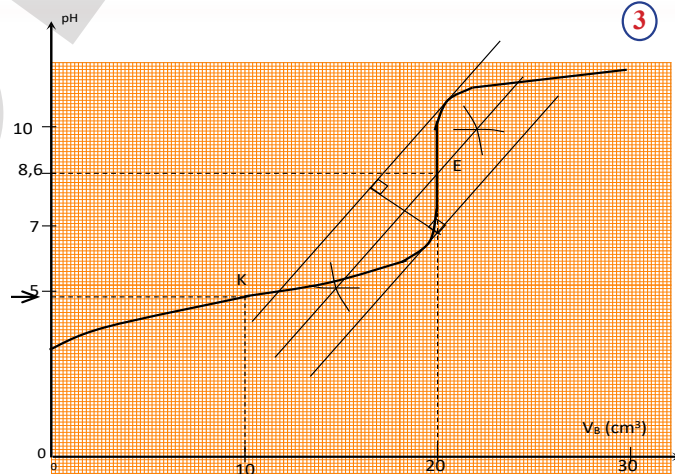
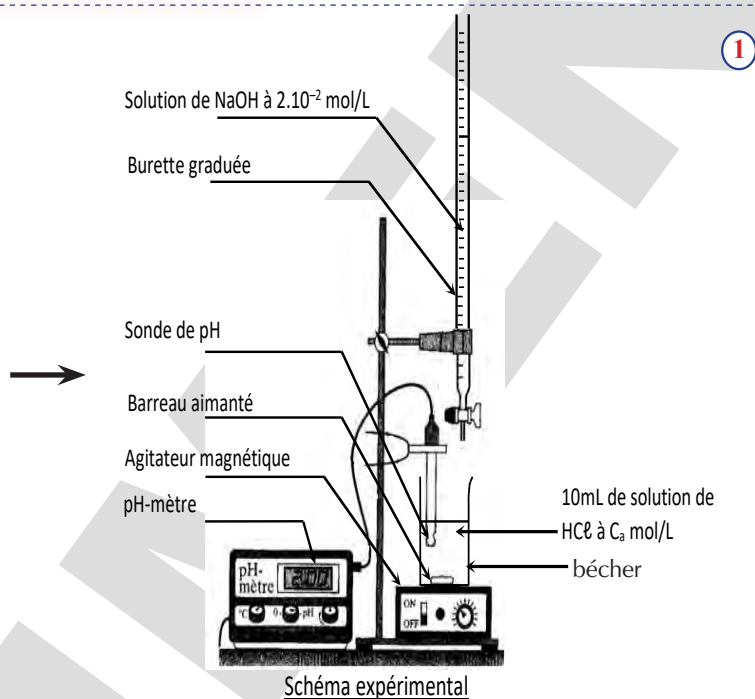
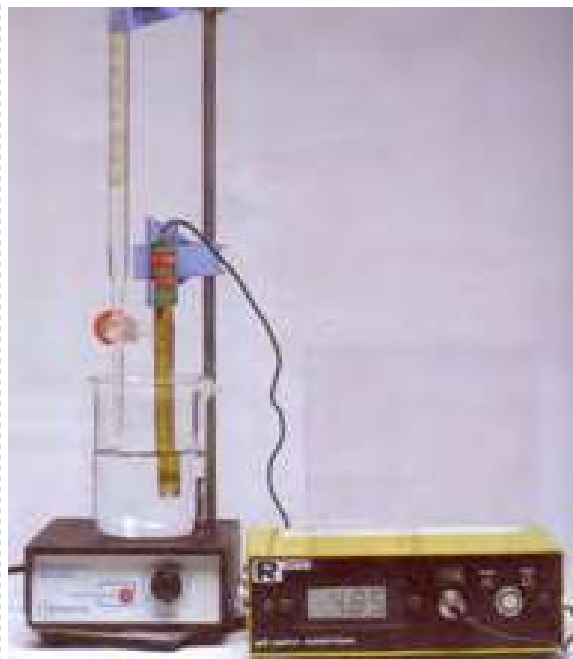


③

Indicateurs colorés	Teinte ou couleur acide	Teinte sensible	Teinte ou couleur basique
Hélianthine	Rouge	Orange	Jaune
Bleu de bromothymol	Jaune	Verte	Bleu
Phénolphtaléine	Incolore	Rose	Rouge violacé

SPÉC IMEN

Leçon 6 : Réactions acido-basiques - Solution tampons





Achevé d'imprimer sous les presses de : JD Éditions
pour le compte de JD éditions.

Tél. : 23 00 17 50

Mise en page : JD Éditions

03 trimestre 2021

Dépôt légal N°17748 du 28 juillet 2021

De la même
collection



MESURES BARRIÈRES



ISBN : 978-2-4933-44-00-7



9 782493 344007