

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

OBLIGATOIRE

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

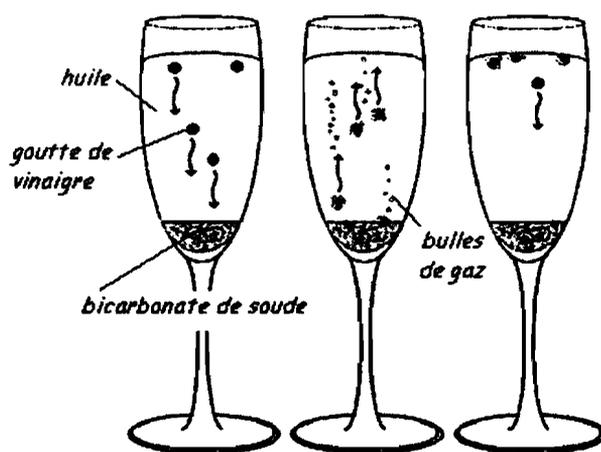
- I – Quand un acide rencontre une base
- II – Analogies électromécaniques
- III – La fusion deutérium tritium

EXERCICE I : QUAND UN ACIDE RENCONTRE UNE BASE, (7 points)

Une expérience instructive, très simple à réaliser, consiste à disposer du bicarbonate de soude au fond d'une flûte à champagne, puis à y ajouter délicatement de l'huile végétale claire et, au-dessus, du vinaigre (voir ci-dessous) :

[...] le vinaigre pénètre dans l'huile en formant des gouttelettes qui descendent au fond du verre. Puis, à peine touchent-elles le fond qu'elles remontent jusqu'à la surface, avant de redescendre à nouveau ... Il faut attendre cinq bonnes minutes avant que cette danse ne s'arrête !... » « Au bout du voyage, les gouttes entrent en contact avec le bicarbonate de soude. Cela provoque une réaction chimique qui conduit à une émission de dioxyde de carbone. Rapidement, le gaz ainsi créé s'agrège en bulles qui s'accrochent sur les gouttelettes de vinaigre. Le volume de ces bulles augmente jusqu'à ce qu'elles remontent, entraînant avec elles les gouttelettes. Une fois arrivées à la surface, les bulles éclatent. Résultat : débarrassées des bulles les petites gouttes de vinaigre redescendent dans l'huile. Et le manège recommence, jusqu'à disparition du vinaigre.

D'après Alain Schuhl dans Science et Vie junior N°165 juin 2003



L'étude de la transformation chimique entre le bicarbonate de soude et le vinaigre fait l'objet cet exercice.

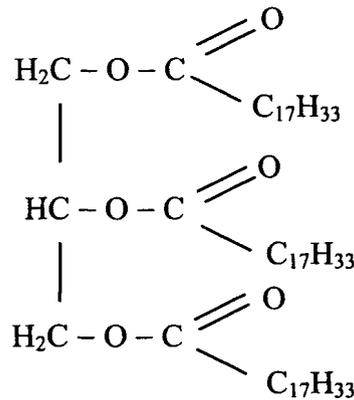
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

I. 1 Etude de l'huile

L'acide oléique a pour formule semi-développée $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$: on le notera simplement $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$.

On considère que l'huile alimentaire, utilisée dans l'expérience est composée uniquement de triester de l'acide oléique et du propan-1,2,3-triol de formule semi-développée $\text{HOCH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$.

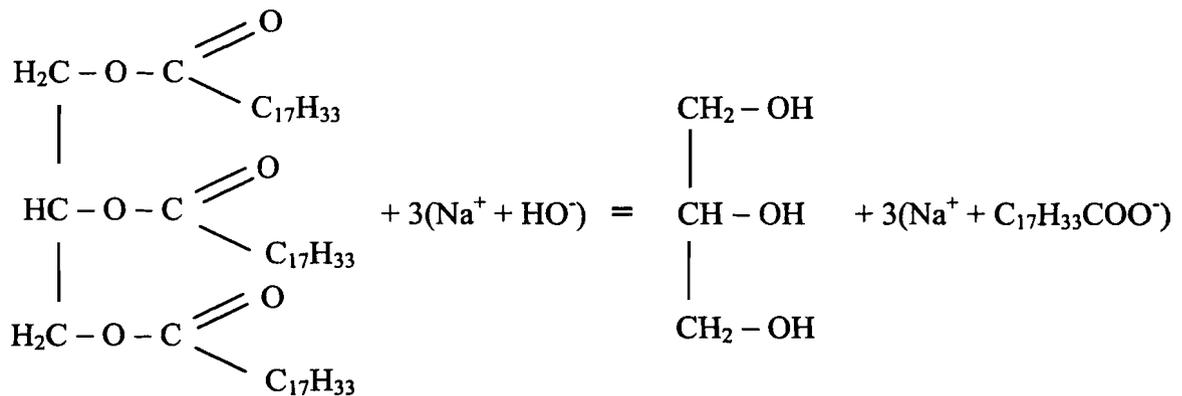
I.1.a - Donner l'autre nom du propan-1,2,3-triol.



I.1.c - En milieu très basique (soude concentrée) et à chaud, l'huile subit une hydrolyse basique.

Quel est l'autre nom donné à cette transformation chimique ?

I.1.d - L'équation de la réaction chimique associée à cette transformation s'écrit :



Nommer les produits obtenus.

I.2 - Etude du vinaigre

Le vinaigre est une solution aqueuse d'acide acétique de formule CH_3COOH . On mesure le pH d'une solution diluée. Le pH vaut 3,40 et la concentration de la solution diluée est $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Données :

- Pour le couple acido-basique $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$, $\text{pK}_a = 4,75$.
- On admet que la conductivité σ d'une solution ionique est fonction des concentrations molaires $[\text{M}^+]$ et $[\text{X}^-]$ en ions M^+ et X^- et de leurs conductivités molaires ioniques $\lambda(\text{M}^+)$ et $\lambda(\text{X}^-)$ selon la loi : $\sigma = \lambda(\text{M}^+) \cdot [\text{M}^+] + \lambda(\text{X}^-) \cdot [\text{X}^-]$.

Les unités sont celles du système SI : conductivité en S.m^{-1} ; concentrations molaires en mol.m^{-3} et conductivités molaires ioniques en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$.

- Valeurs des conductivités molaires ioniques :

$$\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35,0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} ; \lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,09 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

- I.2.a** - Ecrire l'équation modélisant la réaction chimique entre l'acide acétique et l'eau.
- I.2.b** - Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre associée à cette réaction.
Calculer sa valeur numérique.
- I.2.c** - Etablir le tableau d'avancement de la réaction. Calculer le taux d'avancement de celle-ci.
Conclure.
- I.2.d** - On mesure la conductivité de la solution diluée d'acide acétique et on trouve $\sigma = 15,5 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^{-1}$.
Retrouver la valeur de son pH.

I.3 Etude de la réaction

Données et rappels :

- Température absolue T : elle se mesure en kelvins (K) et vaut $T = 273 + \theta$, θ étant la température exprimée en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- Loi des gaz parfaits : la pression p , le volume V et la température absolue T d'une quantité de matière n de gaz sont liés par la relation $p.V = nRT$. Dans le système international, la constante R vaut

$$R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}.$$
- Couples acido-basiques :
On rappelle que le pK_a du couple acide acétique / ion acétate vaut $pK_a = 4,75$.
Celui du couple $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$ vaut $pK_a = 6,35$
- On donne les masses molaires : $M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$

On considère la réaction chimique correspondant à la transformation qui a lieu lorsque la gouttelette de vinaigre touche le bicarbonate de soude solide se trouvant au fond du verre.

Le « bicarbonate de soude » du commerce est en réalité de l'hydrogénocarbonate de sodium $\text{NaHCO}_3(\text{s})$. Le vinaigre est une solution aqueuse d'acide acétique $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$.

- I.3.a** - Ecrire l'équation de la réaction chimique étudiée.
- I.3.b** - Calculer la quantité de matière à l'état initial correspondant à 1,00 g d'hydrogénocarbonate de sodium.
- I.3.c** - La quantité de matière d'acide acétique à l'état initial contenue dans une goutte de vinaigre, de volume $V = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3$, est égale à $3,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$.
Etablir le tableau d'avancement de la réaction. En déduire l'avancement maximal et le réactif limitant.
- I.3.d** - Dans les conditions de l'expérience, la pression est $p = 1020 \text{ hPa}$ et $\theta = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
Le volume total de gaz dégagé par la réaction, dans les conditions de l'expérience, vaut 0,89 mL.
Déterminer la valeur numérique de l'avancement final x_f de cette réaction.
- I.3.e** - Calculer le taux d'avancement final τ de cette transformation et conclure.

EXERCICE II. ANALOGIES ELECTROMECHANIQUES (5 points)

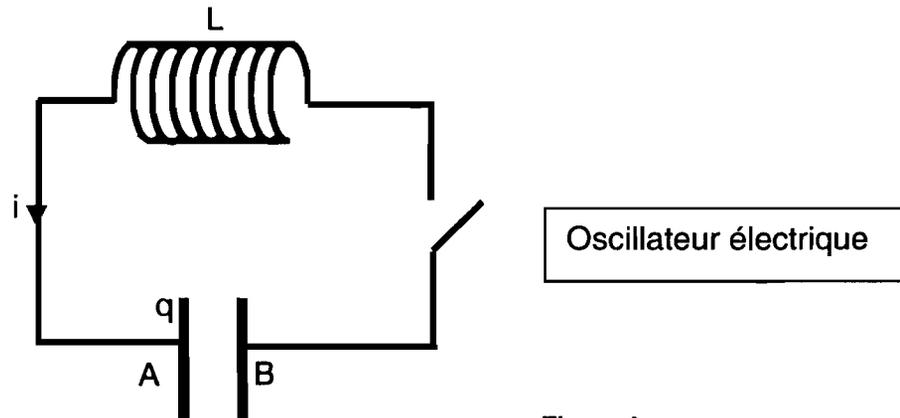


Figure A

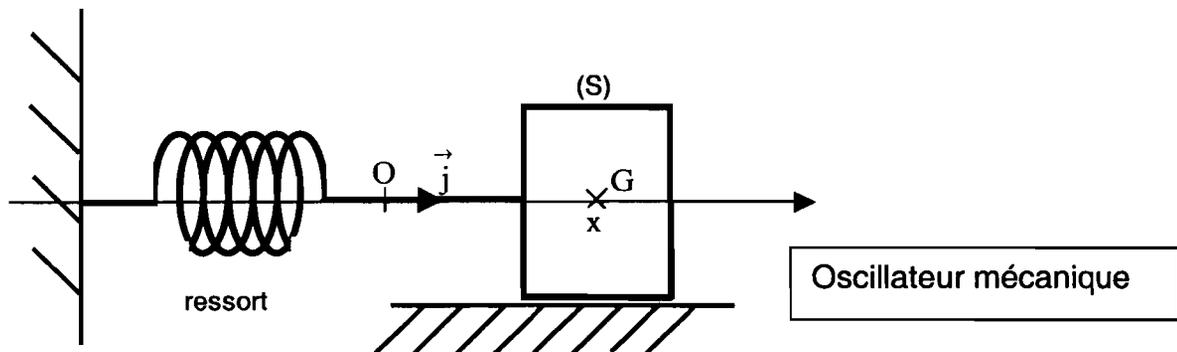


Figure B

On considère les deux oscillateurs idéaux suivants (voir figures A et B ci-dessus) :

- un *circuit électrique* comprenant :
 - une bobine d'inductance L et de résistance négligeable
 - un condensateur de capacité C et d'armatures A et B
 - un interrupteur.

Les conventions d'orientation sont telles que l'intensité du courant est $i = \frac{dq}{dt}$, $q(t)$ étant la charge instantanée du condensateur, c'est-à-dire celle de l'armature A.

Les conditions initiales du fonctionnement sont les suivantes : à t négatif ou nul, l'interrupteur est ouvert et le condensateur porte la charge $q(0) = Q_0$; à $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

On donne $L = 0,10 \text{ H}$; $C = 10,0 \mu\text{F}$ et $Q_0 = 10^{-4} \text{ C}$.

- un *système {solide - ressort} horizontal* comprenant :
 - un solide (S), de masse m et de centre d'inertie G, glissant sans frottement dans la direction de l'axe \vec{Oj} horizontal et d'origine O (voir Figure B) : si (S) est au repos, G est en O ; à un instant quelconque, G est repéré par son abscisse x
 - un ressort à spires non jointives de raideur k , de masse négligeable, dont l'une des extrémités est attachée à (S) et l'autre fixée rigidement à un support.

Les conditions initiales choisies sont les suivantes : à l'instant $t = 0$, la position du centre d'inertie du solide vaut X_0 et sa vitesse v_x est nulle.

On donne le rapport $\frac{m}{k} = 1,0 \cdot 10^{-2}$ S.I. et $X_0 = + 4,0$ cm.

II.1 Oscillateur mécanique

On admet que l'équation différentielle vérifiée par $x(t)$ est $m \frac{d^2x}{dt^2} + k \cdot x = 0$ où $\frac{d^2x}{dt^2}$ désigne la dérivée seconde par rapport au temps de la fonction $x(t)$.

II.1.a - Faire le bilan des forces agissant sur (S). Les représenter sur un schéma.

II.1.b - Retrouver l'équation différentielle du mouvement en précisant la loi physique utilisée.

II.1.c - Quelles que soient les valeurs de A et φ , vérifier que $x = A \cdot \cos(2\pi \frac{t}{T} + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle précédente si T a une valeur fonction de k et m dont on donnera l'expression.

Quelle est l'unité du rapport $\frac{m}{k}$?

Comment appelle-t-on T ? Quelle est sa valeur numérique ?

II.1.d - En prenant en compte les conditions initiales du début de l'énoncé, montrer que $A = X_0$ et $\varphi = 0$.

II.2 Oscillateur électrique

On admet que l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$ est $L \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$.

On utilise de façon systématique la comparaison entre les deux équations différentielles.

II.2.a - Quelle est la grandeur mécanique correspondant à l'intensité instantanée du courant $i(t)$?

Quelles sont les grandeurs électriques correspondant respectivement à la raideur du ressort et à la masse du solide (S) ?

II.2.b - En utilisant les similitudes entre les équations différentielles et les conditions initiales, montrer que la charge instantanée du condensateur est $q(t) = Q_0 \cdot \cos(2\pi \frac{t}{T'})$.

Donner l'expression de T' en fonction des caractéristiques des composants du circuit. Calculer numériquement T' .

II.3 - Représenter sur deux schémas différents les fonctions $x(t)$ et $q(t)$. Le dessin fait pour t variant de 0 à $2T$ (ou $2T'$) peut être approximatif mais on aura soin de bien préciser les points importants : situation à l'origine des temps, extréma, passage par la valeur nulle.

II.4 - Les oscillateurs réels ne sont pas idéaux. Pourquoi ? Quels sont les phénomènes physiques responsables ?

EXERCICE III. FUSION DEUTERIUM TRITIUM (4 points)

La fusion nucléaire, c'est le Diable et le Bon Dieu !

Le Bon Dieu dans les étoiles où elle fait naître tous les atomes, jusqu'à ceux de la vie. Mais le Diable sur Terre où elle fut utilisée à fabriquer des bombes qui pourraient tout anéantir, à commencer par la vie.

Mais alors que le diable de la destruction thermonucléaire semble rentrer dans sa boîte, la fusion nucléaire contrôlée dans les réacteurs civils ouvre des perspectives de développement économique durable à très long terme.

Paul-Henri Rebut,

L'énergie des étoiles – la fusion nucléaire contrôlée
Editions Odile Jacob 1999 (dos de couverture).

Notations utilisées :

- Particules ou noyaux A_ZX : ${}^1_1\text{H}$, ${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^0_{-1}\text{e}$, ${}^1_0\text{n}$, ${}^1_1\text{p}$.
- Masse de la particule ou du noyau A_ZX : $m({}^A_ZX)$.
- Energie de liaison du noyau A_ZX : $E_L({}^A_ZX)$.

III.1. Isotopie

III.1.a - Qu'appelle-t-on isotopes ?

III.1.b - Dans la littérature scientifique, on mentionne souvent :

- le deutérium D dont le noyau contient 1 proton et 1 neutron ;
- le tritium T dont le noyau contient 1 proton et 2 neutrons.

Comment doit-on noter (dans la notation A_ZX) les noyaux D et T ? A quel élément chimique appartiennent-ils ?

III.2 Radioactivité

III.2.a - Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

III.2.b - Le tritium T est radioactif β^- . Ecrire l'équation de la désintégration de T (en utilisant la notation A_ZX).

III.2.c - Le tritium T a une demie-vie $t_{1/2} = 12$ ans. Que signifie cette affirmation ?

III.3 Fusion de noyaux

III.3.a - Qu'appelle-t-on réaction nucléaire de fusion ?

III.3.b - En utilisant la notation A_ZX , écrire l'équation nucléaire de la fusion DT, c'est-à-dire de la fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium, au cours de laquelle se forme un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$.

Exprimer l'énergie ΔE qui peut être libérée par cette réaction en fonction des énergies de masse $E_m({}^A_ZX)$ des particules (ou des noyaux) qui interviennent.

III.3.c - Exprimer la masse $m(\frac{A}{Z}X)$ du noyau $\frac{A}{Z}X$ en fonction de m_p , m_n , Z , A et de l'énergie de liaison $E_L(\frac{A}{Z}X)$.

Pour la réaction de fusion envisagée, en déduire l'expression de ΔE en fonction des énergies de liaison.

III.3.d - On donne les valeurs des énergies de liaison des noyaux suivants :

- $E_L(D) = 2,224 \text{ MeV}$;
- $E_L(T) = 8,481 \text{ MeV}$;
- $E_L(\frac{4}{2}\text{He}) = 28,29 \text{ MeV}$.

Calculer numériquement la valeur de ΔE .

III.4 Conditions de la fusion DT

La fusion n'a lieu que si les deux noyaux sont en contact.

III.4.a – Les noyaux D et T se repoussent. Pourquoi ?

III.4.b – Pour que la fusion ait lieu, il faut que les noyaux D et T entrent en contact. Celui-ci n'est possible que si l'agitation thermique, c'est-à-dire l'énergie cinétique E_C des noyaux, est suffisamment importante :

$$E_C > 0,35 \text{ MeV}$$

Quantitativement, la température absolue T (en kelvins) des noyaux est proportionnelle à leur énergie cinétique : on admet qu'à une énergie cinétique de 1 eV correspond une température de 7700 K.

Quelle doit être la température minimale des noyaux pour que la fusion ait lieu ?

III.4.c – La température interne du Soleil n'est que de $15 \times 10^6 \text{ K}$.

Quelle conclusion vous inspire la comparaison de ces deux températures ?

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9 y compris celle-ci.

Les pages annexes 8/9 et 9/9 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

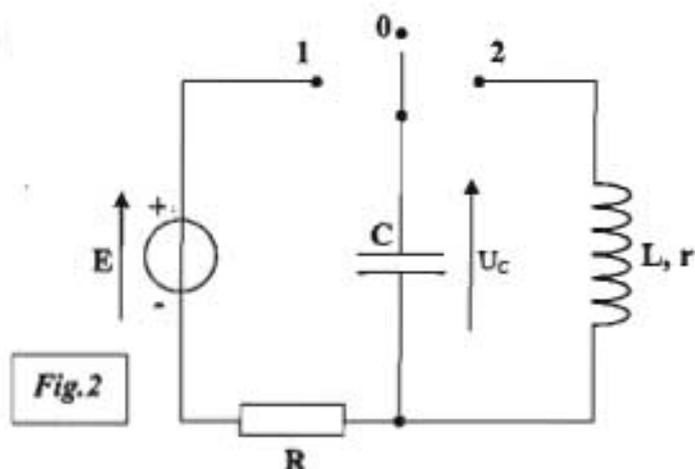
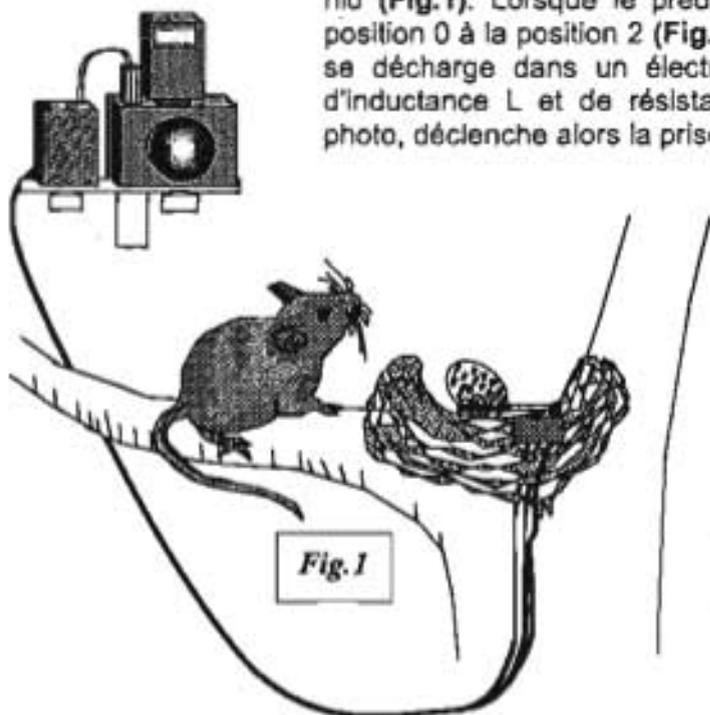
Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

EXERCICE I	:	LE PIEGE PHOTO	5 points
EXERCICE II	:	CONSERVATEUR ET PARFUM	7 points
EXERCICE III	:	PRODUCTION D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE	4 points

EXERCICE I : LE PIÈGE PHOTO – 5 POINTS

Cet exercice étudie le principe de fonctionnement d'un piège photo réalisé par un ornithologue afin d'identifier le prédateur d'une espèce d'oiseaux en voie de disparition.

Un œuf de caille posé sur un commutateur à bascule sert d'appât dans un vieux nid (Fig.1). Lorsque le prédateur prélève l'œuf, le commutateur bascule de la position 0 à la position 2 (Fig.2), le condensateur du dispositif, initialement chargé, se décharge dans un électroaimant que l'on peut modéliser par une bobine d'inductance L et de résistance interne r . L'électroaimant, placé sur l'appareil photo, déclenche alors la prise de vue.



Le circuit de charge (Fig.2), outre le condensateur de capacité C , est constitué d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un générateur idéal de tension de force électromotrice $E = 8,0 \text{ V}$.

I – Armement du dispositif

Le dispositif s'arme en plaçant le commutateur en position 1 pendant la durée nécessaire à la charge du condensateur. Cette opération réalisée, l'œuf est déposé sur le bras du commutateur à bascule qui est ainsi maintenu en position 0.

1. Recopier soigneusement le schéma du circuit de charge du condensateur sur votre copie. Indiquer sur ce schéma le sens réel du courant lors de la charge du condensateur. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur lors de sa charge.

Vérifier que cette équation différentielle est de la forme $u_C(t) + \tau \frac{du_C(t)}{dt} = E$.

En déduire l'expression de la constante τ en fonction des paramètres du circuit.

2. Montrer par une analyse dimensionnelle que la constante τ est homogène à un temps.
3. Déduire de l'équation différentielle la valeur U_C de $u_C(t)$ en régime permanent.
4. Montrer que l'expression $u_C(t) = A \cdot (1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle à condition que la constante A soit égale à la valeur E de la force électromotrice du générateur.
5. Montrer que pour une durée égale à 5τ on peut considérer que la charge du condensateur est totale.

6. Un enregistrement de la tension $u_c(t)$ a été réalisé (graphique 1, annexe 1 page 10 à rendre avec la copie). Évaluer le plus précisément possible la valeur de τ sur cet enregistrement en expliquant la méthode utilisée.

En déduire la durée minimale durant laquelle l'opérateur doit maintenir l'interrupteur en position 1 afin de réaliser la charge du condensateur.

II – Déclenchement du piège

Lorsque l'œuf est prélevé par le prédateur, le commutateur bascule de la position 0 dans laquelle l'opérateur l'avait placé après la charge du condensateur, à la position 2.

Un enregistrement de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur est réalisé lors de l'étude de ce dispositif (graphique 2, annexe page 10 à rendre avec la copie).

1. On admet que la décharge du condensateur dans la bobine de l'électroaimant est apériodique. C'est l'énergie transférée qui provoque le déplacement du barreau de l'électroaimant. Le « temps de réaction » du piège peut être caractérisé par la durée notée $t_{1/2}$ au bout de laquelle la tension du condensateur est réduite de moitié.

Déterminer cette durée caractéristique en exploitant l'enregistrement (graphique 2, annexe 1 page 10).

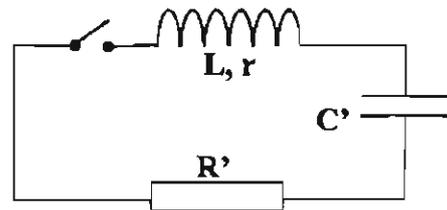
2. Afin que le barreau de l'électroaimant soit éjecté et percute avec la meilleure efficacité le déclencheur de l'appareil photo, l'énergie initialement emmagasinée par le condensateur doit être la plus importante possible.

En justifiant vos choix, indiquer, parmi les paramètres ci-dessous, quels sont ceux sur lesquels on peut agir pour atteindre cet objectif :

- la force électromotrice E du générateur idéal de tension,
- la capacité C du condensateur, *condensateur*
- la résistance R .

III – Détermination de l'inductance L de la bobine qui constitue l'électroaimant

Afin de déterminer l'inductance L de la bobine qui constitue l'électroaimant, on place cette bobine en série avec un condensateur de capacité $C' = 10 \text{ nF}$ initialement chargé sous une tension de 6 V et une résistance R' tel que $(R' + r) = 50 \Omega$. Le circuit ainsi constitué est représenté ci-dessous :



L'évolution de la tension aux bornes du condensateur a été enregistrée à la fermeture de l'interrupteur, elle figure sur le graphique n° 3 de l'annexe page 10.

1. Comment nomme-t-on le régime correspondant à cette évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.
2. Utiliser l'enregistrement pour déterminer l'inductance L de la bobine. Justifier votre démarche.

EXERCICE II : CONSERVATEUR ET PARFUM (7 POINTS)

Les parties I et II sont indépendantes

PARTIE I – PROPRIÉTÉS DE L'ACIDE BENZOÏQUE

Les conservateurs sont des substances qui prolongent la durée de conservation des denrées alimentaires en les protégeant des altérations dues aux micro-organismes. La présence d'un conservateur dans les aliments et les boissons est repérée par un code européen (E200 à E297)

L'acide benzoïque C_6H_5-COOH (E210) et le benzoate de sodium $C_6H_5-COONa$ (E211) sont utilisés dans l'industrie comme conservateurs alimentaires pour leurs propriétés fongicides et antibactériennes. Ils sont présents en particulier dans de nombreuses boissons « light ».

Données :

✓ Propriétés de l'acide benzoïque :

- solide blanc d'aspect soyeux.
- Masse molaire : $M(C_6H_5-COOH) = 122 \text{ g.mol}^{-1}$
- solubilité dans l'eau (masse maximale que l'on peut dissoudre par litre de solution) : $2,4 \text{ g.L}^{-1}$ à 25°C

✓ Couples acide-base à 25°C : $C_6H_5-COOH / C_6H_5-COO^-$ $pK_{A1} = 4,2$
 H_2O / HO^- $pK_{A2} = 14,0$

A – RÉACTION DE L'ACIDE BENZOÏQUE AVEC L'EAU

On introduit une masse m_0 d'acide benzoïque dans de l'eau distillée afin d'obtenir un volume $V_0 = 100 \text{ mL}$ de solution.

Après dissolution totale, on obtient une solution aqueuse d'acide benzoïque notée S_0 de concentration $C_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le pH-mètre indique 3,1 pour le pH de la solution S_0 .

1. Quelle masse m_0 faut-il peser pour préparer la solution S_0 ? La solution est-elle saturée ?
2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.
3. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque / ion benzoate. En déduire l'espèce prédominante dans la solution S_0 .
4. Compléter le tableau d'avancement joint en annexe page 11 à rendre avec la copie correspondant à cette transformation chimique, en fonction de C_0 , V_0 , et $x_{\text{éq}}$, avancement à l'état d'équilibre.
5. Déterminer l'avancement maximal x_{max} .

Montrer que le taux d'avancement final τ de la réaction s'écrit : $\tau = \frac{[H_3O^+]_{\text{éq}}}{C_0}$, puis le calculer.

Ce résultat est-il en accord avec la question 3 ?

6. Donner l'expression du quotient de réaction à l'état d'équilibre $Q_{r,\text{éq}}$ en fonction de $[H_3O^+]_{\text{éq}}$ et C_0 . Calculer $Q_{r,\text{éq}}$.
7. Retrouver la valeur donnée du pK_{A1} du couple acide benzoïque / ion benzoate.

B – RÉACTION DE L'ACIDE BENZOÏQUE AVEC LA SOUDE

On ajoute à la solution S_0 quelques gouttes d'une solution concentrée de soude (hydroxyde de sodium) $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$. Le pH-mètre indique alors 6,2.

1. Indiquer sans calcul, quelle est l'espèce du couple acide benzoïque/ion benzoate qui prédomine alors dans la solution obtenue.
2. Écrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde.

Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction. Calculer K .

PARTIE II – LA SYNTHÈSE DU BENZOATE DE MÉTHYLE

Les esters font partie de notre vie : le monde des parfums, les arômes en cuisine...

Ils peuvent être extraits de végétaux, mais il est parfois plus facile et moins onéreux de synthétiser ces molécules en laboratoire. Le benzoate de méthyle, ester utilisé en parfumerie, est un des constituants de diverses huiles essentielles (essence de Niobé, d'œillet ou d'Ylang Ylang).

On prépare le benzoate de méthyle par réaction de l'acide benzoïque de formule $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$ avec le méthanol de formule CH_3OH

Pour réaliser cette réaction, on mélange une masse $m_1 = 12,2$ g d'acide benzoïque avec un volume $V_2 = 30$ mL de méthanol, quelques gouttes d'une solution concentrée d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce.

On chauffe à reflux pendant 60 minutes. Après refroidissement, on verse le contenu du ballon dans une ampoule à décanter contenant de l'eau glacée. On obtient alors deux phases bien distinctes. Après traitement de la phase contenant l'ester, on isole une masse égale à 9,52 g de benzoate de méthyle.

Données :

Composés	Formule	Masse molaire (g.mol^{-1})	Masse volumique (g.mL^{-1})	Solubilité dans l'eau
Acide benzoïque	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$	122	1,3	Faible
Méthanol	CH_3OH	32	0,80	Forte
Benzoate de méthyle		136	1,1	Nulle

A – A PROPOS DU MODE OPÉRATOIRE

1. Déterminer les quantités de matière n_1 d'acide benzoïque et n_2 de méthanol introduites.
2. Au vu du mode opératoire, identifier les facteurs cinétiques sur lesquels on joue pour réaliser le plus rapidement cette synthèse.
3. On a effectué un chauffage à reflux du mélange réactionnel. Quelle en est l'utilité ?

B – ÉTUDE DE LA RÉACTION DE SYNTHÈSE DU BENZOATE DE MÉTHYLE

1. Écrire l'équation de la réaction de synthèse du benzoate de méthyle.
2. Déterminer le réactif limitant.
En déduire la quantité de matière théorique d'ester que l'on pourrait obtenir si la transformation était totale.
3. Définir et calculer le rendement expérimental de cette synthèse.

EXERCICE III : PRODUCTION D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE (4 points)

I – Fission nucléaire

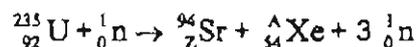
Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Actuellement ces centrales utilisent la chaleur libérée par des réactions de fission de l'uranium 235 qui constitue le "combustible nucléaire". Cette chaleur transforme de l'eau en vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne un alternateur produisant l'électricité.

Certains produits de fission sont des noyaux radioactifs à forte activité et dont la demi-vie peut être très longue.

1. Définir le terme demi-vie.
2. Définir l'activité d'une source radioactive.

Préciser son unité dans le Système International.

3. Le bombardement d'un noyau d'uranium 235 par un neutron peut produire un noyau de strontium et un noyau de xénon selon l'équation suivante :



- 3.1. Déterminer les valeurs des nombres A et Z.
- 3.2. Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction de fission.
- 3.3. Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

II – Fusion nucléaire

Le projet ITER s'installera prochainement sur le site de Cadarache en France.

L'objectif de ce projet est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.

La fusion est la source d'énergie du soleil et des autres étoiles.

Pour obtenir une réaction de fusion, il faut rapprocher suffisamment deux noyaux qui se repoussent, puisqu'ils sont tous deux chargés positivement. Une certaine énergie est donc indispensable pour franchir cette barrière et arriver dans la zone, très proche du noyau, où se manifestent les forces nucléaires capables de l'emporter sur la répulsion électrostatique.

La réaction de fusion la plus accessible est la réaction impliquant le deutérium et le tritium. C'est sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.

La demi-vie du tritium consommé au cours de cette réaction n'est que de 15 ans.

De plus il y a très peu de déchets radioactifs générés par la fusion et l'essentiel est retenu dans les structures de l'installation ; 90 % d'entre eux sont de faible ou moyenne activité.

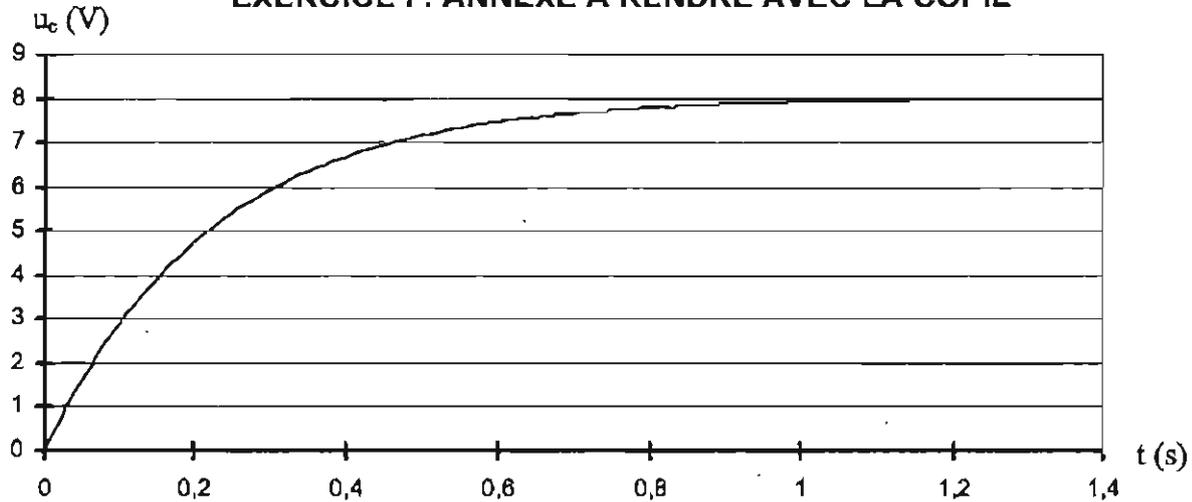
Tableaux de données :

Particule ou Noyau	Neutron	Hydrogène 1 ou proton	Hydrogène 2 ou Deutérium	Hydrogène 3 ou Tritium	Hélium 3	Hélium 4	Uranium 235	Xénon	Strontium
Symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{H}$	${}_1^2\text{H}$	${}_1^3\text{H}$	${}_2^3\text{He}$	${}_2^4\text{He}$	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{54}^{\text{A}}\text{Xe}$	${}_{38}^{94}\text{Sr}$
Masse en u	1,00866	1,00728	2,01355	3,01550	3,01493	4,00150	234,9942	138,8892	93,8945

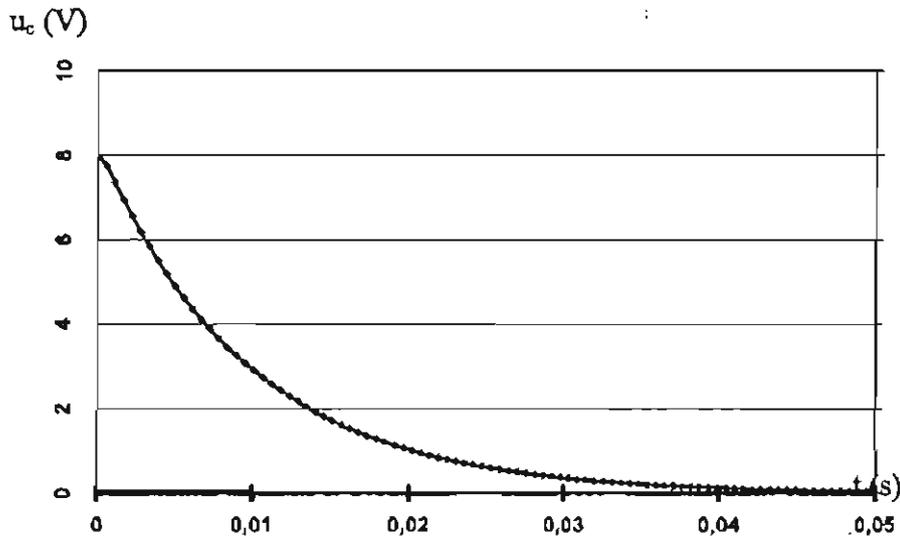
Unité de masse atomique	$u = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

1. Le deutérium de symbole ${}_1^2\text{H}$ et le tritium de symbole ${}_1^3\text{H}$ sont deux isotopes de l'hydrogène.
 - 1.1. Définir le terme de noyaux isotopes.
 - 1.2. Donner la composition de ces deux noyaux.
2. Qu'appelle-t-on réaction de fusion ?
3. Sur la courbe d'Aston (annexe page 9 à rendre avec la copie) indiquer clairement dans quel domaine se trouvent les noyaux susceptibles de donner une réaction de fusion.
4. Écrire l'équation de la réaction nucléaire entre un noyau de Deutérium et un noyau de Tritium sachant que cette réaction libère un neutron et un noyau noté ${}_2^{\text{A}}\text{X}$.
Préciser la nature du noyau ${}_2^{\text{A}}\text{X}$.
5. Montrer que l'énergie libérée au cours de cette réaction de fusion est de 17,6 MeV. Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?
6. Conclure sur l'intérêt du projet ITER en indiquant les avantages que présenterait l'utilisation de la fusion par rapport à la fission pour la production d'électricité dans les centrales nucléaires.

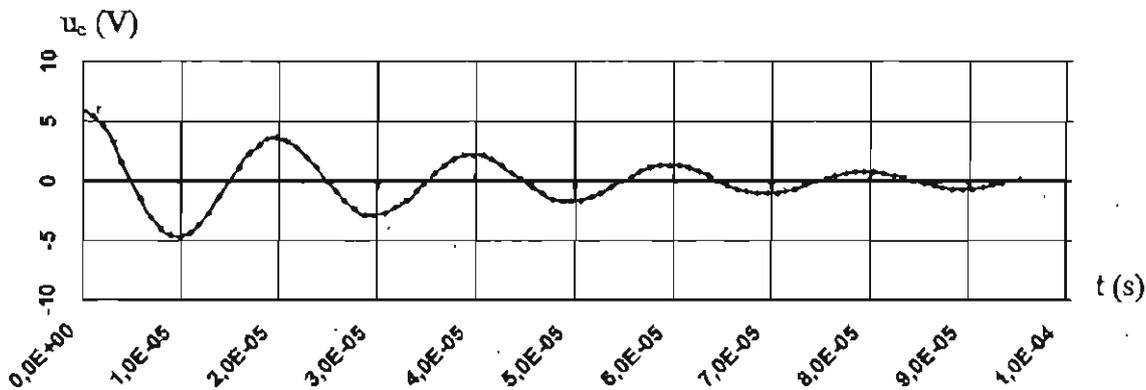
EXERCICE 1 : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



Graphique 1 : Évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur lors de sa charge.



Graphique 2 : Évolution apériodique de la tension u_c aux bornes du condensateur lors de sa décharge dans la bobine de l'électroaimant.



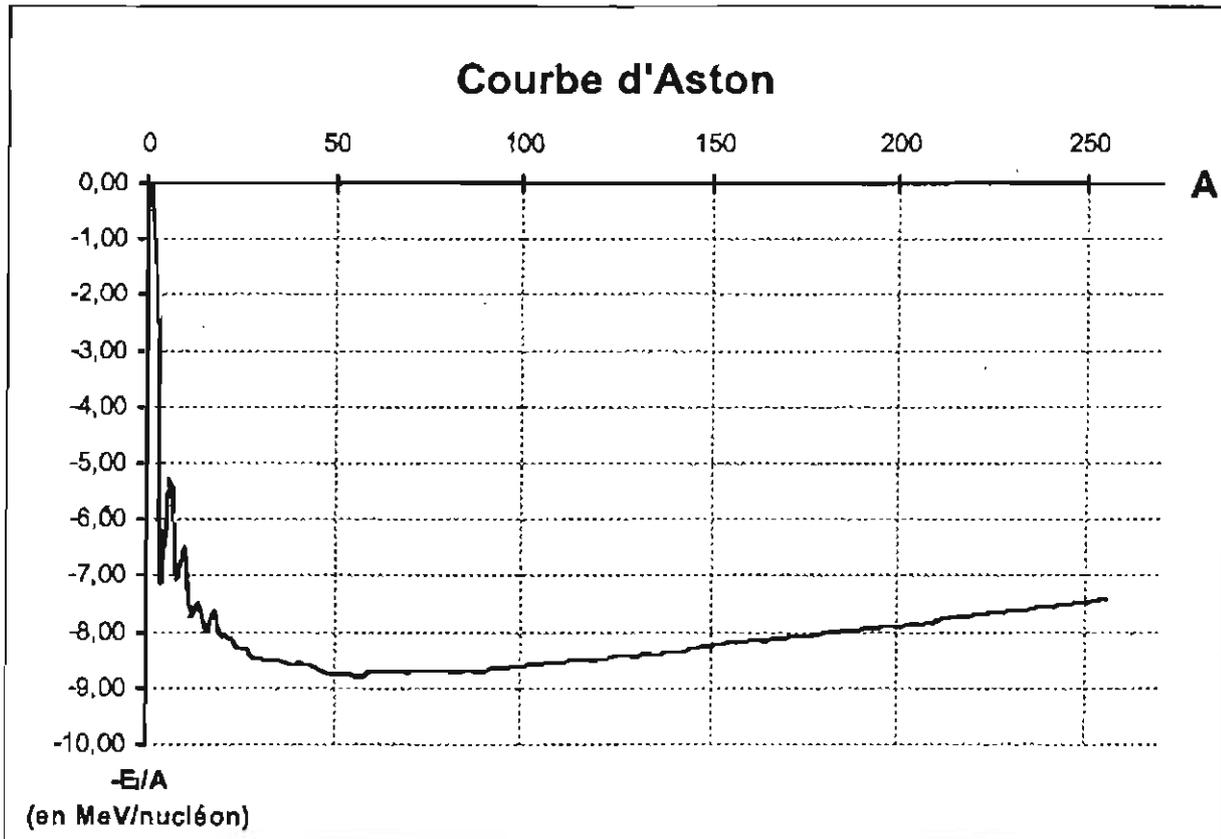
Graphique 3 : Évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur.

EXERCICE II : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau d'avancement

Équation de la Réaction					
État du système	Avancement en mol	Quantités de matière en mol			
État initial	0				
État final (à l'équilibre)	x_{eq}				

EXERCICE III : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE** – Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12 y compris celle-ci.

Les annexes page 10/12, 11/12 et 12/12 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

EXERCICE I	:	LA LOGAN AU BANC D'ESSAI	9 points
EXERCICE II	:	TENEUR EN CO ₂ D'UN VIN	3 points
EXERCICE III	:	pH D'UN MÉLANGE	4 points

EXERCICE I : LA LOGAN AU BANC D'ESSAI (9 points)

La Dacia Logan, conçue par le constructeur français Renault est produite au départ en Roumanie. Elle a fait la une de l'actualité lors de son lancement commercial : elle était en effet présentée comme « la voiture à 5000 euros ». Même si son prix fut finalement plus élevé que prévu, les journalistes automobiles étaient impatients d'évaluer cette voiture d'un nouveau genre.

L'exercice propose de détailler certains tests routiers effectués par les essayeurs d'un magazine automobile et d'étudier un composant du système d'alimentation en gazole du moteur Diesel qui peut équiper la Logan.

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

Les parties A et B sont indépendantes.

PARTIE A : Performances et comportement routier

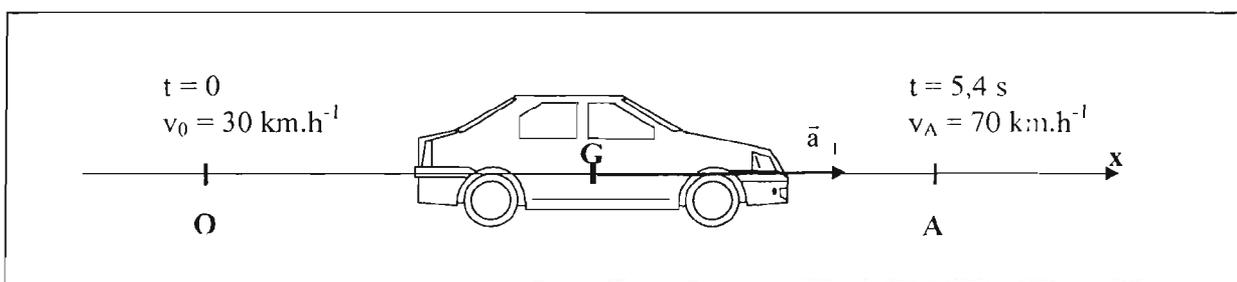
Les paragraphes I, II et III sont indépendants.

I - Mesures de reprises

Le test consiste à faire passer la voiture, en pleine accélération et sur le deuxième rapport de la boîte de vitesses, de 30 km.h^{-1} à 70 km.h^{-1} sur une portion de circuit rectiligne et horizontale. On mesure alors le temps nécessaire à cette accélération, ce qui donne une bonne indication de la capacité du véhicule à s'insérer et à évoluer dans le trafic routier.

Résultat du test d'accélération donné par le magazine : « passage de 30 km.h^{-1} à 70 km.h^{-1} en $5,4 \text{ s}$ ».

1. Le vecteur accélération est supposé constant pendant tout le mouvement ; sa norme est notée a_1 . Le schéma ci-dessous donne les différentes conventions utilisées. L'origine des temps est choisie à l'instant où le centre d'inertie G du véhicule passe au point C avec la vitesse $v_0 = 30 \text{ km.h}^{-1}$.



- Donner la relation entre le vecteur accélération \vec{a}_1 et le vecteur vitesse \vec{v} du centre d'inertie G du véhicule. En déduire l'équation horaire de la vitesse du centre d'inertie du véhicule $v(t)$ en fonction de a_1 , v_0 et t .
- En utilisant le résultat du test d'accélération, montrer que la valeur de l'accélération a_1 du véhicule en unités SI est $a_1 = 2,1 \text{ m.s}^{-2}$.

2. a) Établir l'équation horaire de la position $x(t)$ du centre d'inertie G en fonction des grandeurs de l'énoncé.
- b) En déduire la distance D parcourue par la Logan quand elle passe de 30 km.h^{-1} à 70 km.h^{-1} , en $5,4 \text{ s}$.

II - Virage sur une trajectoire circulaire

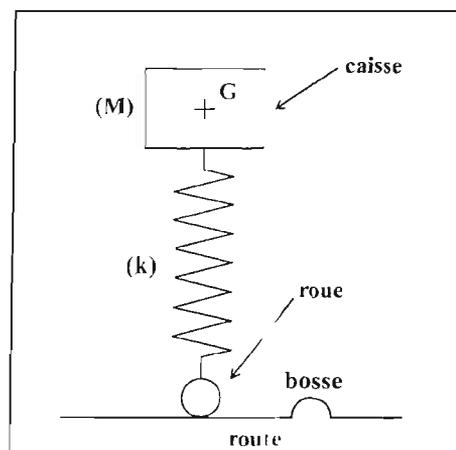
Un second test consiste à faire décrire à la voiture une trajectoire circulaire de rayon $R = 50 \text{ m}$. Ce test donne une bonne indication de la tenue de route du véhicule.

Une chronophotographie (en vue de dessus) représentant les positions successives du centre d'inertie G de la Logan pendant ce test est donnée en **annexe page 10 à rendre avec la copie** (Figure 1). La durée $\tau = 1,00 \text{ s}$ sépare deux positions successives du centre de masse G .

1. a) Exprimer les normes des vitesses v_3 et v_5 du centre d'inertie G aux points G_3 et G_5 en fonction des distances G_2G_4 , G_4G_6 et de la durée τ .
 - b) En utilisant la figure 1 montrer que ces vitesses v_3 et v_5 ont la même valeur d'environ 40 km.h^{-1} .
 - c) Représenter les vecteurs vitesse \vec{v}_3 et \vec{v}_5 sur la figure 1 (échelle : $1 \text{ cm pour } 2 \text{ m.s}^{-1}$).
 - d) Représenter le vecteur $\Delta\vec{v}_4 = \vec{v}_5 - \vec{v}_3$.
2. a) Donner l'expression du vecteur accélération \vec{a}_4 au point G_4 , en fonction de $\Delta\vec{v}_4$ et τ .
 - b) Calculer la valeur de a_4 en unité SI.
3. a) Le constructeur qualifie cette accélération de « latérale ». Quel autre qualificatif utiliserait-on plutôt en physique ?
 - b) Peut-on considérer que, pour les passagers de la voiture, l'effet de cette accélération est négligeable devant celui de l'accélération de la pesanteur ?

III - Suspension

La Logan est constituée d'une caisse métallique reposant sur ses roues par l'intermédiaire d'une suspension, formée d'un ensemble de quatre ressorts avec amortisseurs. On peut modéliser cette voiture par un pendule élastique vertical dont les oscillations sont amorties. La seule particularité de ce pendule est d'avoir la masse M (correspondant à la caisse) à l'extrémité supérieure du ressort de raideur k ; la mise en oscillation ayant lieu lorsque l'extrémité inférieure du ressort (correspondant à la roue) subit un déplacement vertical, par exemple lors d'un passage sur une bosse (dos d'âne).



1. On considère la caisse de la Logan de masse $M = 1\,095\text{ kg}$ à l'arrêt, sans passager. Le ressort est alors comprimé. On appelle $|\Delta l_0|$ la valeur absolue de la différence entre sa longueur à vide et sa longueur en charge.
 - a) Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la caisse.
 - b) Trouver la relation entre $|\Delta l_0|$, M , k et g en appliquant le principe d'inertie

2. Quatre essayeurs, de masse totale $m = 280\text{ kg}$, montent à bord de la Logan. La caisse s'affaisse d'une hauteur $h = 3,0 \times 10^{-2}\text{ m}$. La variation de la longueur du ressort en valeur absolue devient : $|\Delta l| = |\Delta l_0| + h$.
 - a) En utilisant le résultat de la question 1.b) établir la relation $k = \frac{m \cdot g}{h}$.
 - b) Déterminer la dimension de k .
 - c) Calculer la valeur numérique de k .

3. On note T_0 la période propre des oscillations de la caisse de la Logan avec un essayeur, de masse $m_1 = 70\text{ kg}$, sans passager. Montrer que $T_0 = 0,71\text{ s}$.

4. Afin que le confort des passagers soit optimal lors du passage sur une bosse, les réglages de la suspension sont prévus pour que la caisse retrouve sa position initiale sans osciller.
 - a) L'essayeur prend le volant d'une Logan neuve et roule sur une bosse. Quel est le nom du régime oscillatoire observé ?
 - b) L'essayeur recommence l'expérience avec une Logan ayant déjà beaucoup roulé. Ses amortisseurs étant « fatigués », l'amortissement de la caisse est moins important. Prévoir le comportement de la caisse dans ce cas en utilisant le vocabulaire adapté.

5. A nouveau au volant de la Logan neuve, l'essayeur, de masse $m_1 = 70\text{ kg}$, aborde maintenant un ralentisseur installé par une municipalité à l'entrée de l'agglomération. Il est constitué d'une série de bosses distantes d'une longueur D . Le pendule élastique qui modélise la voiture est donc soumis à une succession d'excitations : la caisse subit des oscillations forcées. L'essayeur constate que l'amplitude des oscillations est beaucoup plus importante qu'au passage d'une seule bosse, la voiture devient plus difficile à contrôler et le conducteur doit ralentir.
 - a) Quel nom donne-t-on au phénomène observé par l'essayeur ?
 - b) Quelle doit être la période des excitations pour que ce phénomène ait lieu ?
 - c) Cette période est la durée Δt que met la voiture pour passer d'une bosse à l'autre. Calculer la distance D nécessaire pour que le phénomène ait lieu à une vitesse $v = 80\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
 - d) Ainsi construit, ce ralentisseur devrait obliger les conducteurs trop rapides à ralentir pour respecter la vitesse de $50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en agglomération. Mais y aurait-il un autre moyen d'éviter le phénomène ressenti lors du passage sur le ralentisseur ? Si oui, expliquer.
(On ne tentera pas l'expérience !)

PARTIE B : « L'injecteur par rampe commune »

Malgré les tarifs modérés de la Logan, son moteur Diesel bénéficie d'une technologie de pointe : le système d'injection directe de gazole par rampe commune. L'élément essentiel est l'injecteur qui pulvérise en quelques fractions de seconde une très faible quantité de gazole directement dans la chambre de combustion où se produit l'explosion du mélange air-gazole.

On peut schématiser cet injecteur par un long tube creux, percé à son extrémité inférieure d'un très petit trou bouché par une aiguille. C'est par ce trou que pourra sortir le gazole lorsque l'aiguille sera déplacée vers le haut.

Pour déplacer cette aiguille métallique vers le haut, on utilise une bobine qui, lorsqu'elle est traversée par un courant électrique, se comporte comme un aimant et attire alors l'aiguille à elle. Dès que le courant est coupé, l'aiguille reprend sa position initiale et bouche à nouveau le trou.

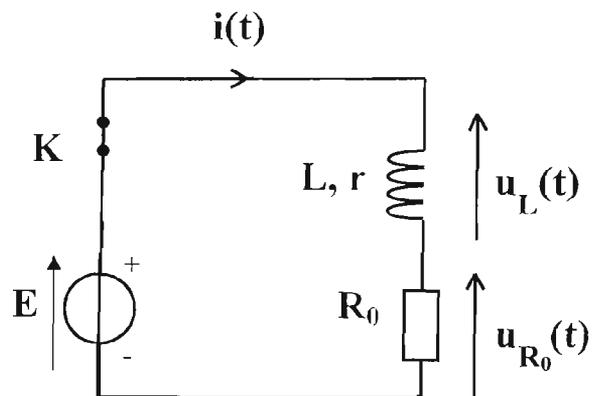
Un laboratoire de recherche d'un constructeur concurrent demande à un technicien d'étudier les caractéristiques de cette bobine.

I - Prévion d'un dipôle bobine-conducteur ohmique :

Pour préparer un protocole d'étude de la bobine de l'injecteur, le technicien choisit d'abord une bobine, d'inductance L et de résistance interne r connues.

Il réalise ensuite le circuit ci-contre où l'interrupteur est au départ fermé.

On rappelle que la tension aux bornes de la bobine est $u_L(t) = L \frac{di}{dt} + r \cdot i$



Données : $E = 6,0 \text{ V}$; $L = 0,94 \text{ H}$;
 $R_0 = 150 \Omega$; $r = 20 \Omega$.

1. L'interrupteur K étant fermé, et le régime permanent établi, l'intensité dans le circuit est constante et notée I_0 .

Montrer que $I_0 = \frac{E}{R_0 + r}$.

2. A l'instant $t_0 = 0$, l'interrupteur est ouvert. On a alors la relation $u_L(t) + u_{R_0}(t) = 0$. Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité $i(t)$.

3. Le technicien utilise une interface d'acquisition et un capteur de tension pour suivre l'évolution temporelle de la tension $U_{R_0}(t)$, à l'ouverture de l'interrupteur. Un tableur permet alors de calculer le graphe de l'intensité du courant et de tracer le graphe de son évolution temporelle donnée sur la figure 2 de l'annexe page 11.

a) A partir de l'allure de la courbe $i(t)$ de la figure 2, préciser le rôle de la bobine dans ce circuit.

On note $\tau = \frac{L}{R_0 + r}$ la constante de temps de ce circuit.

b) Montrer que τ a la dimension d'un temps.

c) Calculer τ .

d) Mesurer sur le graphique l'intensité $i(\tau)$ pour $t = \tau$.

II - Mesure des caractéristiques de la bobine de l'injecteur

Le technicien utilise maintenant la bobine de l'injecteur afin de déterminer son inductance L' et sa résistance r' .

Il réalise avec cette bobine le circuit de l'étude précédente ($E = 6,0 \text{ V}$; $R_0 = 150 \Omega$) et il effectue une nouvelle acquisition comme à la question I-3.

A l'instant $t_0 = 0$, il ouvre l'interrupteur et obtient le tracé donné sur la Figure 3 en **annexe page 11 à rendre avec la copie.**

A l'aide de l'étude précédente et du graphique de la figure 3, déterminer :

1. La résistance interne r' de la bobine (on rappelle que $I'_0 = \frac{E}{R_0 + r'}$).
2. a) Évaluer graphiquement la constante de temps τ' .
b) Déterminer l'inductance L' de la bobine.

EXERCICE II : teneur en CO₂ d'un vin (3 points)

Le vin est obtenu par fermentation du jus de raisin.

Lors de la fermentation alcoolique, le glucose présent dans le raisin est dégradé en éthanol et en dioxyde de carbone CO₂. Lorsque la vinification est terminée, on détecte généralement dans le vin la présence de CO₂ à raison de 200 à 700 mg par litre.

Pour déterminer la concentration en CO₂ d'un vin, les laboratoires d'œnologie analysent, par spectrophotométrie, les échantillons que leur fournissent les viticulteurs.

A l'aide d'un spectrophotomètre, l'absorbance de cet échantillon est mesurée pour une gamme de longueurs d'onde données (situées de part et d'autre du maximum d'absorption dû à la présence de CO₂). Ces mesures sont ensuite reportées sur un graphe constituant le spectre d'absorption de l'échantillon pour la gamme de longueurs d'onde choisie.

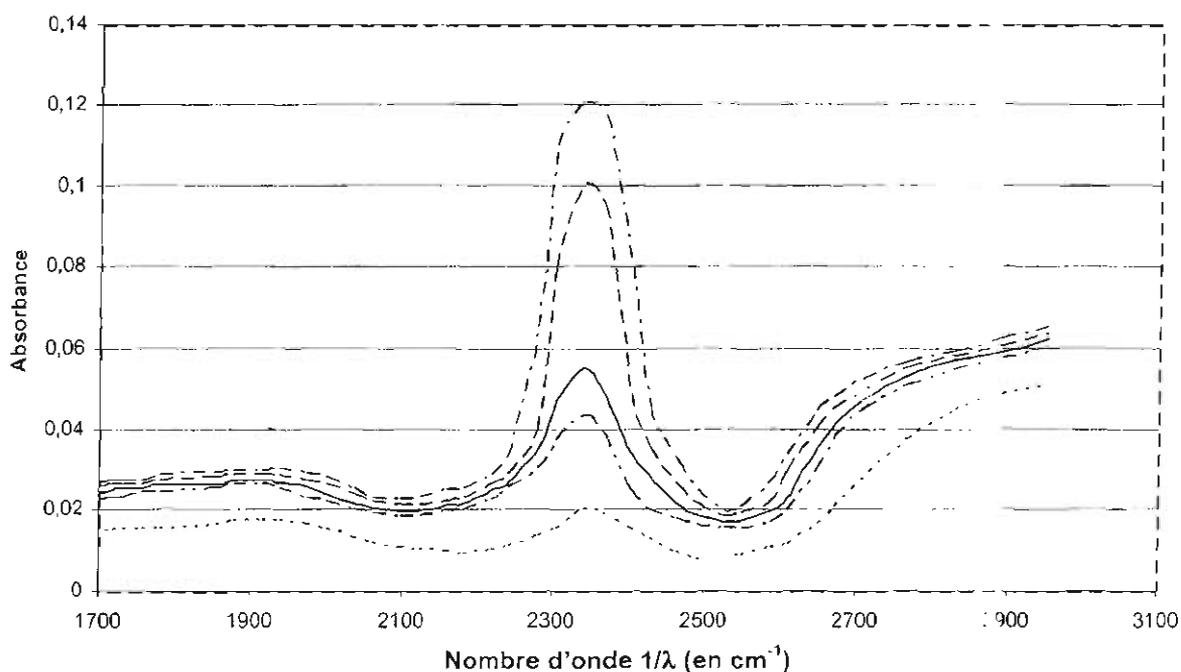
Dans tout cet exercice on considèrera que dans la gamme de longueurs d'onde choisies, seul le CO₂ absorbe.

Un élève cherche à déterminer la concentration en CO₂ d'un échantillon de vin. Il dispose pour cela de quatre autres échantillons de vin de concentrations en CO₂ connues :

Échantillon n° 1	C ₁ = 4,5 mmol.L ⁻¹
Échantillon n° 2	C ₂ = 10,4 mmol.L ⁻¹
Échantillon n° 3	C ₃ = 24,3 mmol.L ⁻¹
Échantillon n° 4	C ₄ = 29,5 mmol.L ⁻¹
Échantillon n° 5	C ₅ à déterminer

Il réalise le spectre d'absorption de chacun de ces échantillons et obtient le graphe de l'absorbance en fonction de l'inverse de la longueur d'onde (le nombre d'onde 1/λ) donné ci-dessous :

Spectre des échantillons n° 1 à 5



Légende : n°1 - - - - n°2 ——— n°3 - - - - n°4

1. On se place, pour chaque échantillon, au maximum d'absorption dû au CO_2 .
 - a) Déterminer graphiquement la valeur de l'absorbance pour le maximum d'absorption de chaque échantillon.
 - b) Tracer la courbe d'étalonnage $A = f(C)$ représentant l'absorbance de la solution en fonction de la concentration, en CO_2 de l'échantillon.
 - c) Quelle est l'allure de la courbe tracée à la question 1.b) ? Sans aucun calcul que peut-on en déduire ?

2. La loi de Beer-Lambert, pour des solutions homogènes diluées, a pour expression $A = \varepsilon \cdot L \cdot C$, où C est la concentration molaire de l'espèce absorbante, L la largeur de la cuve (pastille) et ε le coefficient d'extinction molaire de l'espèce absorbante à la longueur d'onde d'étude.
 - a) La courbe obtenue à la question 1.b) vous semble-t-elle en accord avec cette loi ?
 - b) Utiliser cette courbe pour déterminer la valeur du coefficient ε , en unité SI, sachant que $L = 3,5 \cdot 10^{-3}$ m.

3. a) A l'aide de la courbe, $A = f(C)$, déterminer la concentration en CO_2 de l'échantillon inconnu n° 5.
Expliciter clairement la démarche suivie.
 - b) Le vin contenu dans cet échantillon entre-t-il dans la catégorie des vins cités dans le texte (en ce qui concerne sa teneur en CO_2) ?

Données : $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

EXERCICE III : pH D'UN MÉLANGE (4 points)

Dans cet exercice, on se propose de calculer la valeur du pH d'un mélange de deux solutions de pH connus.

Données : $pK_{a1}(\text{HNO}_2 / \text{NO}_2^-) = 3,3$
 $pK_{a2}(\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-) = 3,8$
 $pK_e = 14,0$

I – ÉTUDE DE DEUX SOLUTIONS

Le pH d'une solution aqueuse d'acide nitreux $\text{HNO}_{2(aq)}$, de concentration en soluté apporté $C_1 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ a pour valeur $\text{pH}_1 = 1,3$; celui d'une solution aqueuse de méthanoate de sodium ($\text{HCOO}_{(aq)}^- + \text{Na}_{(aq)}^+$) de concentration en soluté apporté $C_2 = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$ a pour valeur $\text{pH}_2 = 8,7$.

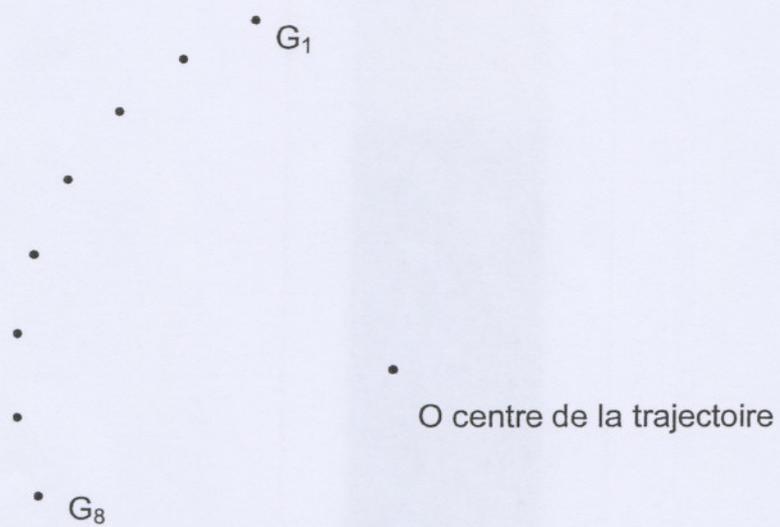
- Écrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'eau. Donner l'expression de sa constante d'équilibre.
 - Écrire l'équation de la réaction entre l'ion méthanoate et l'eau. Donner l'expression de sa constante d'équilibre.
- Sur l'axe des pH, donné en **annexe page 12 à rendre avec la copie**, placer les domaines de prédominance des deux couples acide/base mis en jeu.
 - Préciser l'espèce prédominante dans chacune des deux solutions précédentes.

II – ÉTUDE D'UN MÉLANGE DE CES SOLUTIONS

- On mélange un même volume $v = 200 \text{ mL}$ de chacune des deux solutions précédentes. La quantité de matière d'acide nitreux introduite dans le mélange est $n_1 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ et celle de méthanoate de sodium est $n_2 = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$.
 - Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors du mélange entre l'acide nitreux et l'ion méthanoate.
 - Exprimer, puis calculer, le quotient de réaction $Q_{r,i}$ associé à cette équation, dans l'état initial du système chimique.
 - Exprimer le quotient de réaction dans l'état d'équilibre $Q_{r,eq}$ en fonction des constantes d'acidité des couples puis la calculer.
 - Conclure sur le sens d'évolution de la réaction écrite en 3. a).
- Compléter le tableau d'avancement, donné en **annexe page 12 à rendre avec la copie**.
 - La valeur de l'avancement final, dans l'état d'équilibre, est : $x_{eq} = 3,3 \times 10^{-2} \text{ mol}$.
Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes à l'équilibre.
 - En déduire la valeur de $Q_{r,eq}$ et la comparer à la valeur obtenue à la question 1. c).
- A l'aide de l'un des couples intervenant dans le mélange, vérifier que la valeur du pH du mélange est proche de la valeur $\text{pH}_3 = 4$.

EXERCICE I : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 1



échelle : 1,0 cm pour 10 m

EXERCICE I : ANNEXES À RENDRE (SUITE)

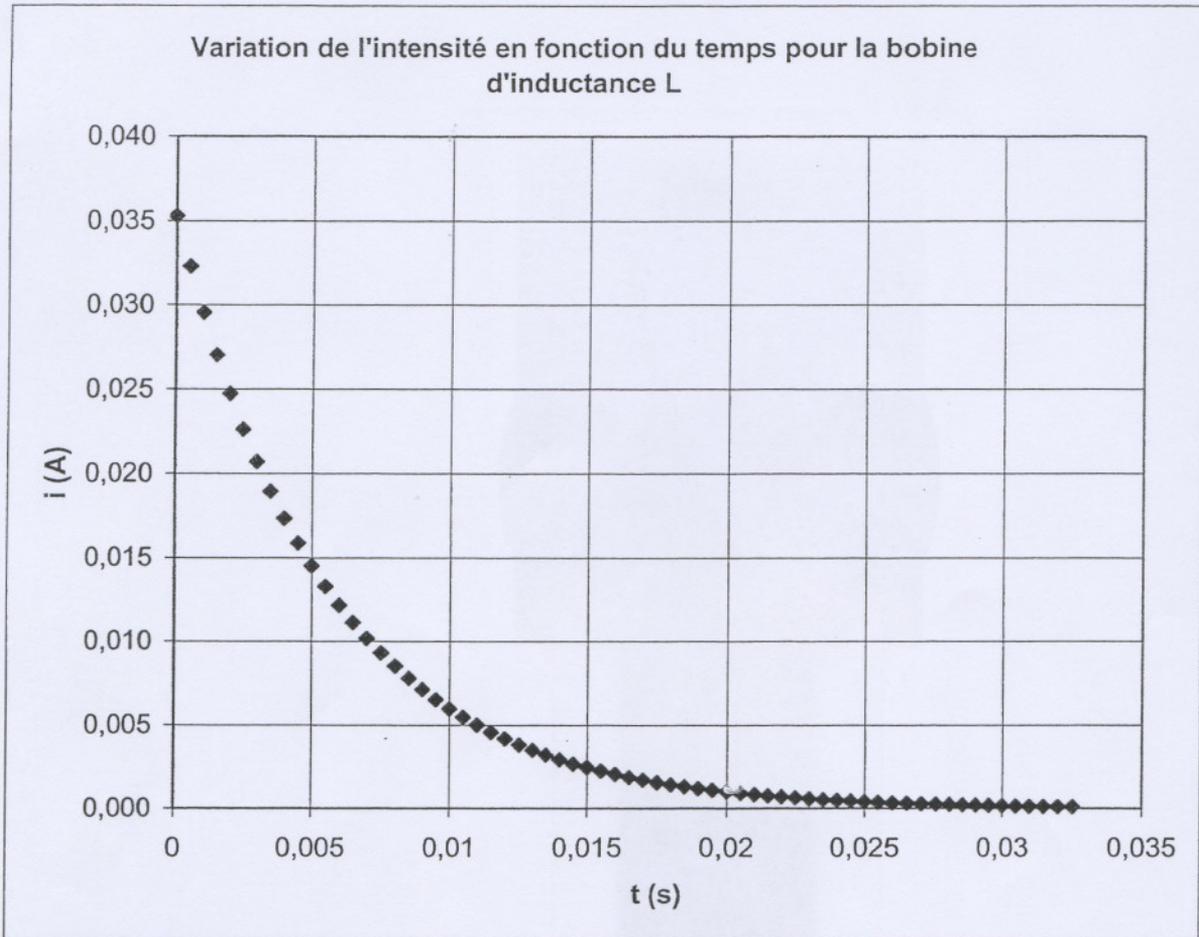


Figure 2

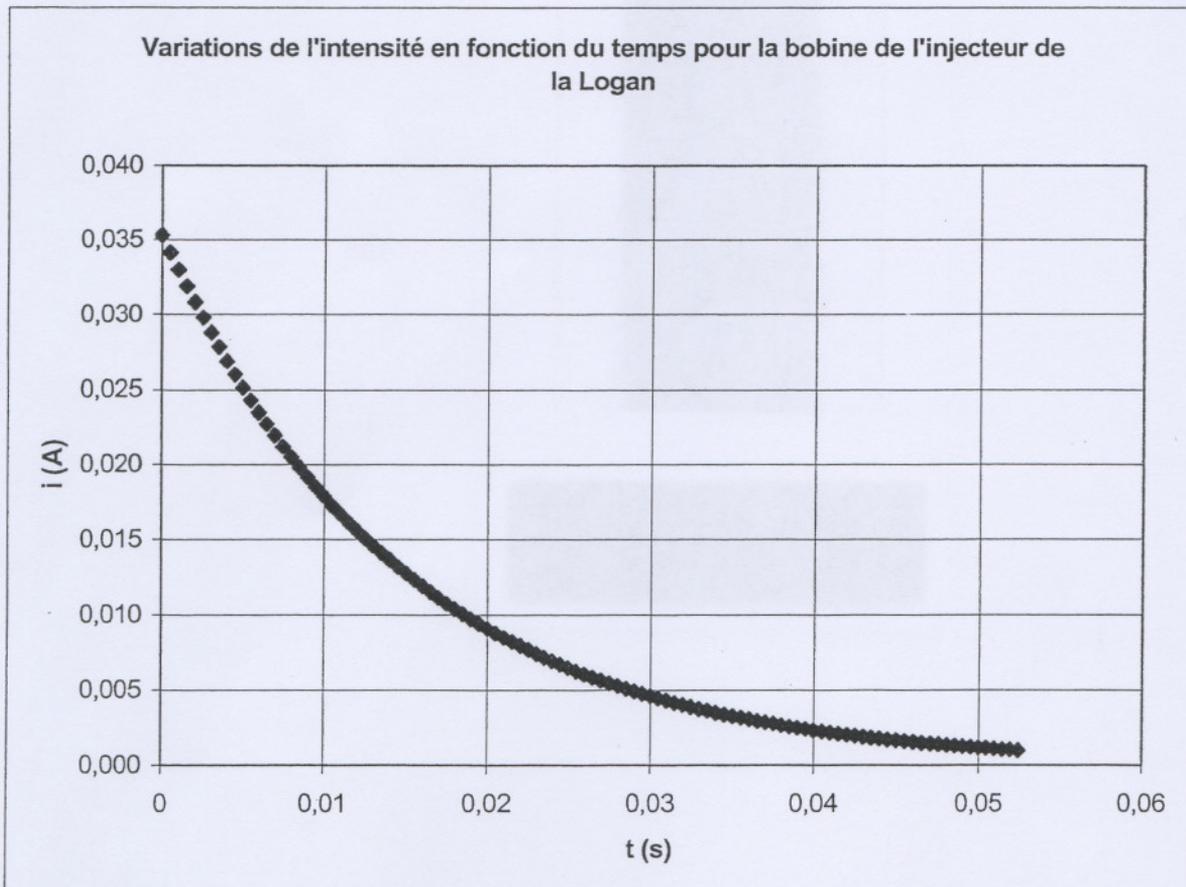
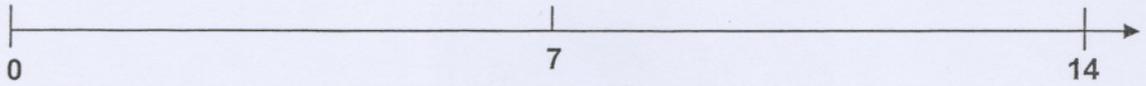


Figure 3

EXERCICE III : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Axe des pH



**Tableau d'avancement de la transformation
entre l'acide nitreux et le méthanoate de sodium**

Équation + = +				
État du système chimique	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
		$n(\text{HNO}_{2(\text{aq})})$	$n(\text{HCOO}^-_{(\text{aq})})$
État initial	$x = 0$	n_1	n_2		
État intermédiaire	x				
État d'équilibre	$x = x_{\text{eq}}$				

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, annexe comprise.

La feuille d'annexe (page 11) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. La radioactivité au service de l'archéologie (5,5 points)**
- II. Corrosion des gouttières (6,5 points)**
- III. Céramique et ultrasons (4 points)**

EXERCICE I. LA RADIOACTIVITÉ AU SERVICE DE L'ARCHÉOLOGIE (5,5 POINTS)

Isotope radioactif du carbone, le « carbone 14 » noté ^{14}C est formé continuellement dans la haute atmosphère. Il est très réactif et donne rapidement du « gaz carbonique » (dioxyde de carbone) qui, en quelques mois, se mélange avec l'ensemble du gaz carbonique de notre atmosphère. Il sera donc assimilé par les plantes au même titre que le gaz carbonique produit avec du carbone stable (les isotopes ^{12}C et ^{13}C). On le retrouvera donc comme constituant de la matière organique des animaux herbivores et carnivores. [...]

Vers 1950, le chimiste américain W. Libby a démontré [...] que tous les êtres vivants sont caractérisés

par le même rapport du nombre de noyaux de ^{14}C au nombre de noyaux de ^{12}C : $\frac{N(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})}$. En

conséquence, un gramme de carbone pur extrait d'un être vivant présente une activité due au ^{14}C , voisine de 13,6 désintégrations par minute, ce qui correspond à « un âge zéro ». Dans un animal ou un végétal mort (tronc d'arbre, coquille fossile, os... trouvé dans une caverne), le ^{14}C « assimilé » par l'animal ou la plante quand il était vivant, décroît exponentiellement en fonction du temps du fait de sa radioactivité à partir de l'instant de sa mort. La comparaison de cette activité résiduelle aux 13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile [...]. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du ^{14}C que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

J.C Duplessy et C. Laj

D'après une publication du CEA

Clefs CEA n°14 automne 1989

* On suppose que la valeur 13,6 désintégrations par minute, pour un organisme vivant, est restée constante au cours des derniers millénaires.

1. Désintégration du « carbone 14 »

On donne les numéros atomiques suivants : $Z = 6$ pour le carbone (C) et $Z = 7$ pour l'azote (N).

1.1. Pourquoi les noyaux de symboles $^{12}_6\text{C}$ et $^{13}_6\text{C}$ sont-ils appelés isotopes ?

1.2. Donner la composition du noyau de symbole $^{14}_6\text{C}$.

1.3. Le « carbone 14 » se désintègre « en azote 14 ».

Écrire l'équation de désintégration du « carbone 14 » en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité. S'agit-il d'une radioactivité α , β^+ ou β^- ?

2. Propriétés des désintégrations radioactives

2.1. Donner les caractéristiques des transformations radioactives en complétant les phrases du cadre fourni en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE** à l'aide des mots ou expressions proposés.

2.2. On propose trois expressions mathématiques pour représenter l'évolution du nombre N de noyaux de « carbone 14 » restant dans l'échantillon à la date t , λ étant la constante radioactive relative à la désintégration étudiée ($\lambda > 0$) :

(a) $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ (b) $N = N_0 - \lambda t$ (c) $N = N_0 \cdot e^{\lambda t}$

2.2.1. Dans chacune des trois expressions ci-dessus :

- Que vaut N à $t = 0$?
- Quelle est la limite de N quand t tend vers l'infini ?

En déduire l'expression à retenir parmi les propositions (a), (b) et (c), en justifiant.

2.2.2. L'activité $A = - \frac{dN}{dt}$ à l'instant de date t est donnée par la relation $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

Que représente A_0 ?

2.2.3. En s'aidant du texte, donner pour un échantillon de 1,0 g de carbone pur, extrait d'un être vivant, la valeur de A_0 .

2.2.4. À quel événement correspond « l'âge zéro » cité dans le texte ?

3. Datation au « carbone 14 »

Le temps de demi-vie de l'isotope ${}^{14}_6\text{C}$ est $t_{1/2} = 5,73 \times 10^3$ ans.

3.1. Qu'appelle-t-on temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif ?

3.2. Montrer que $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln 2$ à partir des réponses données aux questions 2.2.1. et 3.1.

3.3. Calculer la valeur de λ dans le cas du « carbone 14 », en gardant $t_{1/2}$ en années.

3.4. *Plusieurs articles scientifiques parus en 2004 relatent les informations apportées par la découverte d'Ötzi, un homme naturellement momifié par la glace et découvert, par des randonneurs, en septembre 1991 dans les Alpes italiennes.*

Pour dater le corps momifié, on a mesuré l'activité d'un échantillon de la momie. On a trouvé une activité égale à 7,16 désintégrations par minute pour une masse équivalente à 1,0 g de carbone pur.

Donner l'expression littérale de la durée écoulée entre la mort d'Ötzi et la mesure de l'activité de l'échantillon.

Calculer cette durée.

3.5. *À Obock (en République de Djibouti), des chercheurs ont étudié un corail vieux de $1,2 \times 10^5$ ans (soit cent vingt mille ans).*

D'après le texte, ce corail a-t-il pu être daté par la méthode utilisant le « carbone 14 » ? Justifier la réponse.

4. Choix du radioélément

4.1. *Pour dater des roches très anciennes, on utilise parfois la méthode potassium-argon. Le « potassium 40 », de demi-vie $1,3 \times 10^9$ ans, se transforme en « argon 40 ».*

Quel pourcentage de noyaux de « potassium 40 » reste-t-il dans une roche au bout de 4 fois le temps de demi-vie ?

4.2. *Comme il est indiqué dans le texte pour le « carbone 14 », on suppose que la teneur résiduelle minimale permettant d'effectuer une datation avec le « potassium 40 » est également de 1 % de la teneur initiale.*

En comparant l'âge de la Terre, qui est de $4,5 \times 10^9$ ans, à la demi-vie du « potassium 40 », préciser si la méthode de datation par le « potassium 40 » permet de mesurer l'âge de la Terre. Justifier la réponse.

EXERCICE II. CORROSION DES GOUTTIÈRES (6,5 points)

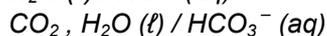
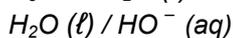
Les précipitations sont naturellement acides en raison du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. Par ailleurs, la combustion des matières fossiles (charbon, pétrole et gaz) produit du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote qui s'associent à l'humidité de l'air pour libérer de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique. Ces acides sont ensuite transportés loin de leur source avant d'être précipités par les pluies, le brouillard, la neige ou sous forme de dépôts secs. Très souvent, les pluies s'écoulant des toits sont recueillies par des gouttières métalliques, constituées de zinc.

Données :

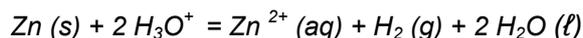
Masse molaire atomique du zinc : $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

Loi des gaz parfaits : $PV = nRT$

Couples acide / base :



Le zinc est un métal qui réagit en milieu acide selon la réaction d'équation :



1. Suivi cinétique de la transformation

Pour étudier cette transformation, considérée comme totale, on réalise l'expérience dont le schéma simplifié est représenté sur la figure 1.

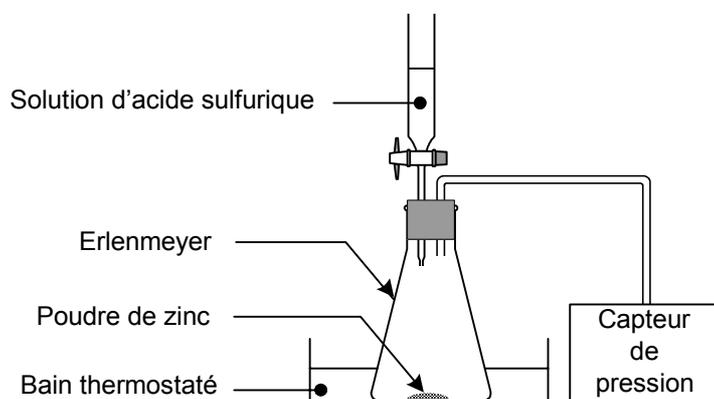


Figure 1

À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, on verse rapidement, sur $0,50 \text{ g}$ de poudre de zinc, $75,0 \text{ mL}$ de solution d'acide sulfurique de concentration en ions oxonium H_3O^+ égale à $0,40 \text{ mol.L}^{-1}$.

La pression mesurée à cet instant par le capteur est $P_i = 1020 \text{ hPa}$.

La formation de dihydrogène crée une surpression qui s'additionne à la pression de l'air initialement présent.

Les valeurs de la pression, mesurée à différentes dates par le capteur de pression, sont reportées dans le tableau page suivante :

<i>t</i> (min)	0	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0
<i>P</i> (hPa)	1020	1030	1060	1082	1101	1120	1138	1172	1215	1259	1296	1335

<i>t</i> (min)	45,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	110,0	140,0	160,0	190,0	240,0	300,0
<i>P</i> (hPa)	1413	1452	1513	1565	1608	1641	1697	1744	1749	1757	1757	1757

1.1. Compléter le tableau d'évolution du système en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE**.

1.2. En déduire la valeur de l'avancement maximal x_{\max} . Quel est le réactif limitant ?

1.3. On considère que le dihydrogène libéré par la réaction est un gaz parfait. À chaque instant la surpression $(P - P_i)$ est proportionnelle à la quantité $n(H_2)$ de dihydrogène formé et inversement proportionnelle au volume V_{gaz} de gaz contenu dans l'erenmeyer : $(P - P_i)V_{\text{gaz}} = n(H_2)RT$, où P_i représente la pression mesurée à la date $t = 0$ s, P la pression mesurée par le capteur et T la température du milieu (maintenue constante pendant l'expérience).

1.3.1. Quelle est la relation donnant l'avancement x de la réaction en fonction de $(P - P_i)$, V_{gaz} , R et T ?

1.3.2. On note P_{\max} la pression mesurée à l'état final.

Écrire la relation donnant l'avancement x_{\max} en fonction de P_{\max} , P_i , V_{gaz} , R et T .

En déduire la relation donnant l'avancement x : $x = x_{\max} \left(\frac{P - P_i}{P_{\max} - P_i} \right)$

La courbe donnant l'évolution de l'avancement x en fonction du temps est représentée sur la figure 2 en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE**.

1.3.3. Vérifier à l'aide de la courbe la valeur de x_{\max} trouvée au 1.2.

1.3.4. À l'aide du tableau des résultats, déterminer la valeur de l'avancement à la date $t = 50,0$ min. Vérifier cette valeur sur la courbe.

1.4. Comment peut-on déduire de la figure 2 l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours de la transformation chimique étudiée ?

Décrire qualitativement cette évolution.

On rappelle l'expression de la vitesse volumique de la réaction : $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$; V est le volume de la solution, supposé constant durant l'expérience.

2. Facteurs cinétiques

2.1. Influence de la concentration en ions oxonium

On reprend le montage précédent (figure 1) et on réalise les trois expériences suivantes :

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50 g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	poudre	poudre
Volume de la solution d'acide sulfurique versée	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L ⁻¹	0,25 mol.L ⁻¹	0,40 mol.L ⁻¹

Pour chacune des expériences 1, 2 et 3, on a tracé sur la figure 3 ci-dessous les trois courbes (a), (b) et (c) représentant l'avancement de la réaction lors des 50 premières minutes.

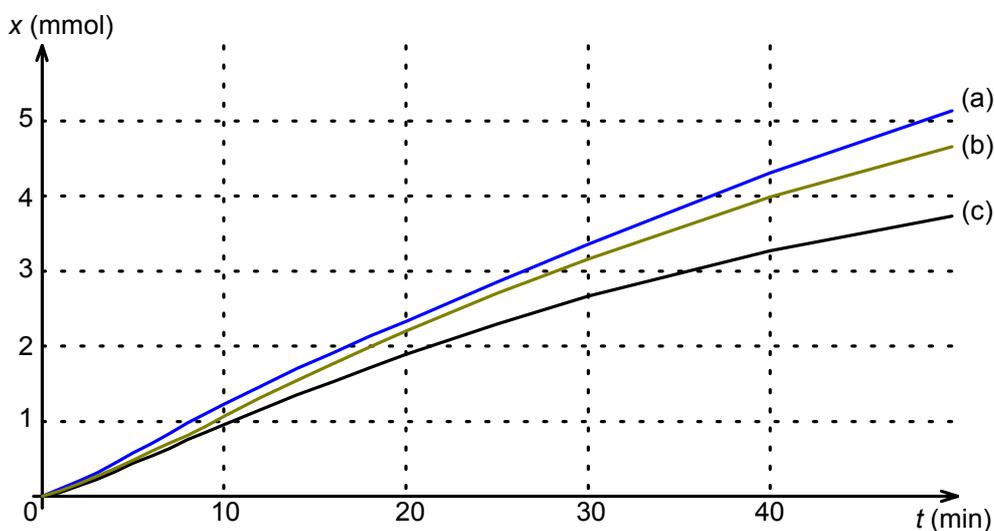


Figure 3

Associer à chacune des courbes de la figure 3 le numéro de l'expérience 1, 2 ou 3 correspondante. Justifier.

2.2. Influence de la forme du zinc (division et état de surface)

On reprend le montage de la figure 1 et on réalise trois nouvelles expériences :

- avec de la poudre de zinc ;
- avec de la grenaille de zinc récemment fabriquée ;
- avec de la grenaille de zinc de fabrication ancienne.

	Expérience 4	Expérience 5	Expérience 6
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50 g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	grenaille	grenaille de zinc de fabrication ancienne recouverte d'une couche de carbonate de zinc
Volume de la solution d'acide sulfurique versé	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L ⁻¹	0,50 mol.L ⁻¹	0,50 mol.L ⁻¹

On trace les courbes $x = f(t)$ pour les trois expériences et on obtient la figure 4 page suivante :

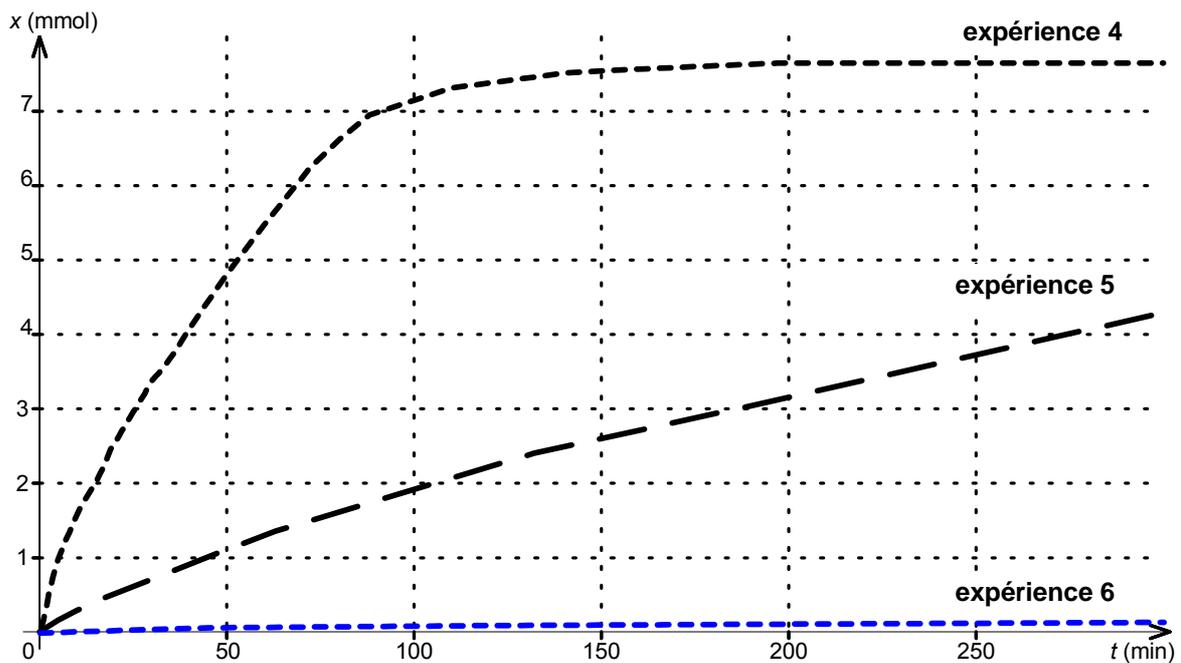


Figure 4

2.2.1. À partir des courbes obtenues lors des expériences 4 et 5, indiquer quelle est l'influence de la surface du zinc en contact avec la solution sur la vitesse de réaction.

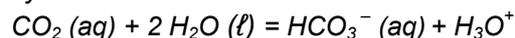
2.2.2. *En milieu humide, le zinc se couvre d'une mince couche de carbonate de zinc qui lui donne un aspect patiné.*

À partir des courbes obtenues, indiquer quelle est l'influence de cette couche de carbonate de zinc sur la vitesse de réaction.

3. Pluies acides et gouttières

Les précipitations naturelles et non polluées ont un pH acide. Leur acidité est due au dioxyde de carbone qui se dissout dans l'eau.

L'équation entre l'eau et le dioxyde de carbone s'écrit :



En France le pH moyen annuel des eaux de pluie est de l'ordre de 5.

3.1. À partir de la valeur du pH citée ci-dessus, déterminer la valeur moyenne de la concentration en ions oxonium H_3O^+ rencontrés dans les eaux de pluie.

3.2. Les trois facteurs cinétiques étudiés dans la question 2. permettent-ils d'expliquer la longévité des gouttières en zinc dans les habitations ?

EXERCICE III. CÉRAMIQUES ET ULTRASONS (4 POINTS)

Les ultrasons sont utilisés dans de nombreux domaines de la vie courante : échographie, détecteurs de présence dans les alarmes, etc. Les émetteurs et les récepteurs d'ultrasons sont fréquemment constitués de céramiques piézoélectriques.

Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes.

1. Émission et propagation de l'onde ultrasonore produite par une céramique piézoélectrique

Lorsqu'on applique une tension sinusoïdale d'amplitude suffisante et de fréquence appropriée entre les deux faces métallisées et opposées d'une céramique piézoélectrique, elle se met à vibrer. Lorsque la céramique entre en résonance elle émet des ultrasons.

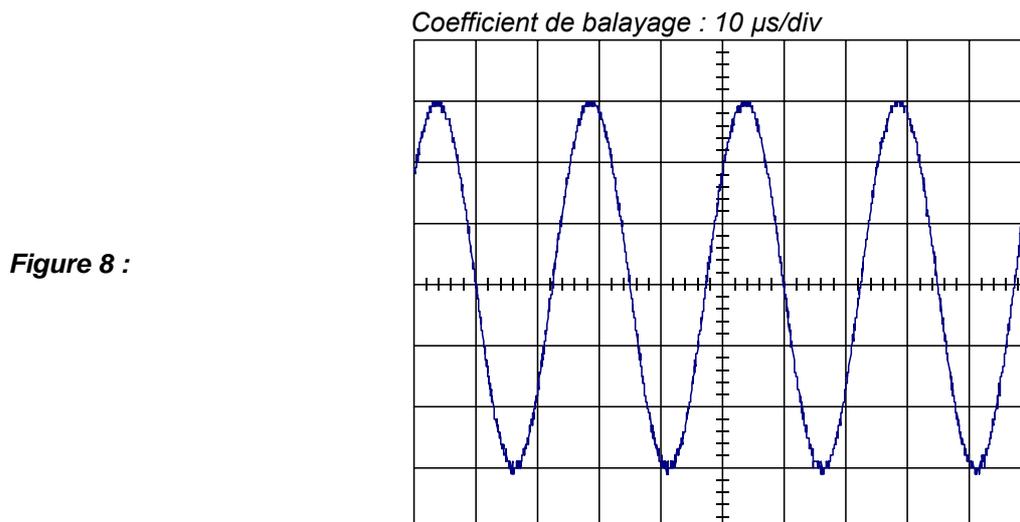
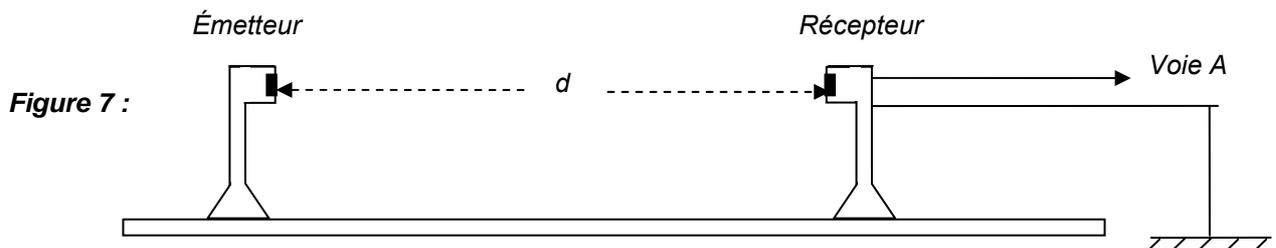
La fréquence des ultrasons émis est égale à la fréquence de vibration de la céramique émettrice.

1.1. Propagation des ondes ultrasonores

On réalise le montage schématisé figure 7. Le récepteur, constitué d'une céramique réceptrice, est placé à une distance d , face à la céramique émettrice.

Une tension de même fréquence que les ultrasons reçus apparaît aux bornes de la céramique réceptrice. On visualise cette tension sur la voie A d'un oscilloscope. L'oscillogramme obtenu est représenté sur la figure 8. Le coefficient de balayage est égal à $10 \mu\text{s} / \text{div}$ et la sensibilité verticale à $0,2 \text{ V} / \text{div}$.

On rappelle que la célérité des ultrasons dans l'air est $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ dans les conditions de l'expérience.



- 1.1.1. Déterminer la période T et la fréquence f de la tension observée à l'oscilloscope.
- 1.1.2. En déduire la fréquence f_u des ultrasons. Justifier.
- 1.1.3. Donner l'expression littérale puis la valeur de la longueur d'onde λ des ultrasons dans l'air.

1.2. Résonance de la céramique émettrice

Pour une valeur appropriée de la fréquence de la tension sinusoïdale appliquée, son amplitude restant constante, la céramique émettrice entre en résonance. La tension sinusoïdale joue alors le rôle d'un excitateur et la céramique celui d'un résonateur.

1.2.1. Que peut-on dire de la valeur de la fréquence de la tension excitatrice à la résonance ?

1.2.2. Décrire qualitativement le phénomène de résonance en ce qui concerne l'amplitude de vibration de la céramique.

2. Oscillations libres dans un circuit RLC série

Pour étudier les conditions d'obtention d'oscillations électriques libres à la fréquence propre $f_0 = 40 \text{ kHz}$, on réalise le circuit schématisé figure 9. Un oscilloscope à mémoire permet d'enregistrer la tension aux bornes du condensateur. L'oscillogramme est représenté sur la figure 10.

La bobine a une inductance de valeur $L = 1,0 \text{ mH}$; R est la résistance totale du circuit.

Le condensateur est initialement chargé sous une tension $U_C = 4,0 \text{ V}$.

À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur K .

Figure 9 :

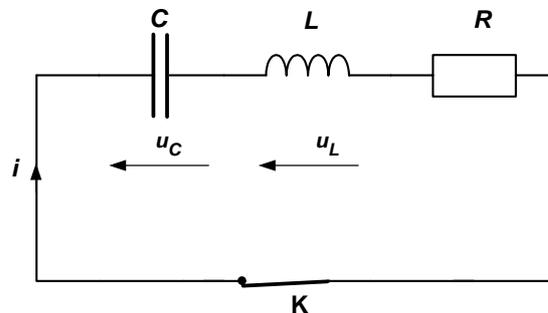
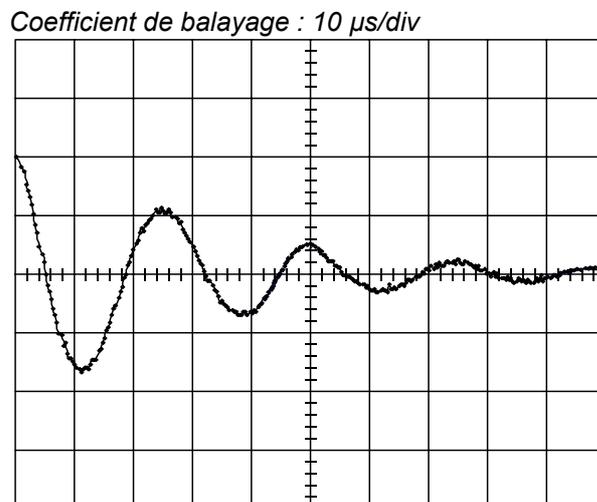


Figure 10 :



2.1. Comment appelle-t-on le type de régime correspondant à la figure 10 ?

2.2. Interpréter en termes d'énergie l'amortissement des oscillations que l'on observe.

2.3. Comment peut-on éviter l'amortissement des oscillations, sachant que la résistance du circuit ne peut pas être nulle ?

2.4. Dire si les affirmations ci-dessous concernant les oscillations libres d'un dipôle RLC sont vraies ou fausses. Commenter brièvement.

AFFIRMATION 1 : En augmentant la résistance R d'un dipôle RLC on observera toujours des oscillations amorties.

AFFIRMATION 2 : La valeur de la période propre d'un dipôle RLC dépend de la charge initiale du condensateur.

2.5. Détermination de la capacité du condensateur

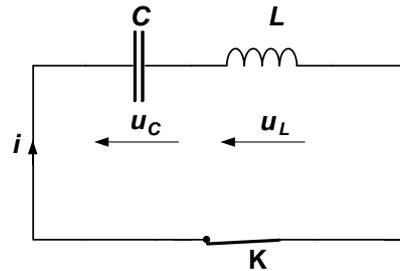
Dans le cas étudié, l'amortissement est assez faible pour pouvoir confondre la pseudo-période du dipôle RLC avec la période propre T_0 du dipôle LC (L et C ayant les mêmes valeurs respectives dans les deux cas).

2.5.1. On considère le circuit LC représenté à la figure 11. L'interrupteur K est ouvert et la tension aux bornes du condensateur est égale à U_0 . À l'instant de date $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur K .

Après avoir établi l'expression de l'intensité i du courant en fonction de la tension u_C , montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur est :

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C = 0$$

Figure 11 :



2.5.2. La solution de cette équation différentielle peut s'écrire $u_C(t) = U_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$.

En déduire, en utilisant l'équation différentielle, l'expression littérale de la période propre T_0 du circuit.

2.5.3. Calculer la valeur à donner à la capacité C du condensateur de manière à obtenir des oscillations à la fréquence $f_0 = 40$ kHz.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

2.1.1.	La transformation radioactive d'un noyau possède un caractère..... Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique
2.1.2.	La désintégration d'un noyau celle d'un noyau voisin Expressions proposées : • n'affecte pas • modifie • est perturbée par
2.1.3.	Un noyau « âgé » a de se désintégrer qu'un noyau « jeune ». Expressions proposées : • plus de chances • moins de chances • autant de chances
2.1.4.	L'évolution d'une population d'un grand nombre de noyaux radioactifs possède un caractère..... Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 1.1.

Tableau d'évolution du système

Equation chimique		$\text{Zn (s)} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ = \text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\ell)$				
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
Etat initial	0	$n(\text{Zn})_i$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)_i$	0	0	en excès
Etat en cours de transformation	x					en excès
Etat final	x_{max}					en excès

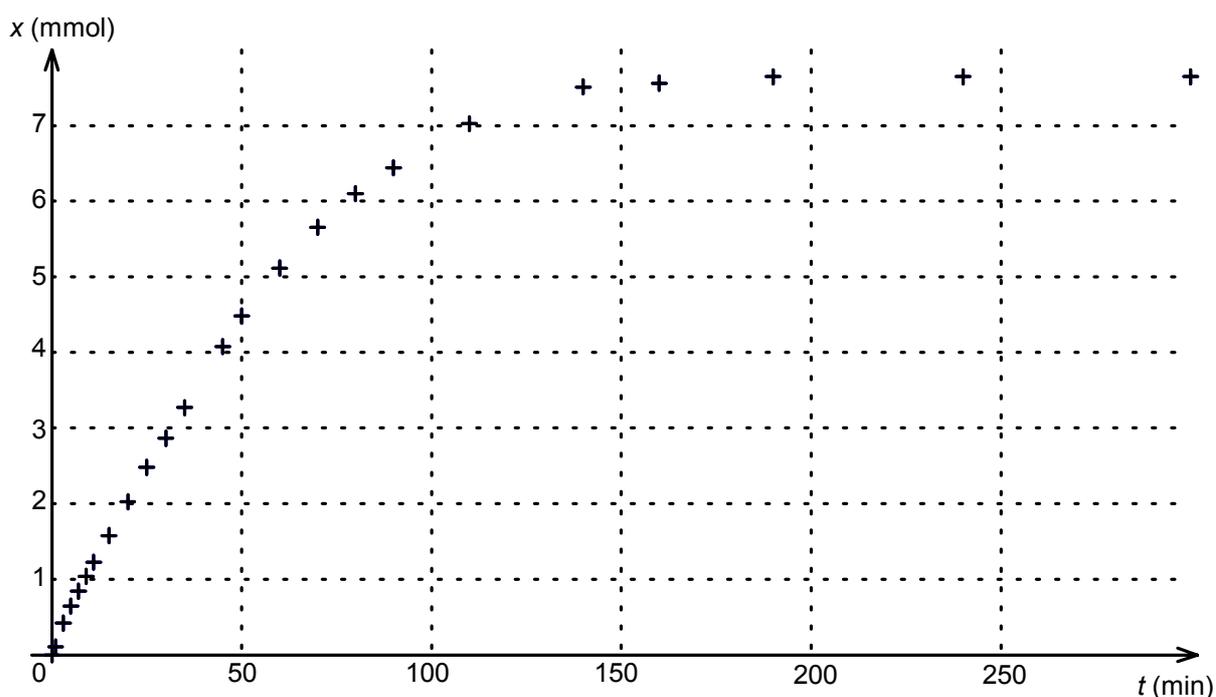


Figure 2

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13 y compris celle-ci.

Les pages annexes 9/13, 10/13, 11/13, 12/13 et 13/13 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

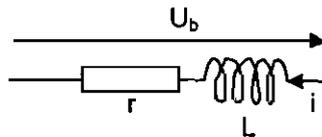
Exercice I	:	Résistance d'une bobine réelle	6 points
Exercice II	:	Où il est question de la lumière	6 points
Exercice III	:	Hydrolyse d'un ester	4 points

EXERCICE I : RÉSISTANCE D'UNE BOBINE RÉELLE (6 points)

Dans tout l'exercice, on tiendra compte de la précision des données afin d'exprimer les résultats numériques en accord avec cette précision.

Un étudiant, curieux, veut vérifier la valeur de la résistance r d'une bobine réelle d'inductance 250 mH, modélisée sous forme d'un dipôle (r, L) en série. La tension en fonction du temps dans le cas général d'un courant électrique d'intensité $i(t)$ aux bornes d'une telle bobine est donnée par la relation :

$$u_b = r.i + L \cdot \frac{di}{dt}$$



Il dispose de tout le matériel souhaitable et procède à plusieurs essais.

A - EN RÉGIME PERMANENT

Pour mesurer la valeur de r , l'étudiant réalise un circuit comportant un générateur de tension continue de valeur $E = 6,0$ V de résistance interne négligeable, un ampèremètre numérique, un voltmètre numérique, des fils de connexion et la bobine à étudier.

1. Compléter le schéma du circuit en indiquant les positions de l'ampèremètre et du voltmètre (**annexe page 9 à rendre avec la copie**). Faire figurer la tension $U_g = E$ (tension aux bornes du générateur) ainsi que la tension $U_b =$ (tension aux bornes de la bobine). On négligera la tension aux bornes de l'ampèremètre.
2. Les mesures des appareils donnent $U_b = 5,95$ V et $I_b = 410$ mA. En déduire la valeur r_1 de la résistance de la bobine dans ce cas particulier. Justifiez votre démarche.

B - EN RÉGIME TRANSITOIRE

L'étudiant modifie le montage précédent auquel il ajoute une résistance $R' = 10,0$ Ω en série.

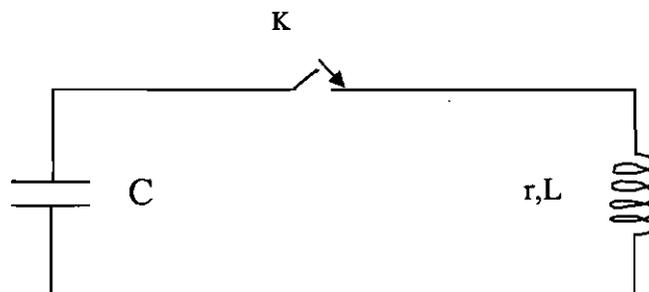
Il remplace les appareils de mesure par un système d'acquisition informatisé qui lui donne les variations de $i(t)$ obtenues à la fermeture de l'interrupteur. La tension du générateur reste fixe et égale à 6,00 V.

1. Quel est alors le phénomène observé dans le circuit ?
2. Sur le schéma du circuit modifié (**annexe page 9 à rendre avec la copie**), indiquer comment brancher le système d'acquisition (voie d'entrée et voie de référence) afin d'obtenir une tension proportionnelle à l'intensité du courant dans le circuit. Justifier votre réponse.
3. Déterminer la valeur de la constante de temps τ à partir du document obtenu par le système d'acquisition. Détailler clairement la méthode utilisée sur le graphe donné en **annexe page 9 à rendre avec la copie**.

4. 4.1. La valeur de τ de ce circuit est égale au rapport $\frac{L}{R}$ où R représente la résistance électrique totale du circuit. Donner l'expression littérale de τ en fonction des paramètres du circuit et vérifier par une analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps.
- 4.2. La bobine ayant une inductance $L = 250 \text{ mH}$, déduire la valeur r_2 de sa résistance.
5. On considère que l'intensité $i(t)$ atteint la valeur limite $I_\infty = 240 \text{ mA}$ au bout d'une durée 5 fois supérieure à τ .
 - 5.1. Quel est alors le régime de fonctionnement de la bobine ?
 - 5.2. Exprimer r , résistance de la bobine en fonction de E , I_∞ et R' . Calculer sa valeur r_3 .
6. Les trois valeurs r obtenues dans les parties A et B sont-elles cohérentes entre elles ?

C - EN RÉGIME OSCILLATOIRE

Cette bobine est branchée aux bornes d'un condensateur de capacité $C = 4 \mu\text{F}$, préalablement chargé par un circuit annexe non représenté, selon le schéma ci-dessous :



1. 1.1. Rappeler l'expression littérale de la période propre T_0 d'un oscillateur LC.
- 1.2. Calculer la valeur de cette période T_0 .
2. 2.1. On branche un oscilloscope aux bornes du condensateur et on observe sur l'écran des oscillations pseudo-périodiques de pseudo-période T . Interpréter l'amortissement des oscillations.
- 2.2. On constate, avec une base de temps de 2 millisecondes par division, que 2 pseudo-périodes occupent entre 6,2 et 6,4 divisions. Donner un encadrement de la pseudo-période T ainsi mesurée.
- 2.3. Comparer ce résultat à T_0 .

EXERCICE II : OÙ IL EST QUESTION DE LUMIÈRE... (6 points)

Les parties A et B peuvent être traitées de façon indépendante

PARTIE A

Un faisceau de lumière, parallèle monochromatique, de longueur d'onde λ produit par une source laser arrive sur un fil vertical, de diamètre a (a est de l'ordre du dixième de millimètre). On place un écran à une distance D de ce fil ; la distance D est grande devant a (cf. **figure 1**).

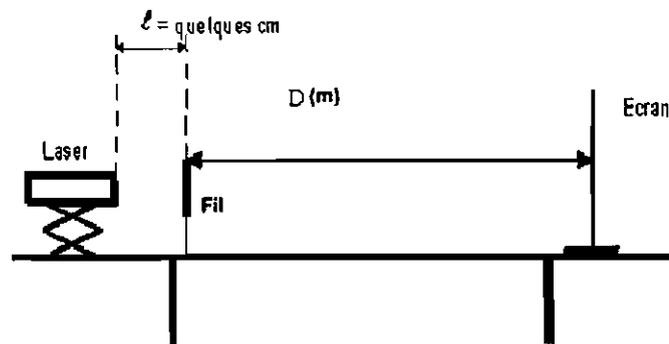


Figure 1

1. La **figure 2 de l'annexe page 10** à rendre avec la copie présente l'expérience vue de dessus et la figure observée sur l'écran.
Quel enseignement sur la nature de la lumière ce phénomène apporte-t-il ? Nommer ce phénomène .
2. Faire apparaître sur la **figure 2 de l'annexe page 10** l'écart angulaire ou demi-angle de diffraction θ et la distance D entre l'objet diffractant (en l'occurrence le fil) et l'écran.
3. En utilisant la **figure 2 de l'annexe page 10** exprimer l'écart angulaire θ en fonction des grandeurs L et D sachant que pour de petits angles exprimés en radian : $\tan \theta \approx \theta$
4. Quelle expression mathématique lie les grandeurs θ , λ et a ? (On supposera que la loi est la même que pour une fente de largeur a). Préciser les unités respectives de ces grandeurs physiques.
5. En utilisant les résultats précédents, montrer que la largeur L de la tâche centrale de diffraction s'exprime par :

$$L = 2 \cdot \frac{\lambda \cdot D}{a}$$

6. On dispose de deux fils calibrés de diamètres respectifs $a_1 = 60 \mu\text{m}$ et $a_2 = 80 \mu\text{m}$.
On place successivement ces deux fils verticaux dans le dispositif présenté par la **figure 1**. On obtient sur l'écran deux figures de diffraction distinctes notées A et B (cf. **figure 3 annexe page 10**). Associer, en le justifiant, à chacun des deux fils la figure de diffraction qui lui correspond.

On cherche maintenant à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière monochromatique émise par la source laser utilisée.

Pour cela, on place devant le faisceau laser des fils calibrés verticaux.

On désigne par « a » le diamètre d'un fil. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance $D = 2,50$ m des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tâche centrale de diffraction.

On trace la courbe $L = f(1/a)$ (cf. **figure 4, annexe page 10**)

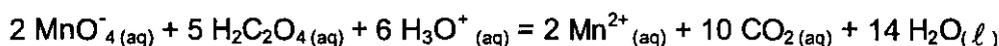
7. La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?
8. Montrer que l'allure de la courbe $L = f(1/a)$ obtenue est en accord avec l'expression de L donnée en 5.
9. Donner l'équation de la courbe $L = f(1/a)$ et en déduire la longueur d'onde λ dans le vide de la lumière monochromatique constitutive du faisceau laser utilisé.
10. Calculer la fréquence de la lumière monochromatique émise par la source laser.
11. On éclaire avec cette source laser un verre flint d'indice $n(\lambda) = 1,64$.
À la traversée de ce milieu transparent dispersif, les valeurs de la fréquence, de la longueur d'onde et la couleur associées à cette radiation varient-elles ?

Donnée : célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.

PARTIE B

On étudie la cinétique de la réaction, en solution aqueuse, entre les ions permanganate, de formule MnO_4^- (aq), et l'acide éthanedioïque, ou acide oxalique de formule $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (aq).

L'équation associée à la réaction, considérée comme totale, modélisant la transformation chimique étudiée s'écrit :



On suit l'évolution du système chimique par spectrophotométrie.

En solution aqueuse, les ions permanganate absorbent une partie des radiations du spectre visible contrairement à toutes les autres espèces chimiques présentes dans le milieu réactionnel qui n'interagissent pas avec la lumière visible.

Le spectrophotomètre est réglé sur la longueur d'onde λ dans l'air de l'une des radiations absorbées par les ions permanganate. Il permet de mesurer l'absorbance A_λ de la solution du milieu réactionnel.

L'absorbance A_λ de la solution est une grandeur qui est proportionnelle à la concentration effective des ions permanganate, soit :

$$A_\lambda(t) = k \cdot [\text{MnO}_4^- \text{(aq)}](t)$$

1. Radiation lumineuse et suivi spectrophotométrique

Le spectre d'absorption $A = f(\lambda)$ d'une solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $[\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ en ions effectivement présents en solution est donné **figure 5 de l'annexe page 11**.

- 1.1. Dans quel intervalle de longueurs d'onde l'absorbance est-elle significative ?
Quelle est la couleur de la solution ?
- 1.2. Un laser de longueur d'onde 540 nm serait-il adapté pour l'étude spectrophotométrique de la transformation ?

On introduit dans la cuve du spectrophotomètre, un volume $V_1 = 1,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium de concentration effective en ions permanganate

$$[\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.$$

À la date $t_0 = 0 \text{ min}$, on ajoute un volume $V_2 = 1,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide oxalique de concentration effective en acide oxalique $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]_{(\text{aq})} = 12,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le spectrophotomètre mesure l'absorbance du milieu réactionnel en fonction du temps (cf. **figure 6, annexe page 11**).

2. Absorbance et cinétique chimique

- 2.1. En regard de la transformation chimique réalisée et de la réaction qui la modélise, justifier l'évolution de l'absorbance du milieu réactionnel au cours du temps.
- 2.2. Déterminer les quantités de matière initiales des ions permanganate et d'acide oxalique.
- 2.3. A l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer l'avancement maximal en supposant les ions $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ en large excès.

Le graphe donnant l'évolution de l'avancement au cours du temps se trouve dans la **figure 7 de l'annexe page 12**.

- 2.4. On rappelle que la vitesse volumique de la réaction est donnée par l'expression :

$$v(t) = \frac{1}{V_{\text{mel}}} \times \frac{dx}{dt} \quad \text{où } V_{\text{mel}} \text{ représente le volume du mélange réactionnel.}$$

- a) Comment peut-on évaluer la vitesse volumique à une date t ?
 - b) Comment évolue la vitesse volumique de cette transformation ?
- 2.5. Définir le temps de demi réaction $t_{1/2}$.
 - 2.6. Déterminer graphiquement $t_{1/2}$.

EXERCICE III : HYDROLYSE D'UN ESTER (4 points)

L'éthanoate de 3-méthylbutyle dont la saveur et l'odeur sont celles de la banane, est utilisé comme additif alimentaire. On souhaite étudier son hydrolyse. On dissout pour cela 15 mL d'éthanoate de 3-méthylbutyle dans la quantité d'eau nécessaire pour obtenir un mélange réactionnel initial de volume 50 mL.

1. La formule semi-développée de l'éthanoate de 3-méthylbutyle est donnée à la figure 1 de l'annexe page 13 à rendre avec la copie.
Faire apparaître le groupe caractéristique de cette molécule et indiquer à quelle famille de composés elle appartient.
2. Ecrire l'équation associée à la réaction modélisant la transformation d'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle.
3. Préciser le nom de chacune des espèces chimiques obtenues lors de l'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle.
Donner la formule semi-développée de chacune de ces molécules, faire apparaître le groupe caractéristique de celle-ci et indiquer à quelle famille de composés elle appartient.

On répartit le milieu réactionnel initial dans 10 bechers.

À la date $t_0 = 0$, tous les bechers contiennent le même volume $V = 5,0$ mL de cette solution et sont placés dans un bain thermostaté. À une date t , on prélève l'un de ces bechers que l'on place dans un bain d'eau glacée.

On dose l'acide formé lors de l'hydrolyse, par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire C_b en soluté apporté. Ce dosage s'effectue en présence d'un indicateur coloré acido-basique. On note, V_{B_e} , le volume de solution titrante versé au changement de couleur de l'indicateur acido-basique. (On dose à froid pour éviter la réaction de saponification de l'ester).

On obtient les résultats suivants :

t(min)	0	10	20	30	40	50	60	90	120
V_{B_e} (mL)	0	3,8	6,8	9,0	10,8	12,2	13,6	15,6	16,8

4. Titrage de l'acide formé.

- 4.1. Écrire l'équation associée à la réaction acido-basique de titrage.
- 4.2. Exprimer et calculer la constante d'équilibre K de cette réaction de titrage.
- 4.3. La transformation est supposée totale.
 - 4.3.1. Définir l'équivalence d'une réaction de titrage.
 - 4.3.2. À l'équivalence de la réaction de titrage, exprimer la quantité de matière n_A d'acide présent à la date t dans le becher titré en fonction de C_B et V_{B_e} .
 - 4.3.3. En déduire la quantité de matière n d'acide qui se serait formé dans le milieu réactionnel initial à la même date en fonction de C_B et V_{B_e} .

La courbe $n = f(t)$ (**figure 3, annexe page 13**) rend compte des variations de la quantité de matière n d'acide formé dans le milieu réactionnel en fonction du temps.

5. Réaction d'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle

- 5.1. Rappeler les caractéristiques d'une telle réaction d'hydrolyse.
- 5.2. Calculer les quantités de matières initiales respectivement notées $n_{0\text{ester}}$ et $n_{0\text{eau}}$ en réactifs mis en présence.
- 5.3. Compléter le tableau d'avancement relatif à la réaction d'hydrolyse réalisée (cf. **figure 2, annexe page 13**). **Il n'est pas demandé de calculer les quantités de matière finales.**

6. Équilibre et réaction d'estérification hydrolyse

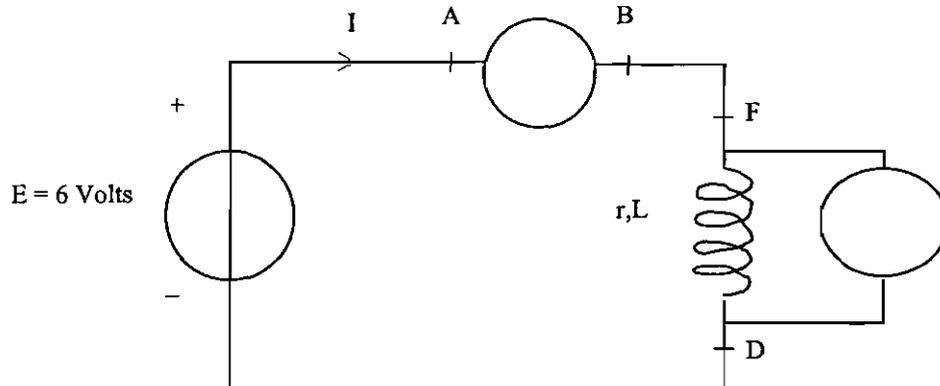
On considère que la réaction est terminée à $t = 120$ min.

- 6.1. A la date $t = 120$ min, calculer le taux d'avancement final τ_1 de cette réaction d'hydrolyse à l'aide de la courbe $n = f(t)$ (cf. **figure 3, annexe page 13**).
- 6.2. Comment peut-on augmenter le taux d'avancement final de la réaction d'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle ?

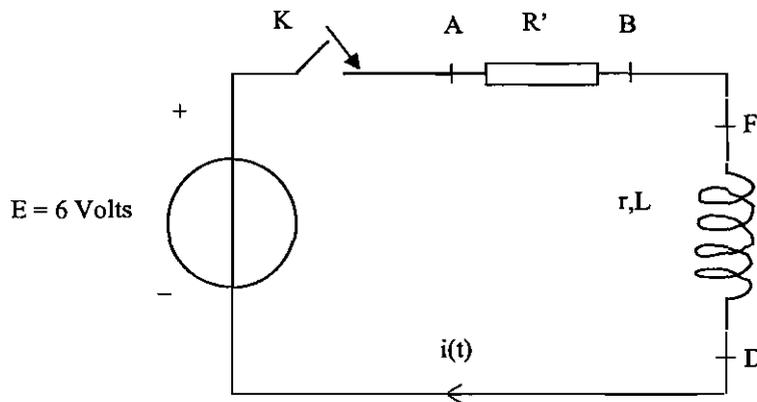
Données : $M(\text{éthanoate de 3-méthylbutyle}) = 130 \text{ g.mol}^{-1}$
 $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g.mol}^{-1}$
 $\rho(\text{éthanoate de 3-méthylbutyle}) = 0,87 \text{ g.mL}^{-1}$
 $\rho(\text{eau}) = 1,0 \text{ g.mL}^{-1}$
Constante d'acidité du couple $(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} / \text{CH}_3\text{CO}_2^-)$ à 25°C : $K_A = 1,8 \times 10^{-5}$
Produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$

EXERCICE I : ANNEXE à rendre avec la copie

Question A) 1.

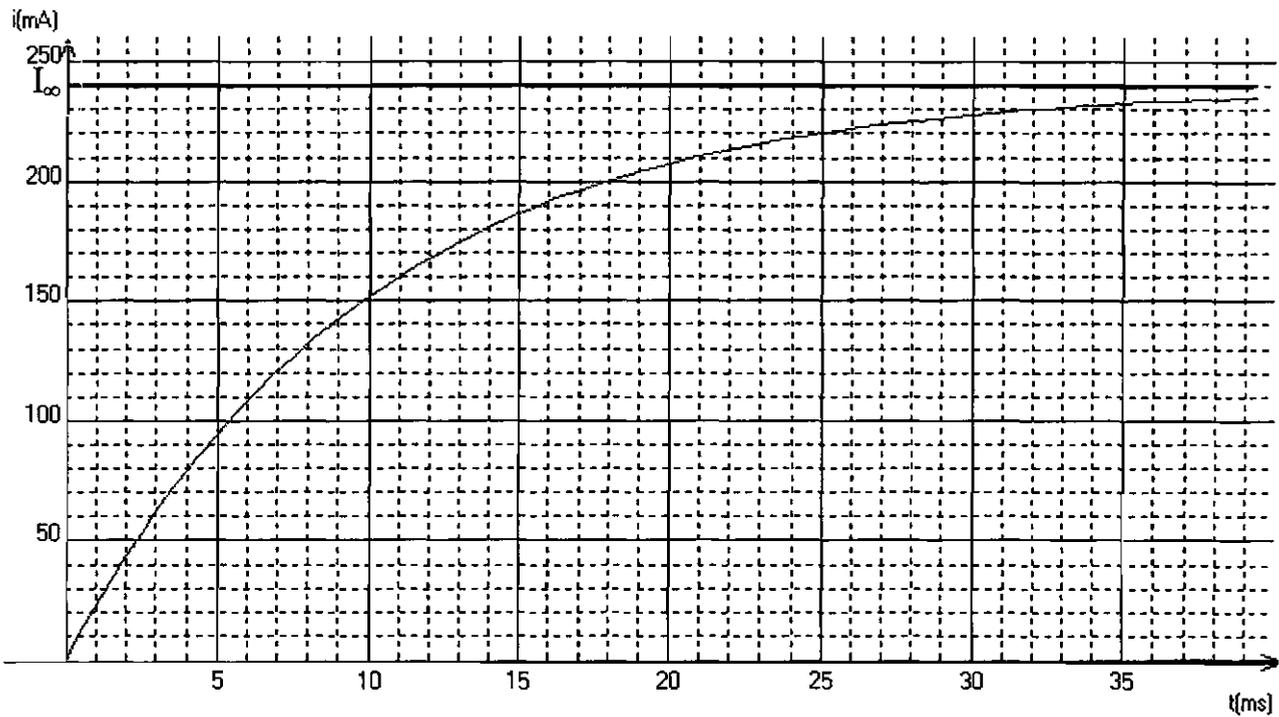


Question B.2 : schéma à compléter



Question B.3 :

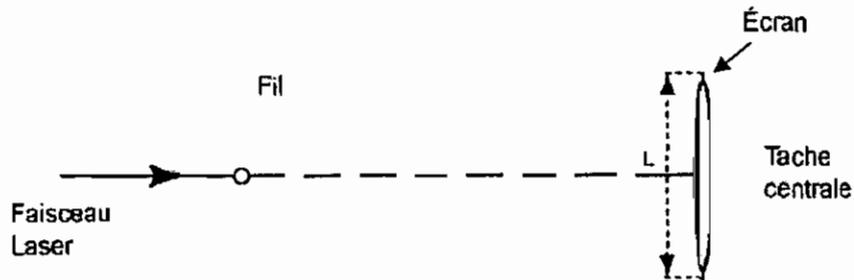
Résultat de l'acquisition donné par le système informatisé : $i(t)$ en mA, t en ms



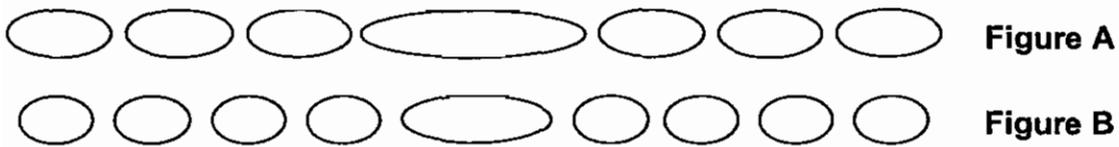
EXERCICE II : ANNEXE à rendre avec la copie

Questions A.1, A.2 et A.4

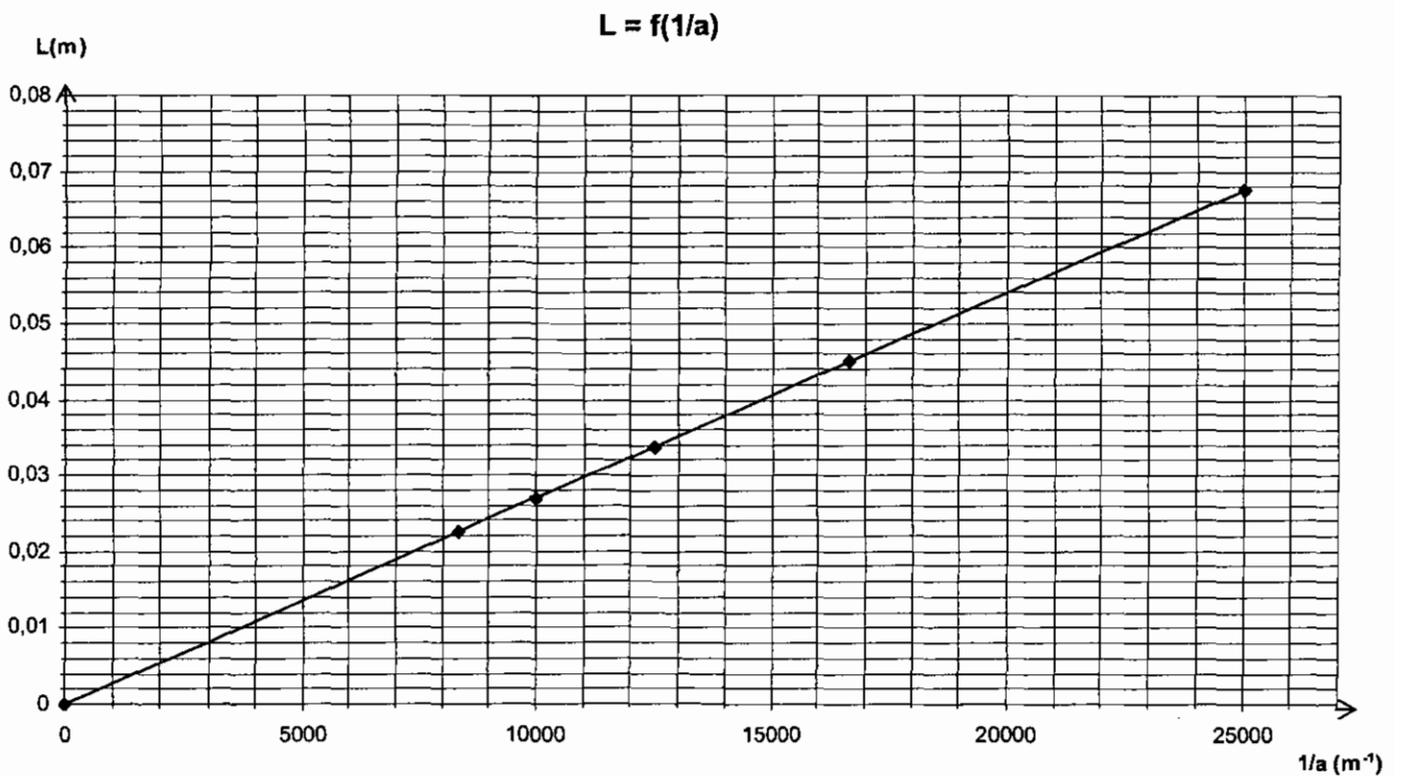
Figure 2 vue de dessus : le fil est perpendiculaire au plan de la figure.



Question A.6 : Figure 3

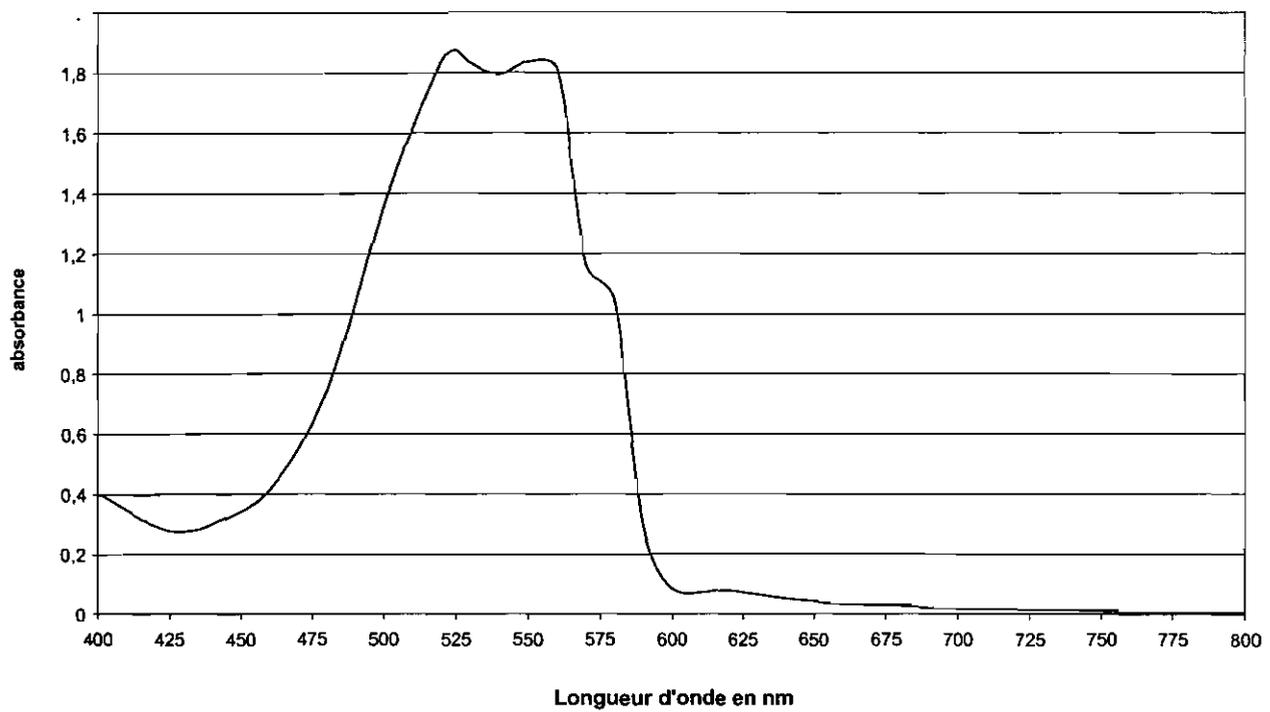


Questions A.8, A.9 : Figure 4

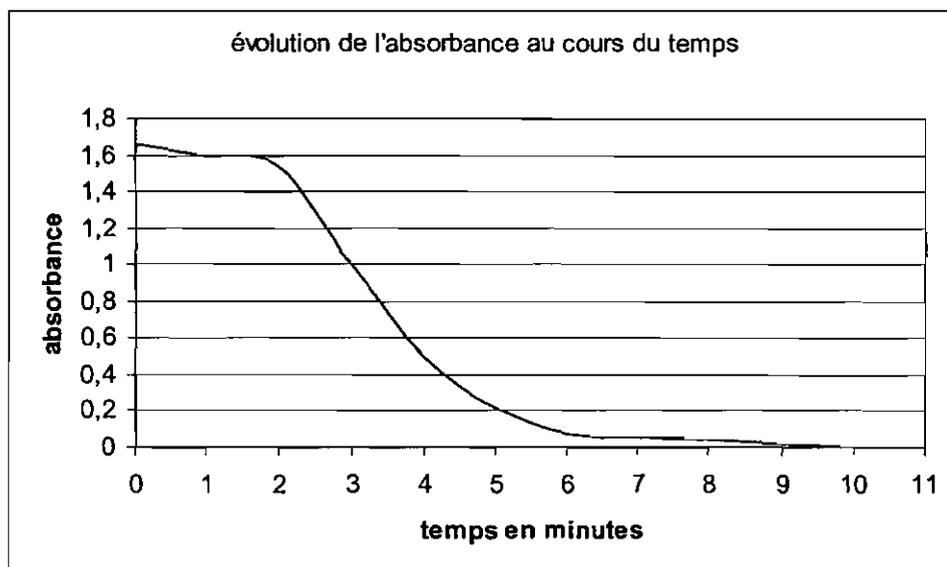


Question B.1 : Figure 5

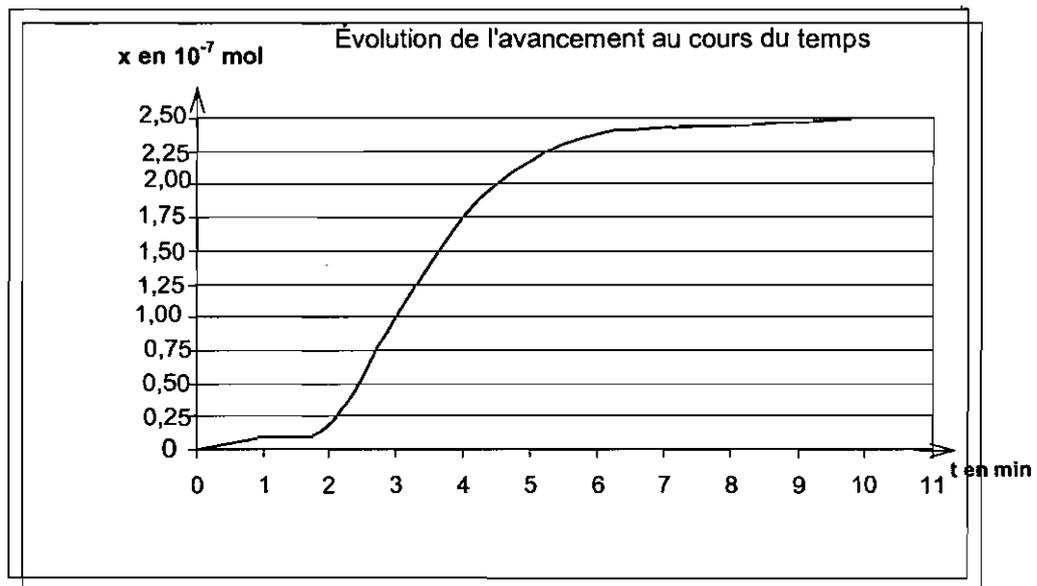
Courbe d'absorbance d'une solution de permanganate de potassium à la concentration de $0,5 \text{ mmol.L}^{-1}$



Question B.2-1 : Figure 6

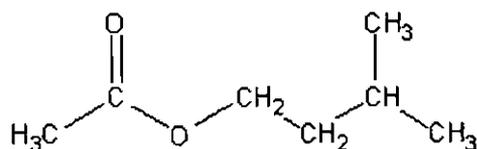


Questions B.2.4, B.2.6 : Figure 7



EXERCICE III : Annexe à rendre avec la copie

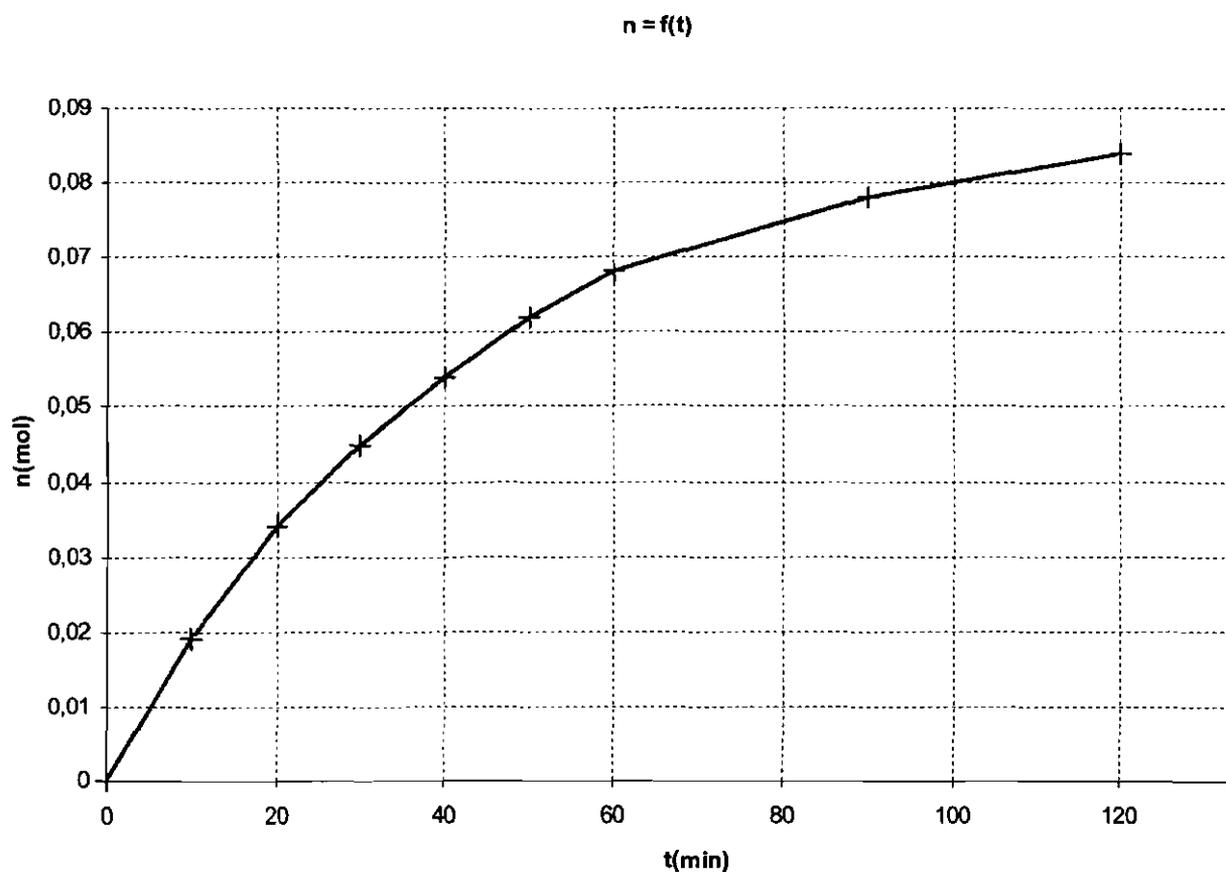
Question 1 : Figure 1



Question 5.3 : Figure 2

		ester	+	eau	=	acide	+	alcool
État du système chimique	Avancement	Quantités de matière (mol)						
État initial	$x = 0 \text{ mol}$							
État intermédiaire	$x \text{ (mol)}$							
État final	$x_f \text{ (mol)}$							

Question 6.1 : Figure 3



BACCALAUREAT GENERAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30

Coefficient : 6

Obligatoire

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de l'expression des résultats numériques en fonction des données figurant dans les énoncés (emploi correct des chiffres significatifs).

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

Exercice 1 : La pile cuivre aluminium et le condensateur (8 points)

Exercice 2 : Le parfum de poire (4 points)

Exercice 3 : Propagation d'une onde (4 points)

L'annexe 3 page 9 est à remettre avec la copie.

EXERCICE 1 : LA PILE CUIVRE ALUMINIUM ET LE CONDENSATEUR (8 points)

Les questions IV , V et VI peuvent être résolues indépendamment les unes des autres et indépendamment de la résolution des questions I , II et III.

LA PILE CUIVRE - ALUMINIUM

I. On introduit dans un bécher un volume $V = 50 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure d'aluminium ($\text{Al}^{3+} + 3 \text{Cl}^-$), de concentration en soluté apporté $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$, dans laquelle plonge une lame d'aluminium. Dans un second bécher, on introduit un volume $V = 50 \text{ mL}$ d'une solution de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$), de concentration molaire en soluté apporté $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$, dans laquelle plonge une lame de cuivre. On relie les deux béchers à l'aide d'un pont salin contenant du nitrate d'ammonium ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$).

Lorsqu'on branche un voltmètre électronique avec sa borne COM reliée à l'électrode d'aluminium, on mesure une différence de potentiel $U = + 1,8 \text{ V}$.

I.1. Quelle est la polarité de la pile ?

I.2. Quel est le rôle du pont salin ?

II. On relie la pile à un conducteur ohmique.

II.1. Faire un schéma légendé en indiquant le sens du courant dans le circuit, et en représentant le déplacement des différents porteurs de charge à l'intérieur et à l'extérieur de la pile.

II.2. Écrire et nommer les réactions qui se produisent aux électrodes.

II.3. Montrer que la transformation entre les deux couples peut s'écrire :



II.4. La constante d'équilibre associée à la transformation est $K = 10^{20}$.

II.4.1. Calculer le quotient de réaction initial.

II.4.2. Montrer en appliquant le critère d'évolution spontanée que le sens d'évolution est cohérent avec le fonctionnement de la pile.

III. La pile fonctionne pendant 1 h 30 min en débitant un courant d'intensité constante $I = 40 \text{ mA}$.

Données : Le faraday : valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons de symbole \mathcal{F} :

$$\mathcal{F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$$

Masse molaire de l'aluminium : 27 g.mol^{-1} .

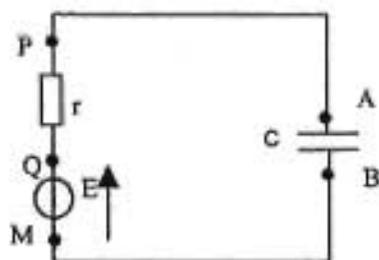
III.1. Calculer la quantité d'électricité Q échangée pendant 1 h 30 min.

III.2. Calculer la quantité de matière d'électrons n_e échangée pendant cette durée.

III.3. Donner la relation entre n_e et n_{Al} , quantité de matière d'aluminium ayant disparu.

III.4. Calculer la perte de masse de l'électrode d'aluminium.

IV. La pile est équivalente à l'association série d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 1,8 \text{ V}$ et d'un conducteur ohmique de résistance r . On remplace le conducteur ohmique par un condensateur branché entre les bornes P et M de la pile (voir schéma ci-après).



IV.1. Recopier le schéma ci-dessus sur la copie en représentant :

- le sens du courant au cours de la charge du condensateur,
- les flèches représentant les tensions u_{QM} , u_{QP} et u_{AB} .

IV.2. Quel est le signe de la charge prise par l'armature A du condensateur au cours de la charge?

IV.3. À chaque instant, la charge q_A de l'armature A du condensateur est proportionnelle à la tension u_{AB} entre ses armatures A et B. Quels sont le nom et l'unité de ce coefficient de proportionnalité?

V. Étude de la variation de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps lorsqu'il est soumis à un échelon de tension.

V.1. À l'aide d'un graphique, expliquer ce qu'est un échelon de tension E.

V.2. L'équation différentielle permettant de déterminer la tension u_{AB} aux bornes du condensateur est de la forme :

$$E = r C \frac{du_{AB}}{dt} + u_{AB}$$

V.2.1 Que représente la grandeur C ?

V.2.2 La solution de cette équation différentielle est : $u_{AB} = E (1 - e^{-t/\tau})$. En déduire l'expression de la constante τ .

V.2.3 Quelle est l'unité de τ ? Le vérifier par analyse dimensionnelle. Quel nom donne-t-on à τ ?

V.2.4 Quelles valeurs, écrites en fonction de E, prend la tension u_{AB} aux dates suivantes :

$$t = \tau \quad t = 3\tau \quad t = 5\tau \quad t = 10\tau ?$$

V.2.5 À partir de ces résultats, dessiner l'allure de la courbe $u_{AB} = f(t)$ de $t = 0$ à environ $t = 6\tau$.

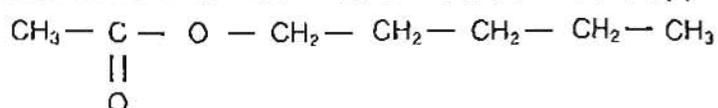
- VI. Après avoir chargé un condensateur de capacité $C = 100 \text{ mF}$ sous la tension $E = 1,8 \text{ V}$, on le décharge dans un moteur qui en tournant provoque la montée d'une hauteur h , à vitesse constante, d'un solide S de masse $m = 100 \text{ g}$.
Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

VI.1. Quelle est l'énergie maximale E emmagasinée dans le condensateur?

VI.2. De quelle hauteur h pourrait monter le solide si le transfert d'énergie se faisait avec un rendement de 100 % ?

EXERCICE 2 : LE PARFUM DE POIRE (4 points)

L'éthanoate de pentyle ou parfum de poire est plus connu sous le nom d'acétate d'amyle. Il peut être obtenu par réaction de l'acide acétique avec l'alcool amylique, alcool extrait jadis de la pomme de terre, tubercule riche en amidon. La formule semi-développée est :



I. Étude théorique

- I.1. Nommer la fonction chimique présente dans cette molécule.
- I.2. L'éthanoate de pentyle peut être obtenu à partir de deux réactifs **A** et **B**.
- I.2.1. Le réactif **A** est l'acide carboxylique. Quelle est la fonction organique que contient le réactif **B** ? Écrire sa formule semi-développée.
- I.2.2. Écrire l'équation de la réaction chimique conduisant à la formation de la molécule d'éthanoate de pentyle.
- I.2.3. Nommer les réactifs **A** et **B** dans la nomenclature officielle ainsi que l'autre produit formé au cours de cette synthèse.
- I.2.4. Quel est le nom de cette synthèse ?

II. Étude cinétique

- II.1. Décrire une méthode opératoire permettant de suivre l'évolution de la quantité de matière du réactif **A** au cours du temps.
- II.2. À un instant $t = 0 \text{ s}$, on mélange $0,50 \text{ mol}$ de réactif **A** et $0,50 \text{ mol}$ de réactif **B** identifiés à la question I.2.1. On ajoute une petite quantité d'acide sulfurique. Le milieu réactionnel est maintenu à une température constante de 25°C et le volume total du mélange réactionnel est $V = 83 \text{ mL}$.
- II.2.1. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?
- II.2.2. L'acide sulfurique intervient-il dans l'équation de la réaction ?
- II.3. On détermine, toutes les 5 minutes, la quantité n de matière d'éthanoate de pentyle formée. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Temps en min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
n en mol	0,00	0,14	0,21	0,25	0,275	0,295	0,31	0,32	0,325	0,33	0,33	0,33	0,33

Les points correspondants sont reportés sur la **figure 1 de l'annexe 3 page 9/9 à remettre avec la copie.**

II.3.1.a. Établir un tableau descriptif d'évolution du système avec l'état initial, un état intermédiaire et l'état du système à la date $t = 60$ min.

II.3.1.b. Donner la relation entre la quantité n d'éthanoate de pentyle et l'avancement x .

II.3.2.a. Définir la vitesse volumique de la réaction de formation de l'éthanoate de pentyle.

II.3.2.b. Comment évolue cette vitesse de réaction au cours du temps? Quel facteur cinétique permet d'expliquer cette évolution ?

II.3.2.c. Quel est l'état du système à partir de $t = 50$ min ?

II.3.3. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Le déterminer graphiquement.

II.3.4. On considère maintenant le cas où la synthèse est faite **sans ajout** d'acide sulfurique.

II.3.4.a. Comment évolue le temps de demi-réaction par rapport à celui de la question précédente ?

II.3.4.b. Tracer sur le graphique de la **figure 1, annexe 3 page 9/9 à remettre avec la copie**, l'allure de la courbe représentant l'évolution au cours du temps de la quantité n d'éthanoate de pentyle lorsqu'il n'y a pas d'ajout d'acide sulfurique dans le milieu réactionnel. On précisera l'état final du système.

EXERCICE 3 : PROPAGATION D'UNE ONDE (4 points)

I. Étude sur une cuve à ondes.

On laisse tomber une goutte d'eau sur une cuve à ondes. Le fond de la cuve à ondes présente un décrochement de telle sorte que l'onde créée par la chute de la goutte d'eau se propage d'abord à la surface de l'eau dont l'épaisseur au repos est $e_1 = 3$ mm puis ensuite à la surface de l'eau dont l'épaisseur au repos est $e_2 = 1$ mm. On filme la surface de l'eau à l'aide d'une *webcam*. Le clip vidéo est effectué avec une fréquence de 24 images par seconde. **Le document 1 (annexe 1 page 7/9)** représente les positions du front de l'onde créée par la chute de la goutte d'eau, repérées sur les images n° 1, n° 7, n° 8 et n° 14 du clip.

I.1. Donner les définitions d'une onde transversale et d'une onde longitudinale. À quelle catégorie appartient l'onde créée par la goutte d'eau sur la cuve à ondes ?

I.2. Calculer la célérité c de cette onde pour les deux épaisseurs d'eau mentionnées dans le **document 1 (annexe 1 page 7/9)**. L'échelle de ce document est 1 (1 cm représente 1 cm).

I.3. Comment varie, dans cet exemple, la célérité c de l'onde en fonction de l'épaisseur de l'eau ?

II. Ondes périodiques.

On installe sur la cuve à ondes un vibreur qui permet d'obtenir des ondes planes. La fréquence du vibreur a été fixée à 24 Hz. Une source lumineuse éclaire la surface de l'eau. Cette lumière traverse l'eau et est captée ensuite par la *webcam*. Le document 2 d'échelle 1 (annexe 1 page 7/9) représente l'onde périodique obtenue à partir d'une image du clip vidéo.

II.1. Comment appelle-t-on la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) successives ? Quelle relation lie cette grandeur à la célérité c de l'onde et sa période temporelle T ?

II.2. À l'aide du document 2 (annexe 1 page 7/9), calculer la célérité c de l'onde périodique pour les deux épaisseurs d'eau de 3 et 1 mm. Quelle est l'influence de l'épaisseur de l'eau sur la célérité de l'onde périodique ?

II.3. On utilise maintenant une cuve à ondes sans décrochement. L'épaisseur de l'eau au repos est constante. Après avoir fait varier la fréquence du vibreur, on a réalisé des photographies et on a mesuré la longueur d'onde λ pour chacun des enregistrements. Les résultats ont été consignés dans le tableau ci-dessous.

f (Hz)	12	24	48	96
λ (m)	0,018	0,0097	0,0059	0,0036

Calculer la célérité c de l'onde périodique pour chaque enregistrement. Comment évolue cette célérité en fonction de la fréquence de l'onde ?

III Un phénomène caractéristique des ondes.

III.1. Expérience sur les ondes lumineuses.

On place sur un faisceau laser une fente de dimension $a = 0,08$ mm. On place après la fente un écran. La distance entre la fente et l'écran est $D = 3,00$ m, (voir figure 1 document 3 annexe 2 page 8/9).

La figure obtenue sur l'écran est représentée sur la figure 2 document 3 (annexe 2 page 8/9).

III.1.1. Comment se nomme le phénomène observé ?

III.1.2. L'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et la première extinction vérifie la relation :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

Calculer la longueur d'onde de ce faisceau laser (on considérera que cet écart angulaire θ est faible et que donc $\theta = \tan \theta$ si θ est exprimé en radians).

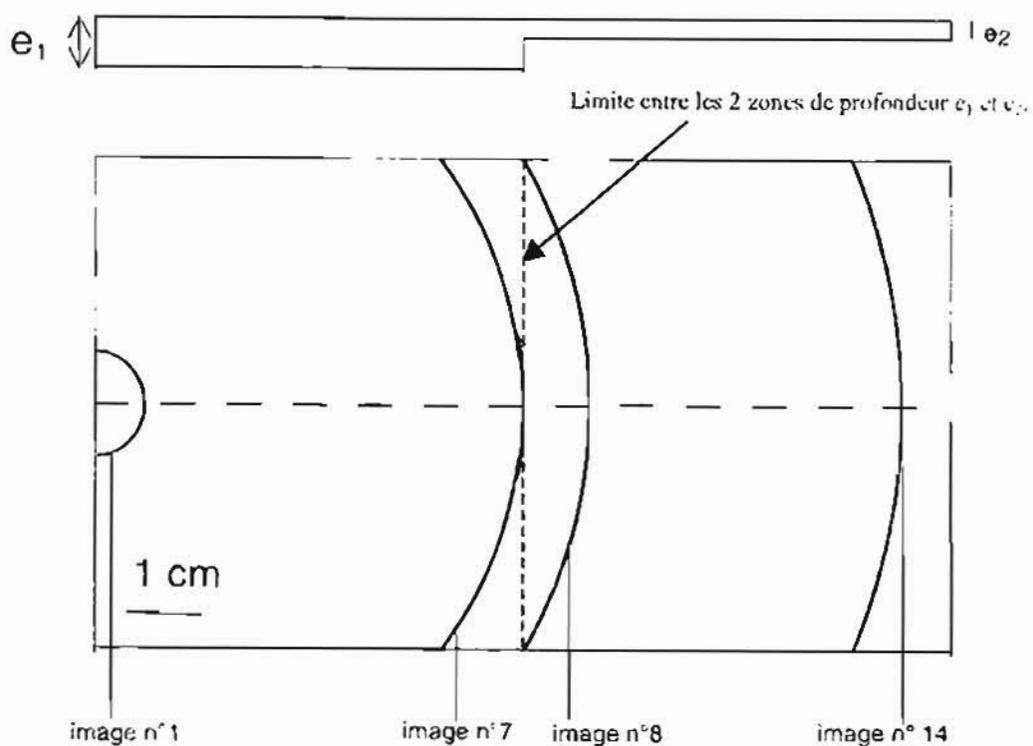
III.2. Étude sommaire de la houle.

La houle prend naissance sous l'effet du vent loin des côtes. Un vent de 65 km.h^{-1} engendre une houle dont les vagues font 1 mètre de hauteur. Ces vagues sont espacées de 230 mètres. Une vague remplace la précédente après une durée de 12 secondes.

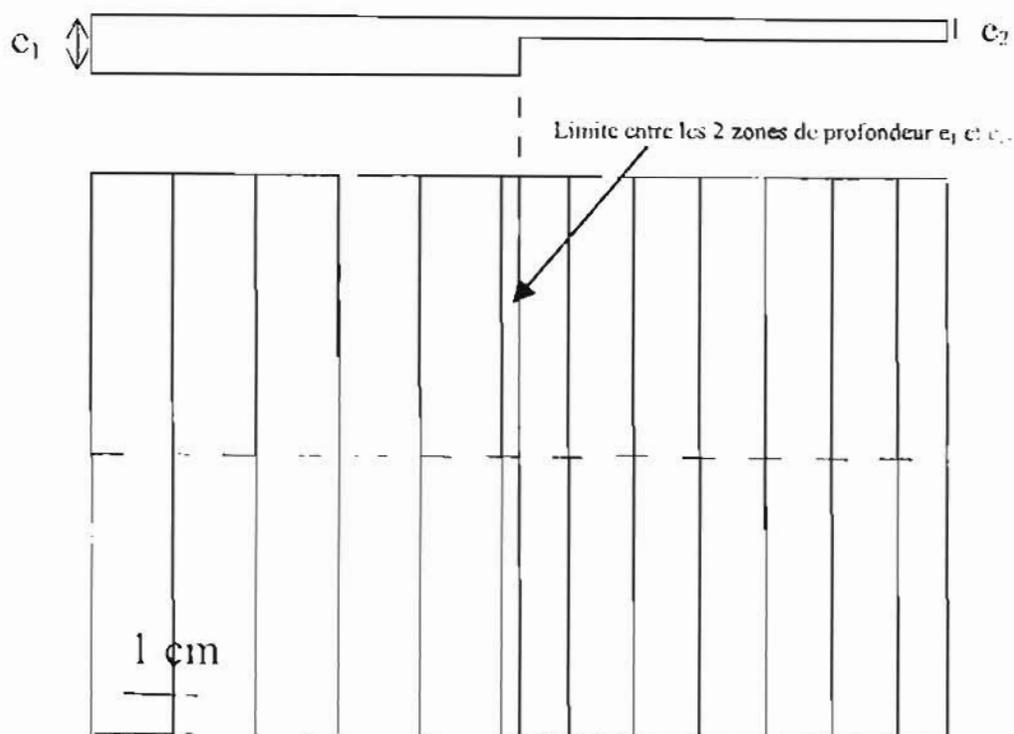
III.2.1. Calculer la vitesse de déplacement des vagues à la surface de l'océan.

III.2.2. Cette houle arrive sur un port dont l'ouverture entre deux jetées a une largeur $a = 200$ m. Un bateau est stationné au fond du port comme indiqué sur le schéma du document 4 page 8/9. Ce bateau risque-t-il de ressentir les effets de la houle ? Justifier la réponse à l'aide d'un schéma reproduit sur la copie.

Document 1



Document 2



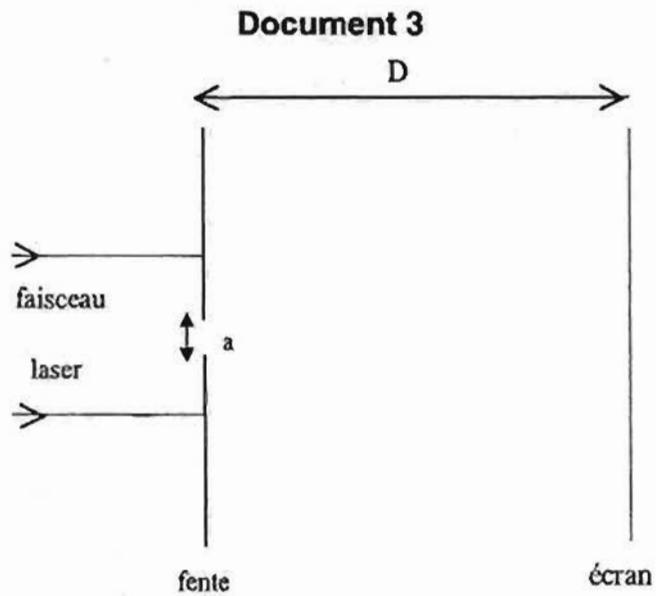


Figure 1 : schéma du dispositif

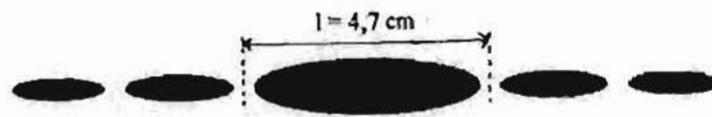
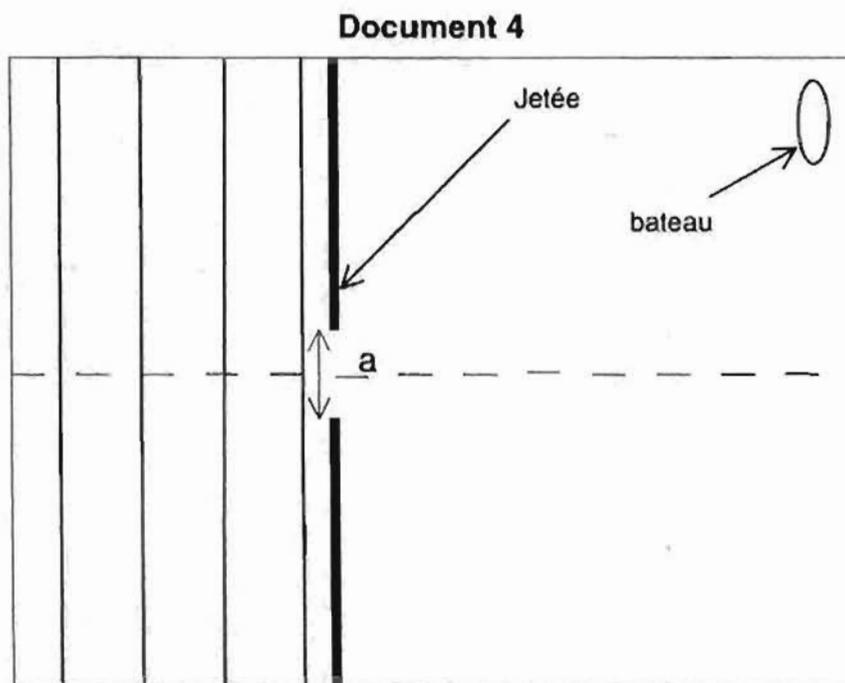


Figure 2 : Figure observée sur l'écran



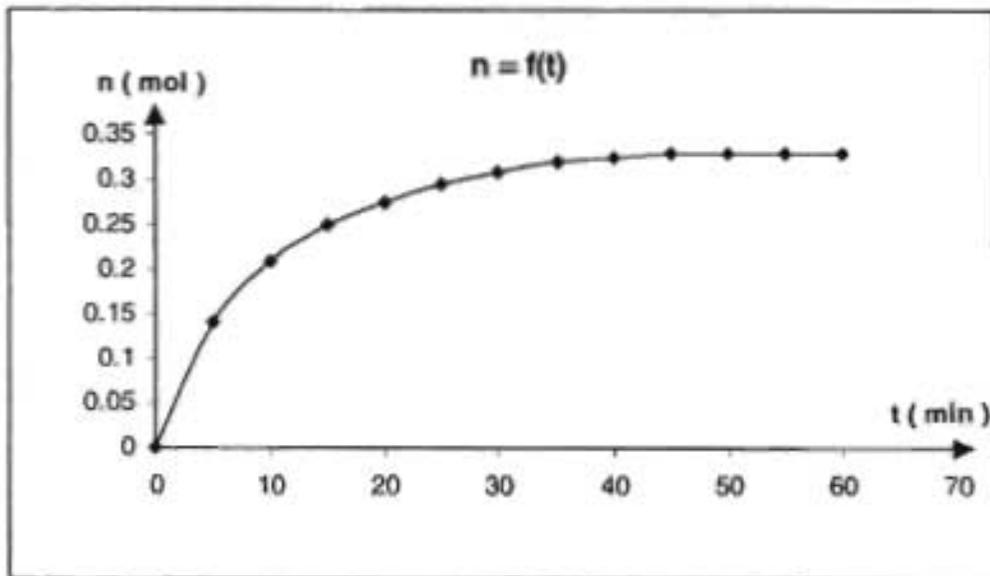


Figure 1

Exercice n°1 (5,5 points)

BOBINE À INDUCTANCE RÉGLABLE

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on veut vérifier la valeur de l'inductance indiquée par le curseur du dispositif de réglage d'une bobine à noyau de fer doux. Pour cela on va procéder en deux étapes :

Première étape : on détermine la valeur de la capacité d'un condensateur par l'étude expérimentale de sa décharge à travers un conducteur ohmique.

Seconde étape : on étudie la décharge de ce condensateur à travers la bobine pour en déduire la valeur de son inductance.

1. DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ DU CONDENSATEUR.

Le circuit d'étude du condensateur est schématisé sur le **document N° 1 en ANNEXE N° 1, à rendre avec la copie.**

L'interrupteur est en position 1. Le condensateur est chargé sous la tension E.

À la date $t = 0$, on commute l'interrupteur en position 2. Le condensateur se décharge à travers un conducteur ohmique de résistance $R = 5,6 \text{ k}\Omega$.

La courbe de décharge est donnée sur le **document N° 2 en ANNEXE N° 1 à rendre avec la copie.**

1.1. En utilisant la convention récepteur, flécher les tensions u_C aux bornes du condensateur et u_R aux bornes du conducteur ohmique. Noter par q et $-q$ les charges des armatures du condensateur.

1.2. Montrer que l'équation différentielle du circuit vérifiée par la tension u_C peut s'écrire :

$$u_C + RC \frac{du_C}{dt} = 0$$

La solution de l'équation est $u_C(t) = Ee^{-t/\tau}$ avec la constante de temps $\tau = RC$.

1.3. À $t = \tau$, la tension aux bornes du condensateur est-elle égale à 37 %, 63 % ou 93 % de sa valeur initiale ? Justifier la réponse.

1.4. À l'aide du graphe donné sur le **document N° 2**, déterminer la valeur de la constante de temps τ .

1.5. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

1.6. Sur le graphe donné sur le **document N° 2**, tracer l'allure de la courbe de décharge $u_C' = f(t)$ dans le cas où on utilise un conducteur ohmique de résistance R' plus faible. Justifier.

2. MESURE DE L'INDUCTANCE DE LA BOBINE.

La bobine étudiée a une inductance L que l'on peut régler de 0,1 H à 1,1 H et une résistance $r = 12 \Omega$.

On admet que la relation $u_L = ri + L \frac{di}{dt}$ où u_L et i sont définis en convention récepteur, reste valable aux bornes de la bobine avec noyau de fer doux.

Pour mesurer une valeur L de l'inductance de la bobine, on place l'index de réglage sur 0,5 H.

On réalise le circuit donné sur le **document N° 3 en ANNEXE N° 1 à rendre avec la copie**, en utilisant le condensateur de capacité $C = 2,2 \mu\text{F}$.

L'interrupteur est en position 1. Le condensateur est chargé sous la tension E .

À la date $t = 0$, on commute l'interrupteur en position 2.

On obtient la courbe $u_C = f(t)$ donnée sur le **document N° 4 en ANNEXE N° 1 à rendre avec la copie**.

2.1. Pour visualiser à l'ordinateur la tension u_C aux bornes du condensateur, représenter sur le schéma du circuit donné sur le **document N° 3 en ANNEXE N° 1 à rendre avec la copie** les connexions de la voie 1 et de la masse de la carte d'acquisition.

2.2. Pourquoi qualifie-t-on le régime de la tension u_C de pseudo-périodique ?

2.3. Dans notre expérience, on peut considérer que la pseudo-période T est égale à la période propre donnée par la relation : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

En vous aidant de la courbe $u_C = f(t)$ du **document N° 4 en ANNEXE N° 1 à rendre avec la copie**, déterminer la valeur de l'inductance L du circuit en expliquant votre démarche.

2.4. Comparer la valeur de l'inductance obtenue précédemment avec la valeur pointée par l'index de la bobine en calculant l'écart relatif $\frac{|L_{\text{exp}} - L_{\text{bobine}}|}{L_{\text{bobine}}}$. L'indication de l'index est-elle correcte ? Justifier la réponse.

3. BILAN ÉNERGÉTIQUE.

Maintenant on s'intéresse à l'évolution temporelle des énergies emmagasinées par le condensateur et la bobine, W_C et W_L . Les courbes sont données sur le **document N° 5 en ANNEXE N° 1 à rendre avec la copie**.

3.1. Écrire les expressions des énergies W_C et W_L en fonction des données u_C , i intensité du courant dans le circuit, C et L .

3.2. En vous aidant des conditions initiales, identifier sur **document N° 5 en ANNEXE N° 1 à rendre avec la copie** les courbes W_C et W_L . Justifier votre réponse.

3.3. En comparant les évolutions temporelles des énergies W_C et W_L , que se passe-t-il entre le condensateur et la bobine ?

3.4. L'énergie totale $W = W_C + W_L$ emmagasinée par le circuit décroît au cours du temps. Quelle est l'origine de cette perte d'énergie ?

3.5. On aurait pu faire cette étude en associant en série avec la bobine à inductance réglable et le condensateur, un dipôle qui entretient les oscillations électriques. Quel est le rôle de ce dipôle ?

Exercice n° 2 (6,5 points)

ANALYSE D'UN LAIT

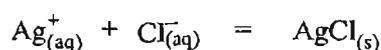
Les parties 1. et 2. de cet exercice sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

On se propose de déterminer les masses en ions chlorure et en acide lactique présents dans un lait.

1. DOSAGE PAR CONDUCTIMÉTRIE.

- 1.1. On prélève un volume $V_0 = 20,0$ mL de lait (solution S_0) et on les introduit dans une fiole jaugée de volume $V_S = 100,0$ mL.
On complète avec de l'eau distillée et on homogénéise pour obtenir une solution S, de concentration C_S . Quel rapport existe entre la concentration C_0 de la solution S_0 et la concentration C_S de la solution S ?
- 1.2. On verse un volume $V_1 = 10,0$ mL de la solution S dans un bécher et on y ajoute environ 250 mL d'eau distillée. Indiquer précisément le protocole à suivre pour prélever les 10,0 mL de solution S (matériel utilisé, manipulations à effectuer).
- 1.3. On plonge ensuite dans le bécher une cellule conductimétrique.
Initialement et après chaque ajout, mL par mL, d'une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C_2 = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ on détermine la conductivité du milieu réactionnel.
Indiquer, sur un schéma annoté, le dispositif expérimental à mettre en place.

Le suivi conductimétrique du dosage permet d'obtenir la courbe d'évolution de la conductivité σ du milieu réactionnel en fonction du volume V_2 de la solution de nitrate d'argent versé (**document N° 1 donné en ANNEXE N° 2, à rendre avec la copie**). La transformation chimique, rapide, met uniquement en jeu les ions chlorure et les ions argent selon l'équation de réaction :



Rappel : le chlorure d'argent AgCl est un solide blanc, pratiquement insoluble dans l'eau, qui noircit à la lumière.

- 1.4 Quelle est l'origine de la conductivité initiale de la solution ?
- 1.5. En utilisant les valeurs des conductivités molaires ioniques données ci-dessous, interpréter la variation de la valeur de la conductivité σ du milieu réactionnel au cours du dosage.
À 25 °C : $\lambda(\text{Cl}_{(\text{aq})}^-) = 76,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\lambda(\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}) = 71,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\lambda(\text{Ag}_{(\text{aq})}^+) = 61,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 1.6. Quel événement correspond au point particulier apparaissant sur la courbe $\sigma = f(V_2)$?

- 1.7. Déterminer, en utilisant cette courbe, le volume V_{2E} de solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence.
- 1.8. Quelle est à l'équivalence la relation entre la quantité de matière en ions argent introduits et la quantité de matière en ions chlorure initialement présents ?
- 1.9. En déduire la concentration molaire C_S en ions chlorure initialement présents dans la solution S, puis celle C_0 dans le lait.
- 1.10. La masse d'ions chlorure présents dans un litre de lait doit être comprise entre 1,0 g et 2,0 g. Calculer la masse d'ions chlorure présents dans le lait étudié et conclure.

Donnée : masse molaire des ions chlorure : $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2. DOSAGE DE L'ACIDE LACTIQUE.

Un lait frais ne contient pas d'acide lactique. En vieillissant, le lactose présent dans le lait se transforme en acide lactique, noté par la suite HA.

On dose l'acide lactique, considéré comme le seul acide présent dans le lait étudié, par une solution d'hydroxyde de sodium : $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ (soude) de concentration $C_B = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On prélève un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de lait que l'on place dans un bécher et on suit l'évolution du pH en fonction du volume V_B de soude versé.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors du mélange. Quelles caractéristiques doit présenter cette réaction pour être adaptée à un dosage ?
- 2.2. Exprimer puis calculer la constante de réaction K correspondante. Conclure.

Données : couples acide/base : $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-_{(\text{aq})}$: $\text{p}K_{A1} = 14,0$
 $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$: $\text{p}K_{A2} = 0,0$
 $\text{HA}_{(\text{aq})} / \text{A}^-_{(\text{aq})}$: $\text{p}K_A = 3,9$

On obtient les valeurs données dans le tableau suivant :

V_B (mL)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10	11	11,5	12	12,5	13	14	16
pH	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	6,3	8,0	10,7	11,0	11,3	11,5

- 2.3. En utilisant un diagramme de prédominance, déterminer quelle est, entre $\text{HA}_{(\text{aq})}$ et $\text{A}^-_{(\text{aq})}$ l'espèce chimique prédominante au début du dosage.
- 2.4. Pour quel volume de soude versé, $\text{HA}_{(\text{aq})}$ et $\text{A}^-_{(\text{aq})}$ sont-elles présentes en quantités égales ?
- 2.5. Le tracé du graphe représentant l'évolution du pH en fonction du volume de soude versé montre que l'équivalence acide base est atteinte pour un volume de soude $V_B = 12,0 \text{ mL}$.
En déduire la quantité de matière d'acide lactique présente dans le volume V_A de lait.
- 2.6. On considère qu'un lait frais a une concentration massique en acide lactique inférieure à $1,8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.
Quelle est la masse d'acide lactique présente dans un litre de lait ? Conclure.
Donnée : masse molaire moléculaire de l'acide lactique : $M(\text{HA}) = 90 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exercice n°3 : À PROPOS DE LA LUMIÈRE (4 points)

Cet exercice décrit deux expériences utilisant une lumière de couleur rouge, émise par un laser, de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 633 \text{ nm}$.

On rappelle que l'indice de réfraction n d'un milieu est le rapport de la célérité c de la lumière dans le vide et de sa vitesse v dans le milieu considéré : $n = \frac{c}{v}$

1. PREMIÈRE EXPÉRIENCE

On place perpendiculairement au faisceau lumineux et à quelques centimètres du laser, une fente fine et horizontale de largeur a . Un écran situé à une distance D de la fente, montre des taches lumineuses réparties sur une ligne verticale. La tache centrale plus lumineuse que les autres, est la plus large (**voir figure 1 donnée en ANNEXE n°3, à rendre avec la copie**).

- 1.1. Quel phénomène subit la lumière émise par le laser dans cette expérience ? Que peut-on en conclure par analogie avec les ondes mécaniques ?
- 1.2. L'angle θ (de la figure 1) est donné par la relation :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad (\text{relation (1)})$$

- 1.2.1. Que représente cet angle ?
 - 1.2.2. Préciser les unités de chaque terme intervenant dans cette relation.
 - 1.2.3. Comment évolue la largeur de la tache centrale lorsqu'on réduit la largeur de la fente ?
- 1.3. Exprimer θ en fonction de la largeur ℓ de la tache centrale et de la distance D (relation (2)). L'angle θ étant faible, on pourra utiliser l'approximation $\tan\theta \approx \theta$.
- 1.4. En utilisant les relations (1) et (2), montrer que la largeur a de la fente s'exprime par la relation :
$$a = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{\ell}$$
. Calculer a .
On donne : $\ell = 38 \text{ mm}$ et $D = 3,00 \text{ m}$.

2. DEUXIÈME EXPÉRIENCE

On utilise dans cette expérience, comme milieu dispersif, un prisme en verre d'indice de réfraction n (**voir figure 2 en ANNEXE N°3 à rendre avec la copie**).

On dirige, suivant une incidence donnée, le faisceau laser vers l'une des faces du prisme placé dans l'air. On observe que ce faisceau est dévié. Un écran placé derrière le prisme montre un point lumineux de même couleur (rouge) que le faisceau incident.

- 2.1. Quelle est la nature de la lumière émise par le laser ? Justifier votre réponse.
- 2.2. La célérité de la lumière dans le vide est $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
 - 2.2.1. Rappeler la relation entre la longueur d'onde λ de l'onde émise par le laser, sa fréquence ν et sa célérité c . Calculer ν .
 - 2.2.2. La valeur de v varie-t-elle lorsque cette onde change de milieu de propagation ?

- 2.3. Donner les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible et les couleurs correspondantes. Situer les domaines des rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au domaine du spectre visible.
- 2.4. L'indice de réfraction du verre pour la fréquence ν de l'onde utilisée est $n = 1,61$.
- 2.4.1. Pourquoi précise-t-on la fréquence ν de l'onde lorsqu'on donne la valeur de n ?
- 2.4.2. Calculer la longueur d'onde λ' de cette onde dans le verre.

On remplace la lumière du laser par une lumière blanche (**figure 3 donnée en ANNEXE N°3 à rendre avec la copie**).

- 2.5. Qu'observe-t-on sur l'écran ?
- 2.6. Les traits en pointillé (**figure 3**) correspondent aux trajets de deux rayons lumineux de couleurs respectives rouge et bleu. Tracer, en les identifiant clairement, ces deux rayons. On rappelle que la déviation d augmente quand la longueur d'onde diminue.

3. TRANSITION QUANTIQUE DANS LE LASER

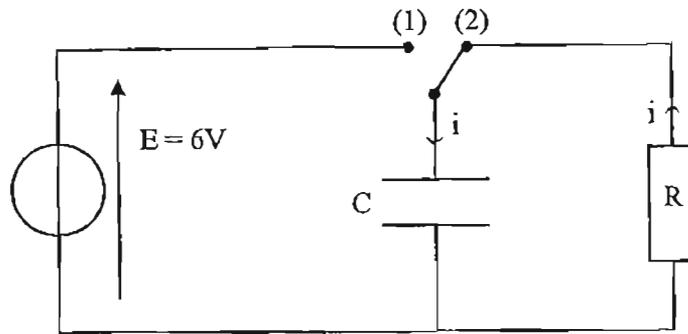
La radiation de fréquence ν émise par ce laser, correspond à la transition des atomes de néon d'un état d'énergie E_2 à un état d'énergie inférieure E_1 . La variation d'énergie entre ces deux états excités est notée $\Delta E = E_2 - E_1$.

- 3.1. Rappeler la relation qui lie ΔE et ν .
- 3.2. Calculer ΔE . Donner le résultat en eV.

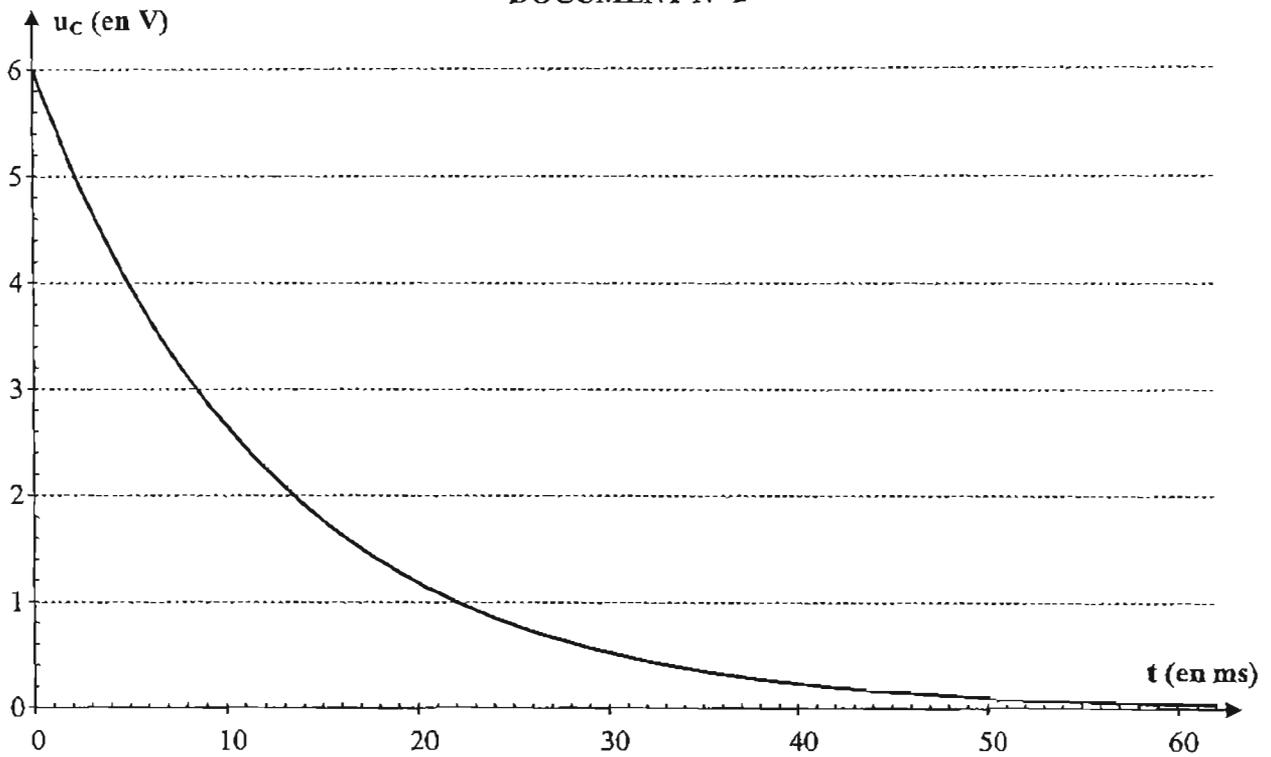
Données : Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34}$ J.s
 1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J

ANNEXE N° 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

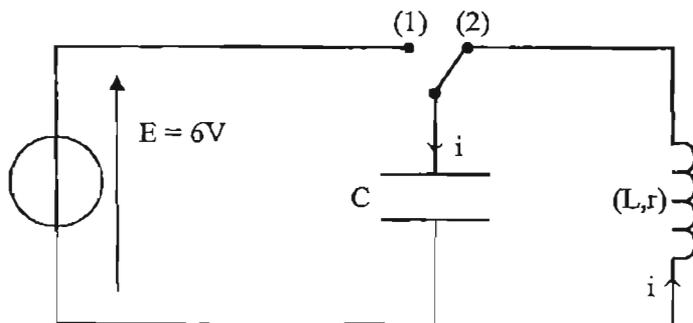
DOCUMENT N° 1



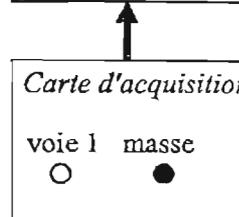
DOCUMENT N° 2



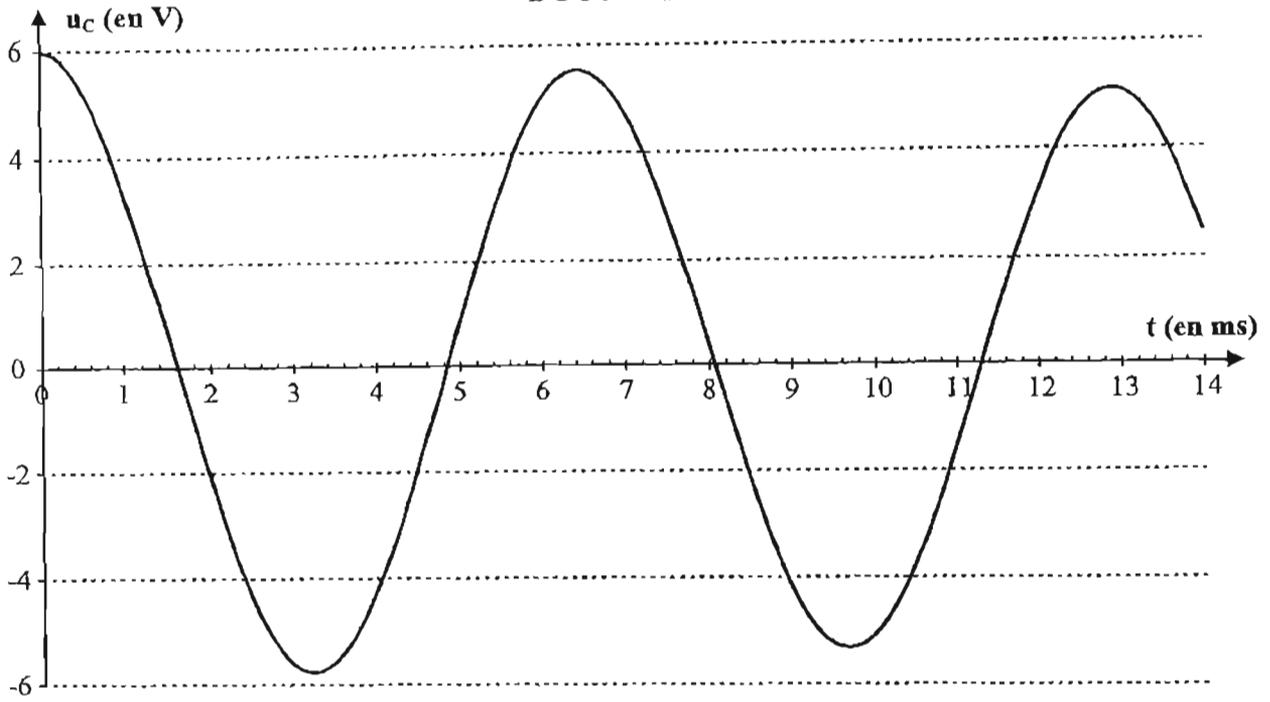
DOCUMENT N° 3



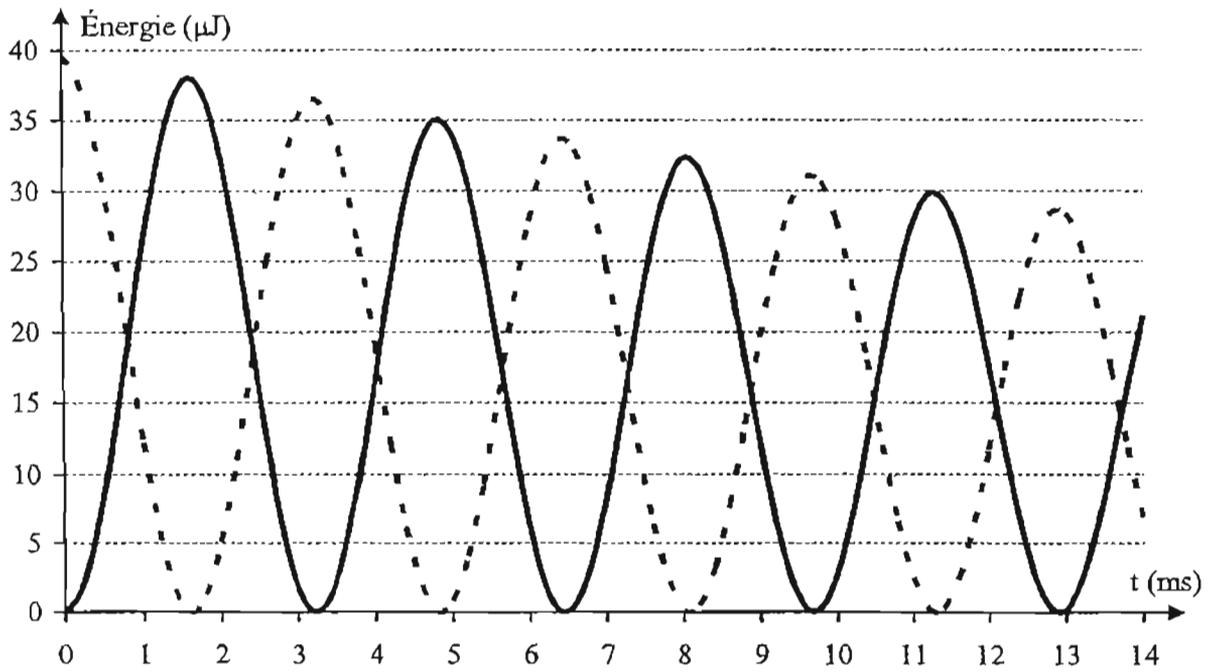
Ordinateur



DOCUMENT N° 4

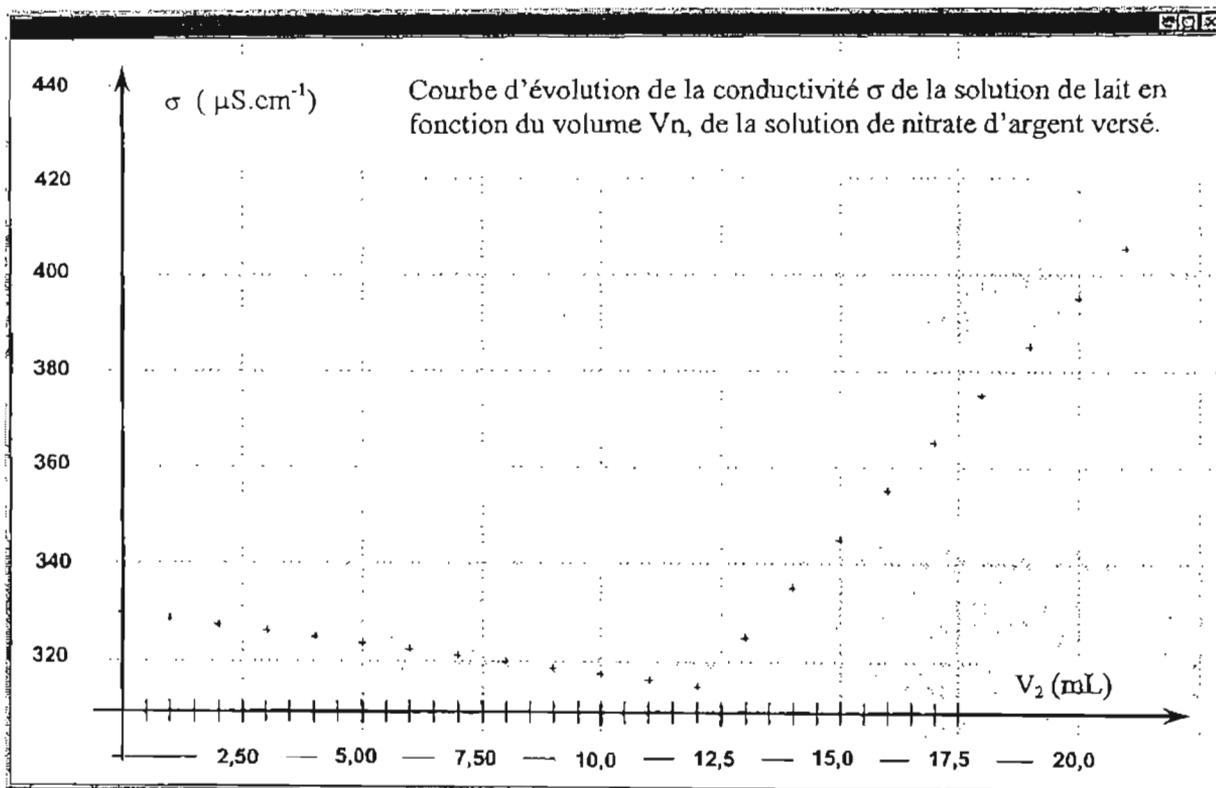


DOCUMENT N° 5



ANNEXE N° 2 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

DOCUMENT N° 1



ANNEXE N°3 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

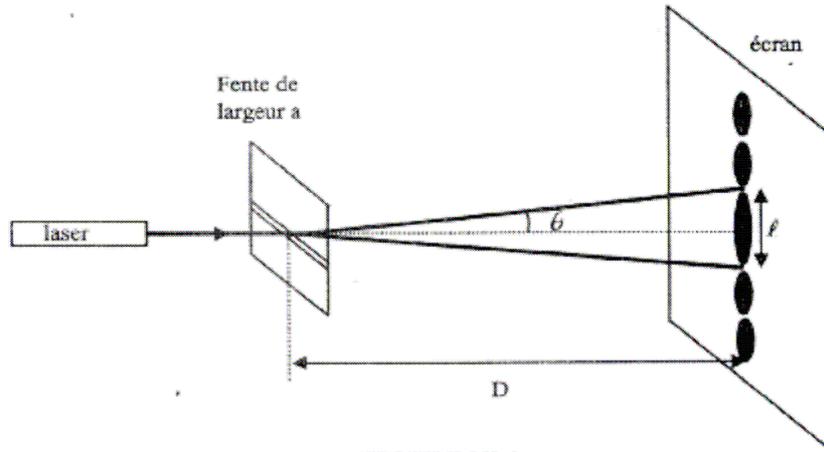


FIGURE N° 1

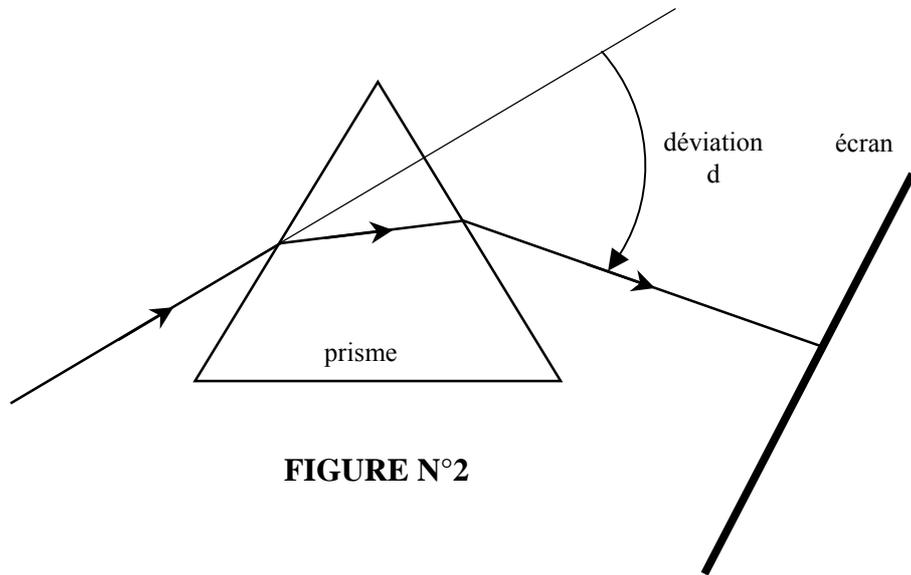


FIGURE N°2

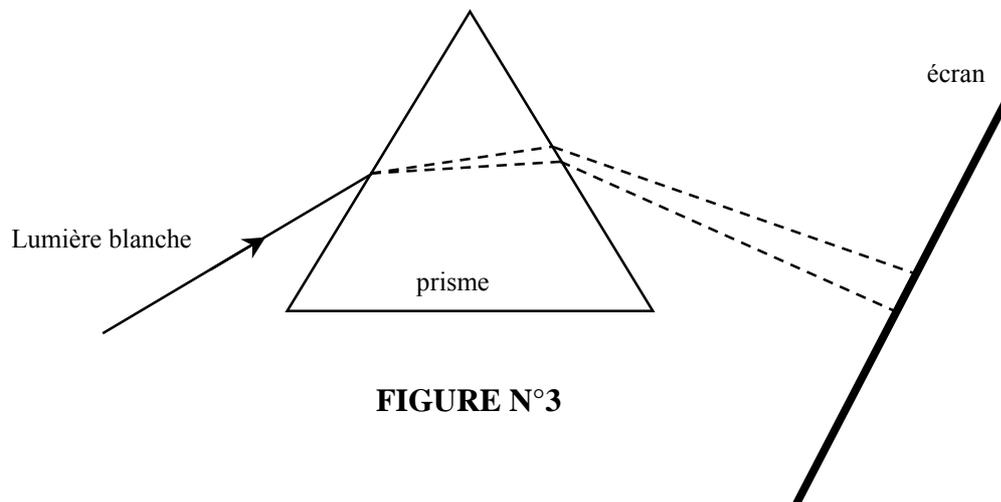


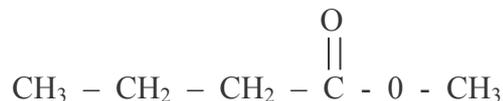
FIGURE N°3

LA CHIMIE AU SERVICE DE LA PARFUMERIE

Pour sa création au printemps 2006, un illustre parfumeur décide d'utiliser l'odeur de pomme et celle de la banane, effluves de son nouveau parfum. Il choisit d'utiliser l'arôme naturel de pomme mais, pour des raisons économiques, de synthétiser une molécule à odeur de banane.

1. UN PARFUM DE POMME

Une des molécules présentes dans l'arôme naturel de pomme est un ester E de formule semi-développée :



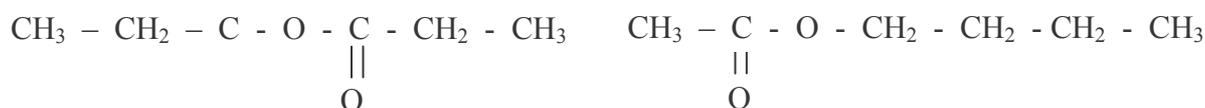
1.1. Nommer l'ester E.

1.2. Écrire les formules semi-développées de l'acide carboxylique et de l'alcool qui permettent la synthèse de cet ester.

1.3. Écrire l'équation associée à la réaction d'estérification.

L'arôme naturel de pomme est un mélange complexe constitué d'un grand nombre de molécules, dont deux esters. Le premier est l'ester E étudié dans la question précédente ; le second est l'éthanoate de butyle, noté B.

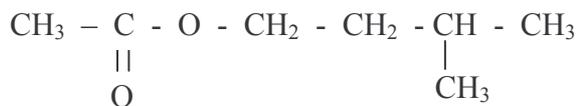
1.4. On donne ci-dessous les formules de plusieurs molécules : identifier et recopier celle de l'ester B.



1.5. Le parfumeur désire extraire uniquement l'ester E de l'arôme naturel de pomme. Il procède à une distillation fractionnée. Légendez le montage qu'il utilise pour réaliser cette extraction, donné en ANNEXE 1 (à rendre avec la copie).

2. UN PARFUM DE BANANE

L'ester à odeur de banane se nomme éthanoate d'isoamyle ou éthanoate de 3-méthylbutyle, en nomenclature officielle. Sa formule semi-développée est :



Le parfumeur décide de synthétiser cet ester, son extraction étant trop coûteuse. Il utilise alors un mélange d'acide éthanoïque et d'alcool isoamylique, de formules semi-développées respectives :

$\text{CH}_3\text{-COOH}$ (acide éthanoïque) et $(\text{CH}_3)_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ (acide isoamylique)

Avant de se lancer dans une production à grande échelle, le parfumeur décide de réaliser l'expérience. Pour cela, il introduit dans un erlenmeyer 1,00 mol d'acide éthanoïque et 1,00 mol d'alcool isoamylique. Le mélange est maintenu à température constante. Il prélève régulièrement un échantillon du mélange qu'il refroidit brutalement puis il dose l'acide restant par une solution d'hydroxyde de sodium. La quantité de matière d'acide est notée n_A . Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

t (en h)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
n_A (en mol)	1,00	0,82	0,70	0,54	0,46	0,41	0,38	0,35	0,34	0,34

2.1. Le tableau descriptif de l'évolution du système est donné ci-dessous. L'avancement à une date t est noté x .

Équation de la réaction		acide éthanoïque	+	alcool isoamylique	=	éthanoate d'isoamyle	+	eau
État du système	x (en mol)	Quantités de matière (en mol)						
État initial	0	$(n_A)_i = 1,00 \text{ mol}$		$(n_{\text{alcool}})_i$		0		0
Date t	x	n_A		n_{alcool}		n_{ester}		n_{eau}
État final	x_f	$(n_A)_f$		$(n_{\text{alcool}})_f$		$(n_{\text{ester}})_f$		$(n_{\text{eau}})_f$

2.1.1. Calculer la quantité de matière d'ester n_{ester} formée aux dates des prélèvements. Compléter le tableau de mesures donné en **ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)**. Justifier votre réponse en utilisant le tableau descriptif de l'évolution du système donné ci-dessus.

2.1.2. En utilisant le tableau descriptif de l'évolution du système, déterminer la valeur de l'avancement x_f à l'état final. Justifier votre réponse.

2.1.3. L'avancement maximal x_{max} de cette réaction vaut 1,00 mol. Définir le taux d'avancement final τ de la transformation. Le calculer.

2.1.4. Cette transformation est-elle totale ? Justifier votre réponse.

2.1.5. Comment augmenter la valeur du taux d'avancement final pour cette réaction ? Deux réponses sont demandées.

2.2. La courbe représentant la quantité de matière d'ester formé en fonction du temps est donnée en **ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)**. On notera cette courbe $n_{\text{ester}} = f(t)$.

2.2.1. À l'aide de la courbe $n_{\text{ester}} = f(t)$, interpréter qualitativement la variation de la vitesse de réaction au cours du temps. Quel facteur cinétique permet d'expliquer cette évolution ?

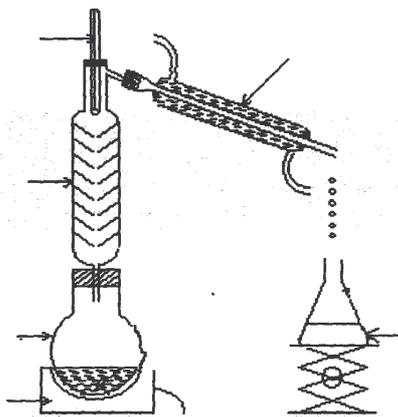
2.2.2. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

2.2.3. En utilisant la courbe $n_{\text{ester}} = f(t)$, déterminer graphiquement le temps de demi-réaction de cette synthèse. Faire apparaître clairement la construction réalisée sur le graphique.

2.2.4. Quel est le but du refroidissement brutal effectué avant chaque dosage ?

2.2.5. Le parfumeur décide de refaire l'expérience à une température plus élevée. Représenter, sur le même graphique que celui représentant $n_{\text{ester}} = f(t)$, l'allure de la courbe obtenue dans ces conditions.

ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)

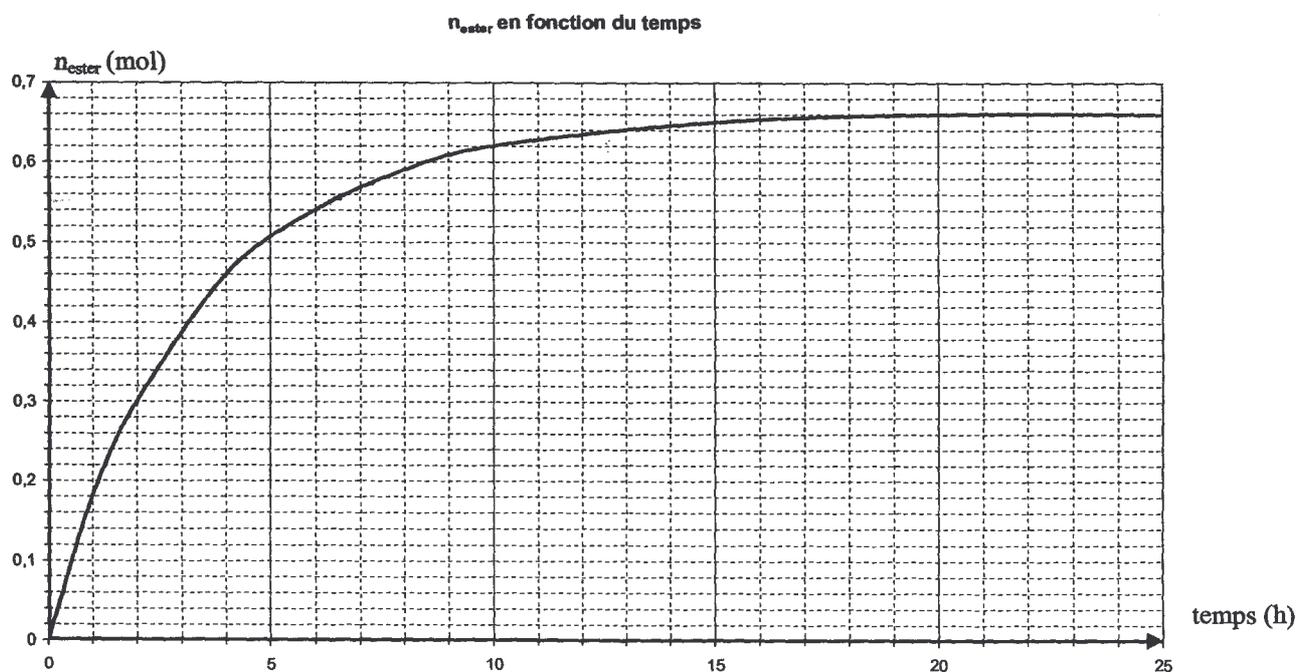


Montage de la distillation fractionnée

Tableau de mesures de la question 2.1.1

t (en h)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
n_A (en mol ^o)	1,00	0,82	0,70	0,54	0,46	0,41	0,38	0,35	0,34	0,34
n_{ester} (en mol)		0,30						0,65		0,66

Courbe représentant la quantité de matière d'ester formé en fonction du temps



PRINCIPE D'UNE MINUTERIE

1. ÉTUDE THÉORIQUE D'UN DIPÔLE RC SOUMIS À UN ÉCHELON DE TENSION.,

Le montage du circuit électrique schématisé ci-contre (figure 1) comporte :

- un générateur idéal de tension de force électromotrice $E = 12,0 \text{ V}$;
- un conducteur ohmique de résistance R inconnue ;
- un condensateur de capacité $C = 120 \mu\text{F}$;
- un interrupteur K .

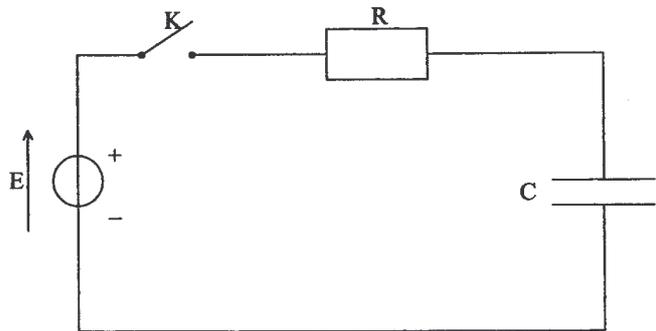


Figure 1

Le condensateur est initialement déchargé. À la date $t = 0$, on ferme l'interrupteur K .

Sur le schéma du circuit donné en ANNEXE 2 (figure 1 à rendre avec la copie), une flèche représente le sens de circulation du courant d'intensité i dans le circuit. Ce sens sera considéré comme le sens positif.

Par ailleurs, on note q la charge de l'armature du condensateur qui se chargera positivement.

1.1. En utilisant la convention récepteur, représenter par des flèches sur la figure 1 de l'ANNEXE 2 les tensions u_c aux bornes du condensateur et u_R aux bornes du conducteur ohmique.

1.2. Donner l'expression de U_R en fonction de i .

1.3. Donner l'expression de i en fonction de la charge q du condensateur.

1.4. Donner la relation liant q et u_c .

1.5. En déduire l'expression de i en fonction de la capacité C et de la tension u_c .

1.6. En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir une relation entre E , u_R et u_c .

1.7. Établir l'équation différentielle notée (1) à laquelle obéit u_c .

1.8. $u_c = E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, avec $\tau = RC$, est solution de l'équation différentielle (1).

1.8.1. Vérifier que $u_c = E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle (1).

1.8.2. De même, vérifier que $u_c = E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, respecte la condition initiale.

1.9. On s'intéresse à la constante de temps du dipôle RC : $\tau = RC$.

1.9.1. Par une analyse dimensionnelle, vérifier que le produit $\tau = RC$ est bien homogène à une durée.

1.9.2. A l'aide de la courbe $u_c = f(t)$ donnée en ANNEXE 2 (figure 2 à rendre avec la copie), déterminer graphiquement la valeur de τ par la méthode de votre choix. La construction qui permet la détermination de τ doit figurer sur la courbe $u_c = f(t)$.

1.9.3. En déduire la valeur de la résistance R . Cette valeur sera donnée avec deux chiffres significatifs.

2. APPLICATION.

Au dipôle RC précédemment étudié, on associe un montage électronique qui commande l'allumage d'une lampe :

- la lampe s'allume lorsque la tension u_c aux bornes du condensateur est inférieure à une valeur limite $u_{al} = 6,0 \text{ V}$;
- la lampe s'éteint dès que la tension u_c aux bornes du condensateur est supérieure à cette valeur limite $u_{a1} = 6,0 \text{ V}$.

Le circuit obtenu (figure 3) est le suivant :

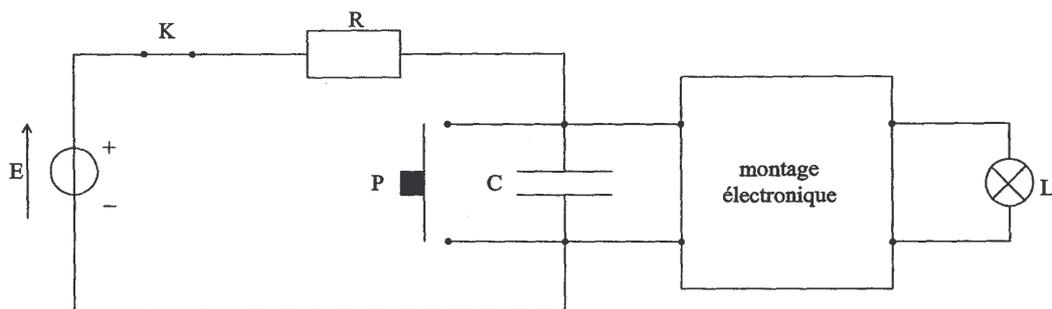


figure 3

Fonctionnement du bouton poussoir :

Lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir, ce dernier entre en contact avec les deux bornes du condensateur et se comporte comme un fil conducteur de résistance nulle. Il provoque la décharge instantanée du condensateur.

Lorsqu'on relâche le bouton poussoir, ce dernier se comporte alors comme un interrupteur ouvert.

2.1. Le condensateur est initialement chargé avec une tension égale à 12 V, la lampe est éteinte. On appuie sur le bouton poussoir P.

Que devient la tension aux bornes du condensateur u_c pendant cette phase de contact ? La lampe s'allume-t-elle ? Justifier la réponse.

2.2. On relâche le bouton poussoir.

2.2.1. Comment évolue qualitativement la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ?

2.2.2. La constante de temps du dipôle RC utilisé est $\tau = 25$ s.

Comment évolue l'état de la lampe aussitôt après avoir relâché le bouton poussoir ?

2.2.3. En vous aidant de la solution de l'équation différentielle (donnée à la question 1.8.1.), donner l'expression littérale de la date t_{al} , à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite u_{al} en fonction de u_{al} , E et τ .

2.2.4. Calculer la valeur de t_{al} durée d'allumage de la lampe.

2.2.5. Retrouver graphiquement la valeur de t_{al} à l'aide de la courbe $u_c = f(t)$ fournie en ANNEXE 2 (figure 2 à rendre avec la copie). Indiquer clairement cette durée sur le graphe.

2.3. La tension aux bornes du générateur E étant constante, on voudrait augmenter la durée d'allumage. Quels sont les deux paramètres du circuit électrique de la figure 1 sur lesquels on peut agir ? Préciser pour chacun d'entre eux comment ils doivent varier.

ANNEXE 2 : A RENDRE AVEC LA COPIE

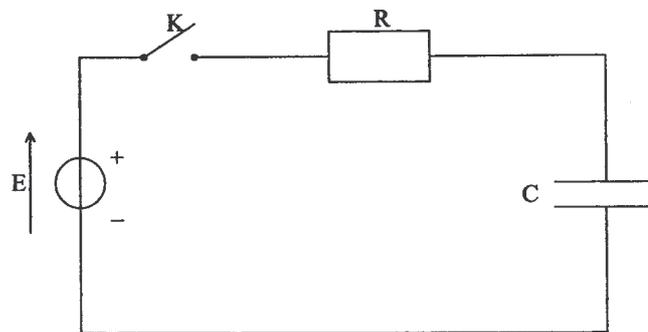


Figure 1

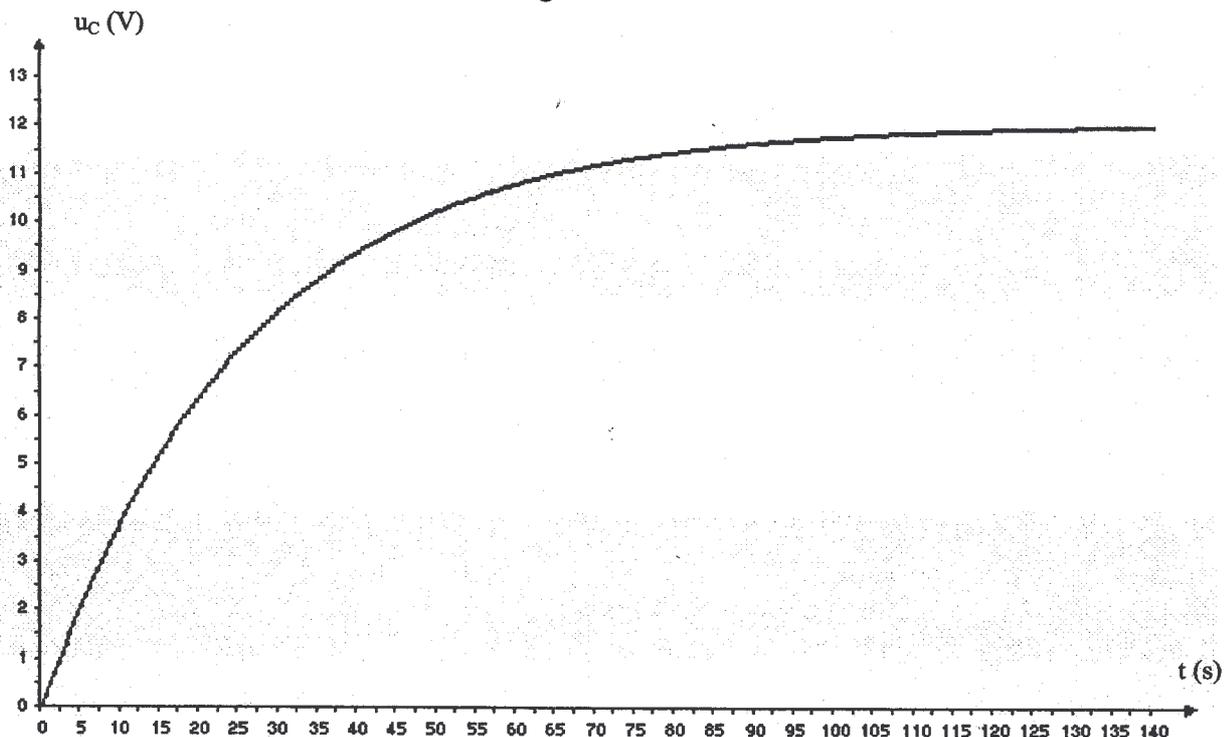


Figure 2

LA HOULE

On s'intéressera dans cet exercice à l'étude de la houle en haute mer, à savoir en eau profonde, et aux caractéristiques de celle-ci en fonction d'une échelle en intensité appelée échelle de Beaufort.

Dans une revue maritime traitant du sujet, on peut lire le texte suivant :

Lorsque le vent souffle sur une mer calme, le frottement de l'air crée de petites rides puis des vaguelettes et enfin des vagues à mesure que la vitesse du vent augmente. L'ensemble de ces vagues, généré sur un intervalle de temps plus ou moins long, constitue la houle. Cette houle peut être décrite à l'aide de trois paramètres.

- La **hauteur h** , définie comme la distance verticale entre le sommet de la crête et le fond du creux de la vague.
- La **longueur L** , comme la distance entre deux crêtes ou deux creux successifs.
- La **cambrure**, définie comme le rapport de sa hauteur sur sa longueur
- La **cambrure**, définie comme le rapport de sa hauteur sur sa longueur.

Ainsi le phénomène de la houle peut être considéré comme une onde mécanique. Aussi on assimilera dans tout l'exercice la houle à une onde progressive périodique sinusoïdale rectiligne dont les paramètres caractéristiques peuvent varier suivant l'état de la mer.



- 1
 - 1.1. Le schéma qui suit représente la surface de l'eau affectée par la houle à un instant donné. Placer sur le schéma identique donné en ANNEXE 3 (à rendre avec la copie) les paramètres « hauteur » et « longueur »
 - 1.2. A quelle grandeur spatiale, caractéristique d'un phénomène ondulatoire, est associé le terme « longueur » du texte d'introduction ? Quelle est sa définition ?
 - 1.3. Quelle grandeur temporelle permet de caractériser une onde mécanique ? Quelle est sa définition ?

L'échelle de Beaufort établie en 1805 – du nom de l'amiral de la marine britannique Francis Beaufort - graduée de 0 à 12 permet de caractériser la vitesse des vents. L'état de la mer étant directement lié à la vitesse du vent, cette échelle permet également de caractériser l'état de la mer et donc les conditions de navigation.

Le tableau ci-contre présente les derniers degrés d'une échelle de Beaufort simplifiée que le candidat utilisera dans la suite de l'exercice.

échelle de Beaufort simplifiée	
Degré sur l'échelle	Hauteur h de la houle (en mètres)
5	2,0
6	3,0
7	4,0
8	5,5
9	7,0
10	9,0
11	11,5
12	14,0

On se place dans le cas où la cambrure des vagues notée Ca est telle que $Ca = 1/7$. On gardera cette valeur de cambrure pour tout le reste de l'exercice.

2.
 - 2.1. Donner l'expression reliant la hauteur h des vagues, leur longueur L et leur cambrure Ca .
 - 2.2. Déterminer alors la longueur des vagues pour les degrés **6, 8, 10 et 12** de l'échelle de Beaufort. On placera les valeurs dans le tableau fourni en ANNEXE 3 à rendre avec la copie.

3.
 - 3.1. Donner l'expression reliant la longueur L de la question 1.2, la célérité v de l'onde et sa période T .
 - 3.2. En déduire l'expression reliant la longueur L , la célérité v et la fréquence f de l'onde associée.
 - 3.3. Le tableau fourni en ANNEXE 3 donne également les périodes associées aux différents degrés de l'échelle. Pour les degrés 7 et 10 de l'échelle de Beaufort déterminer la célérité v de l'onde associée.

On placera les valeurs dans le tableau fourni en ANNEXE 3 à rendre avec la copie.

- 4.
- 4.1. On donne en ANNEXE 3 la courbe traduisant l'évolution $v^2=f(L)$.
 Quel est le type de courbe obtenue ? Quelle expression mathématique simple relie alors le carré de la célérité à la longueur ?
- 4.2. Calculer alors le coefficient k caractéristique de cette relation. On précisera l'unité de cette grandeur.
- 5.
- 5.1. Rappeler la définition d'un milieu dispersif.
- 5.2. En utilisant la relation établie à la question 3.2 et celle établie à la question 4.2 déterminer l'expression littérale reliant la célérité v de la houle à sa fréquence f .
- 5.3. Conclure quant à la nature dispersive de ce milieu.

ANNEXE 3 Non spécialistes (A rendre avec la copie)

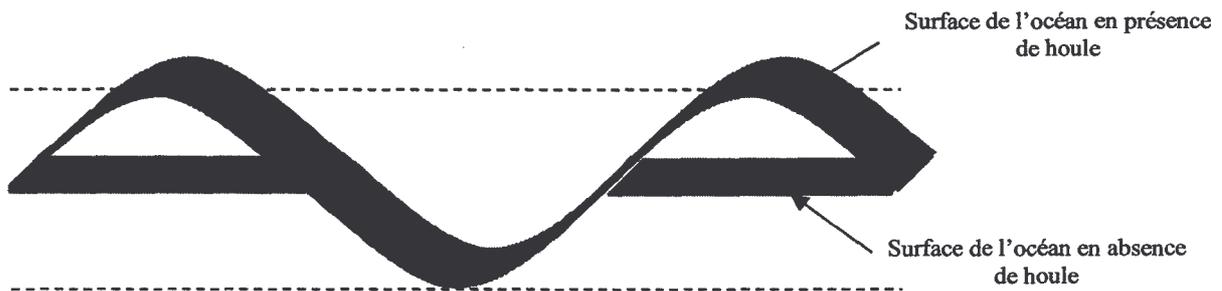
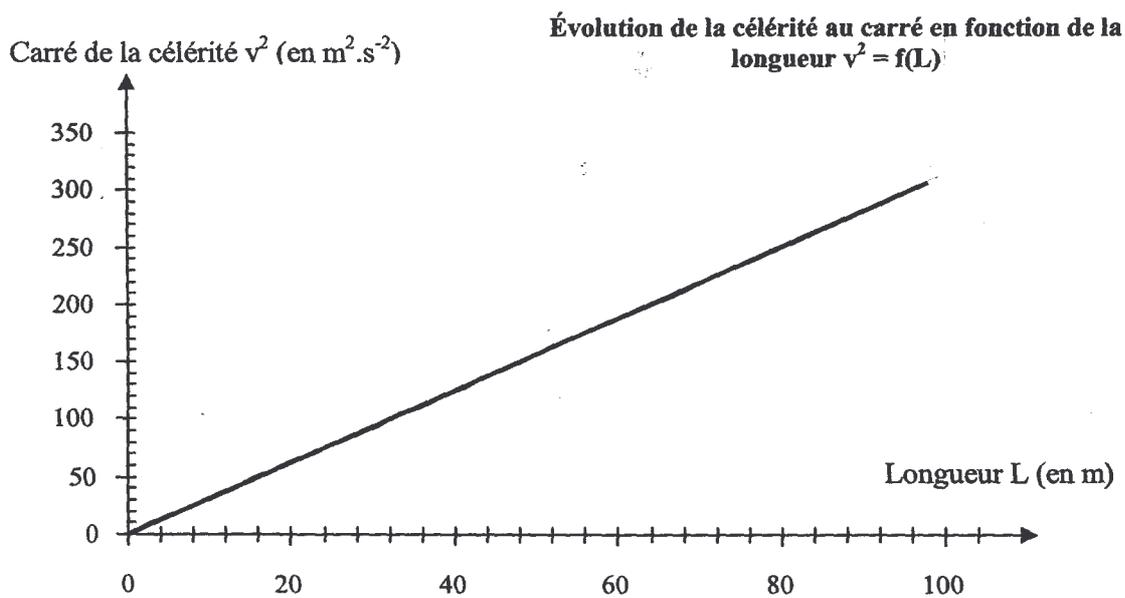


Tableau de valeur relatif aux questions 2.2 et 2.3

Echelle de Beaufort	5	6	7	8	9	10	11	12
Hauteur h de la houle (en m)	2,00	3,00	4,00	5,00	7,00	9,00	11,5	14,0
Longueur L (en m)	14,0		28,0		49,0		80,5	
Période T (s)	2,10	2,60	3,00	3,50	4,00	4,50	5,10	5,60
Célérité v (en $m.s^{-1}$)	6,67	8,08		11,0	12,3		15,8	17,5



Graphé relatif à la question 4.1

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 . - COEFFICIENT : 6

L'épreuve a été conçue pour être traitée AVEC calculatrice

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Évolution d'un système chimique (4 points).
- II. Systèmes libres et forcés dans une automobile (6,5 points).
- III. À propos des noyaux d'argent (5,5 points).

EXERCICE I. ÉVOLUTION D'UN SYSTÈME CHIMIQUE (4 points)

Données : pK_A des couples acide / base :

Acide méthanoïque $\text{HCOOH}(\text{aq})$ / ion méthanoate $\text{HCOO}^-(\text{aq})$: $pK_{A_1} = 3,8$

Acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})$ / ion benzoate $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})$: $pK_{A_2} = 4,2$

1. Étude de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et d'acide benzoïque de même concentration.

On dispose de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et d'acide benzoïque de même concentration molaire en soluté apporté $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure du pH d'un volume $V = 10 \text{ mL}$ de chaque solution fournit les résultats suivants :

- solution aqueuse d'acide méthanoïque : $\text{pH}_1 = 2,9$;
- solution aqueuse d'acide benzoïque : $\text{pH}_2 = 3,1$.

1.1. La réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.

1.1.1. Écrire l'équation de cette réaction.

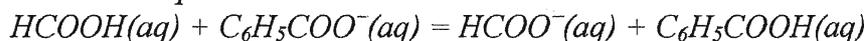
1.1.2. Calculer son avancement final, son avancement maximal ; en déduire son taux d'avancement final. On pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique.

1.1.3. Conclure sur le caractère total ou non de la transformation chimique mettant en jeu la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.

1.2. À partir de la comparaison des valeurs des pH des solutions aqueuses d'acide méthanoïque et benzoïque, dire pour quel acide la réaction avec l'eau est la plus avancée.

2. Évolution d'un système chimique.

Soit la réaction chimique suivante :



2.1. Exprimer la constante d'équilibre de cette réaction puis calculer sa valeur.

2.2. On dispose de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et de benzoate de sodium de même concentration molaire en soluté apporté c et de solutions aqueuses d'acide benzoïque et de méthanoate de sodium de même concentration molaire en soluté apporté c' . On admettra que, dans leurs solutions aqueuses respectives :

$$[\text{HCOOH}(\text{aq})] = c ; [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})] = c ; [\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})] = c' ; [\text{HCOO}^-(\text{aq})] = c'.$$

On mélange des volumes $V = 10,0 \text{ mL}$ égaux des quatre solutions ci-dessus.

2.2.1. Les concentrations molaires en soluté apporté c et c' ont les valeurs suivantes :

$$c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } c' = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

Calculer le quotient de réaction dans l'état initial dans ce cas précis. Dans quel sens va évoluer le système chimique ?

Donnée : les réactions sur l'eau des ions benzoate et méthanoate sont peu avancées.

2.2.2. En maintenant $V = 10,0 \text{ mL}$ et $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, quelle valeur faudrait-il donner à c' pour que le système soit en équilibre ?

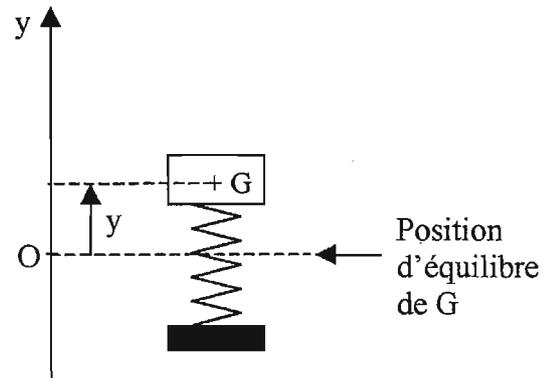
EXERCICE II. SYSTÈMES LIBRES ET FORCÉS DANS UNE AUTOMOBILE (6,5 points)

Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes

1. La suspension : les amortisseurs. (4 pts)

La suspension d'une automobile permet d'atténuer les oscillations verticales, inconfortables et dangereuses pour les passagers, se produisant lors du passage dans un trou ou sur un obstacle. Elle se compose au niveau de chaque roue d'un ressort et d'un amortisseur (généralement à huile).

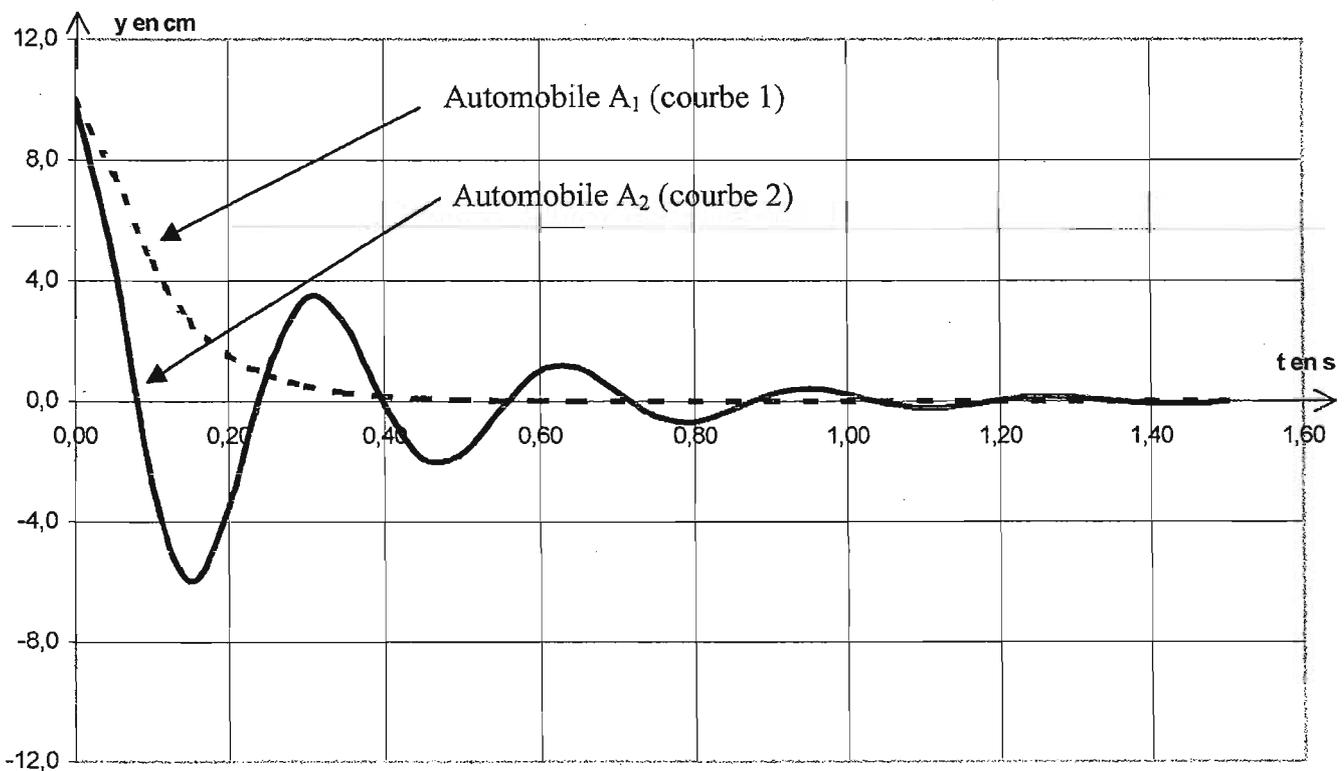
Pour étudier ce système, l'automobile est modélisée par un solide de masse m , de centre d'inertie G reposant sur un ressort vertical de constante de raideur k . Le repérage des positions y du centre d'inertie de l'automobile se fait selon un axe vertical Oy orienté vers le haut ; l'origine O est choisie à la position d'équilibre G_0 du centre d'inertie du solide. Les amortisseurs engendrent globalement une force de frottement opposée au vecteur vitesse du solide et proportionnelle à sa valeur ; le coefficient de proportionnalité η s'appelle coefficient d'amortissement.



1.1. Quelle est l'expression correcte de la période propre T_0 de l'oscillateur? La justifier par une analyse dimensionnelle :

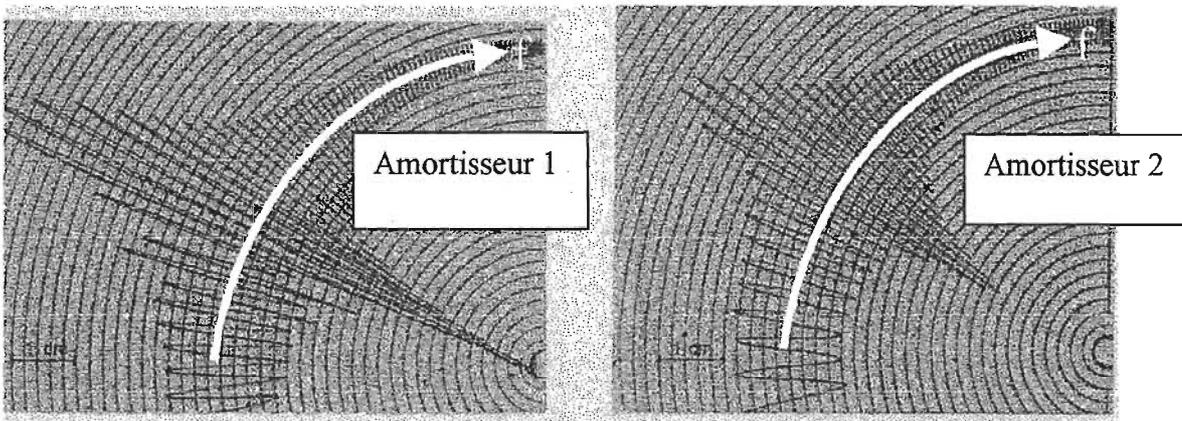
a) $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ b) $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ c) $T_0 = 2\pi\sqrt{k m}$

1.2. On considère deux automobiles A_1 et A_2 , assimilables chacune à un solide de même masse m reposant sur un ressort vertical de constante de raideur $k = 6,0 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$. La figure ci-après présente les courbes $y(t)$ des positions du centre d'inertie G du solide modélisant chaque automobile lors du passage sur une bosse.



- 1.2.1. Les oscillations sont-elles libres ou forcées ?
- 1.2.2. Donner les noms des régimes associés aux courbes 1 et 2.
- 1.2.3. L'une des courbes présente une pseudo-période. Déterminer graphiquement sa valeur.
- 1.2.4. En admettant que la valeur de la pseudo-période est très voisine de celle de la période propre, calculer la masse m commune de chaque automobile.
- 1.2.5. Les allures différentes des courbes sont dues au coefficient d'amortissement η .
Quelle courbe correspond à la plus grande valeur de η ? Justifier la réponse.
Quelle automobile possède la meilleure suspension ?

1.3. De nombreux garages possèdent un dispositif permettant de tester la suspension d'une automobile : il impose à la roue testée une excitation verticale périodique dont on peut faire varier la fréquence f . Le dispositif permet d'enregistrer l'amplitude des oscillations de la caisse en fonction de la fréquence. Les courbes ci-dessous ont été obtenues lors de deux tests réalisés sur deux amortisseurs.



- 1.3.1. À quel type d'oscillations sont soumis les amortisseurs lors de ces tests ? Justifier la réponse en citant un verbe dans la description du dispositif servant au test.
- 1.3.2. L'amplitude des oscillations passe par un maximum pour une fréquence voisine d'une fréquence caractéristique de l'amortisseur. Laquelle ? Comment s'appelle alors ce phénomène ?
- 1.3.3. Quel est l'amortisseur qui assure le plus de confort aux passagers ?

2. L'alimentation électrique : l'accumulateur au plomb.

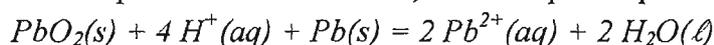
La batterie de démarrage d'une automobile est constituée par l'association, en série, de plusieurs éléments d'accumulateurs au plomb.

Un élément d'accumulateur comprend deux électrodes : l'une est en plomb métal $Pb(s)$, l'autre est recouverte de dioxyde de plomb $PbO_2(s)$. Elles sont immergées dans une solution aqueuse d'acide sulfurique.

Les deux couples oxydant / réducteur impliqués dans le fonctionnement de cet accumulateur sont : $PbO_2(s) / Pb^{2+}(aq)$ et $Pb^{2+}(aq) / Pb(s)$

2.1. Lors de la décharge, l'accumulateur joue le rôle de générateur. L'oxydant $PbO_2(s)$ et le réducteur $Pb(s)$ réagissent spontanément l'un sur l'autre.

- 2.1.1. En écrivant les équations aux électrodes, montrer que l'équation de la réaction s'écrit alors :



- 2.1.2. Identifier l'électrode négative de ce générateur en justifiant la réponse.

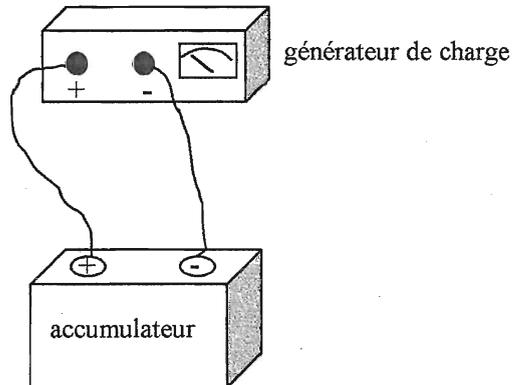
- 2.1.3. Le fonctionnement du démarreur nécessite un courant d'intensité 200 A.

Le conducteur actionne le démarreur pendant 1,0 s ; quelle est la masse de plomb Pb(s) consommée ?

Données : masse molaire atomique du plomb : $207,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1 faraday ($1\mathcal{F}$) = $96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$; constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

2.2. Lors de la charge, l'accumulateur joue le rôle d'électrolyseur. Un générateur de charge, de force électromotrice supérieure à celle de l'accumulateur est branché en opposition avec celui-ci : la borne positive du générateur est reliée à l'électrode positive de l'accumulateur, la borne négative à l'électrode négative.



2.2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique se produisant lors de la charge.

2.2.2. La transformation est-elle spontanée ou forcée ?

EXERCICE III. À PROPOS DES NOYAUX D'ARGENT. (5,5 points)

On soumet à un flux de neutrons lents un échantillon d'argent ne contenant que des atomes d'argent 107. Un noyau d'argent 107 capte un neutron et il se forme un noyau d'argent 108.

Le noyau d'argent 108 est radioactif. Il se désintègre suivant plusieurs processus compétitifs dont la radioactivité β^- et la radioactivité β^+ .

Donnée : extrait de la classification périodique fournissant les symboles des éléments et leur numéro atomique

Rh Z = 45	Pd Z = 46	Ag Z = 47	Cd Z = 48	In Z = 49
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

1. Capture d'un neutron.

- 1.1. Rappeler les deux lois de conservation qui permettent d'écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction de capture d'un neutron par un noyau d'argent 107.

2. Désintégration du noyau d'argent 108.

- 2.1. Rappeler la nature des particules émises au cours des radioactivités β^- et β^+ . Écrire leur symbole.
- 2.2. Écrire les équations correspondant à chacune des transformations radioactives pour l'argent 108.

3. Activité d'un échantillon de noyaux d'argent 108.

On considère un échantillon contenant N_0 noyaux d'argent 108 à l'instant de date $t = 0$ s. Soit N , le nombre de noyaux restant à l'instant de date t .

- 3.1. Rappeler l'expression de N en fonction de N_0 , de t et de la constante radioactive λ .
- 3.2. Donner la définition de la demi-vie radioactive $t_{1/2}$.

3.3. La relation entre la demi-vie radioactive $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ est $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$. Le symbole \ln représente le logarithme népérien. Quelle est l'unité de λ ?

3.4. L'activité à l'instant t d'un échantillon est définie par la relation $A = -\frac{dN}{dt}$. Elle représente le nombre de désintégrations qui ont lieu par seconde.

On détermine l'activité en mesurant le nombre n_1 de désintégrations qui se produisent pendant une durée Δt très petite devant la demi-vie radioactive $t_{1/2}$. On a alors $A = \frac{n_1}{\Delta t}$.

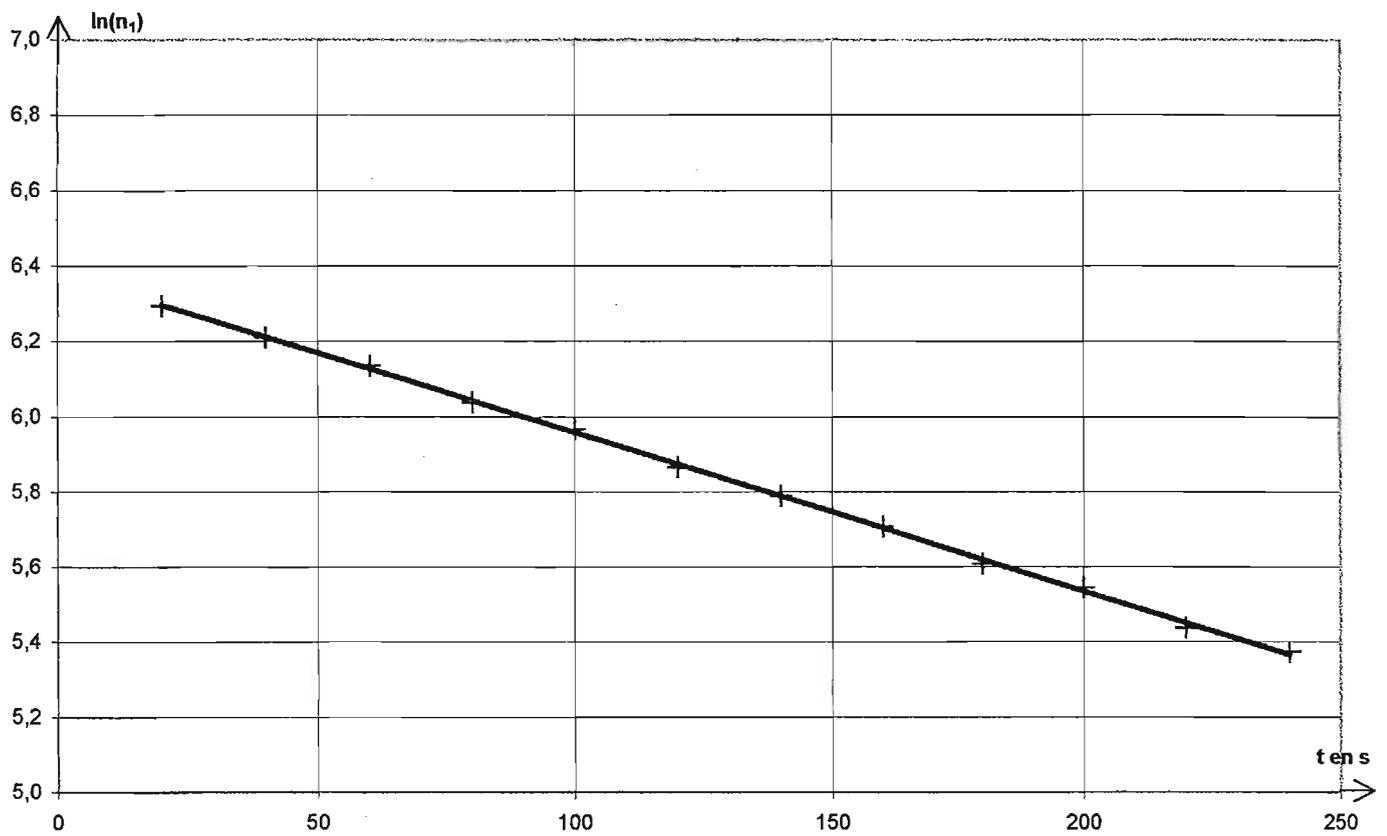
- 3.4.1. Montrer que l'activité peut aussi s'exprimer par $A = \lambda N$.
- 3.4.2. Exprimer n_1 en fonction de Δt , N_0 , t et λ .
- 3.4.3. En déduire l'expression de $\ln(n_1)$ en fonction de Δt , N_0 , t et λ .

4. Demi-vie radioactive de l'argent 108.

On se propose de déterminer expérimentalement la demi-vie de l'argent 108. On s'inspire des résultats théoriques de la question 3 et on mesure le nombre n_1 de désintégrations obtenues pendant la durée $\Delta t = 0,50$ s. Cette mesure se répète toutes les 20 s. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

t en s	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
n_1	542	498	462	419	390	353	327	301	273	256	230	216

Grâce à un tableur, il est possible de tracer le graphe représentant l'évolution de $\ln(n_1)$ en fonction du temps. Le graphe est donné ci-après.



- 4.1. La représentation graphique est-elle en accord avec la relation trouvée à la question 3.4.2. ?
- 4.2. En utilisant le graphe, déterminer λ et N_0 .
- 4.3. En déduire $t_{1/2}$.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices **N'EST PAS** autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les feuilles annexes (page 11 et 12) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Comme un poisson dans l'eau (6,5 points)
- II. La vie d'une bulle (5,5 points)
- III. Nucléosynthèse des éléments chimiques (4 points)

EXERCICE I. COMME UN POISSON DANS L'EAU (6,5 points)

L'aquariophilie est une passion qui touche de plus en plus d'amateurs mais aussi de néophytes. De nombreux facteurs peuvent contribuer à un déséquilibre dangereux pour la vie et la santé des poissons. Il est donc nécessaire de contrôler régulièrement la qualité de l'eau.

Le pH de l'eau est la première grandeur qu'il faut mesurer, au moins une fois par semaine, et ajuster éventuellement. En effet, certains poissons ne peuvent évoluer que dans un milieu acide (c'est le cas des poissons d'Amazonie comme les Néons ou les Tétràs), d'autres dans un milieu basique (c'est le cas des poissons d'Amérique Centrale comme les Platy et les Molly). Aucun de ces poissons ne tolère une trop forte teneur en ions ammonium (NH_4^+) ou en ions nitrite (NO_2^-) : le cycle de l'azote doit donc être surveillé en évitant soigneusement la surpopulation de l'aquarium et l'excès de nourriture.

D'après « Poissons et aquariums » - Édition Larousse

L'exercice suivant est destiné à préciser certains points de ce texte. On étudie d'abord un produit commercial utilisé pour diminuer le pH de l'eau de l'aquarium ; on s'intéresse ensuite à la formation des ions ammonium.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

- Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.
- Le logarithme décimal est noté \lg .

1. Étude d'une solution commerciale destinée à diminuer le pH de l'aquarium

Sur l'étiquette du produit on peut lire que la solution commerciale S_0 est constituée d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- (\text{aq})$) mais aucune concentration n'est indiquée. La transformation conduisant à l'acide chlorhydrique étant totale, la concentration c_0 de la solution commerciale est égale à la concentration en ions H_3O^+ . On cherche à déterminer cette concentration en faisant un titrage pH-métrique. Pour cela on dilue 50 fois la solution commerciale et on procède au titrage d'un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de la solution diluée S_A à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium S_B ($\text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$. On obtient la courbe de la **figure 1**. On a également fait apparaître la courbe représentant la dérivée du pH en fonction du volume de soude versé.

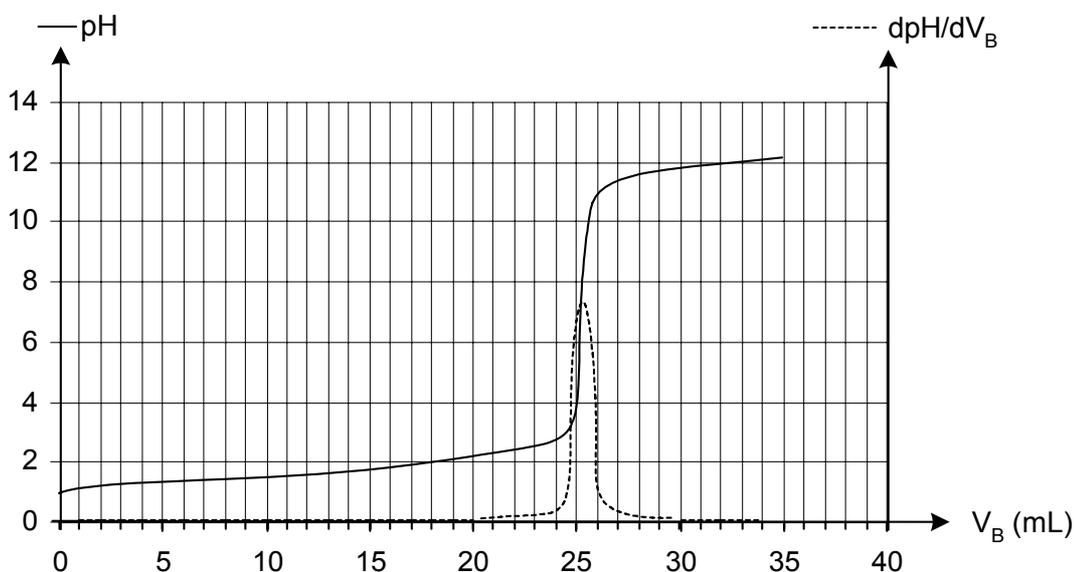


Figure 1 : Titrage de la solution commerciale diluée par la soude

Aide au calcul :

$$\begin{array}{ll} \lg 8 \approx 0,9 & \lg 5 \approx 0,7 \\ 10^{6,4} \approx 2,5 \times 10^6 & 10^{-6,4} \approx 4,0 \times 10^{-7} \end{array}$$

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

1.2. Équivalence

1.2.1. Définir l'équivalence.

1.2.2. En déduire la valeur de la concentration des ions oxonium dans la solution diluée S_A .

1.2.3. Montrer que dans la solution commerciale, la concentration des ions oxonium $[H_3O^+]$ est **voisine** de $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Cette valeur sera utilisée pour la suite de l'exercice.

1.3. On désire diminuer le pH de l'eau de l'aquarium et l'amener à une valeur proche de 6 alors qu'il était initialement égal à 7. Sur le mode d'emploi du fabricant on peut lire qu'il faut verser, en une fois, 20 mL de la solution commerciale dans 100 L d'eau. Pour simplifier le calcul, on considérera que le volume final reste égal à 100 L.

Quelle serait la valeur du pH final de l'eau de l'aquarium s'il n'y avait qu'une simple dilution des ions H_3O^+ ?

1.4. L'eau étant toujours plus ou moins calcaire, elle contient des ions hydrogénocarbonate ($HCO_3^-(aq)$) dont il faut tenir compte. Les ions H_3O^+ introduits vont, en effet, réagir avec ces ions. L'équation associée à la réaction considérée est la suivante :



1.4.1. Donner l'expression de la constante d'équilibre K_1 associée à l'équation de la réaction 1 en fonction des concentrations des différentes espèces chimiques présentes.

1.4.2. Exprimer cette constante d'équilibre en fonction de la constante d'acidité K_A du couple :



Déterminer sa valeur numérique.

Donnée : $K_A = 10^{-6,4}$

1.5. L'eau utilisée pour l'aquarium est très calcaire. Dans cette eau, les concentrations molaires initiales des espèces mises en jeu dans la réaction 1 sont telles que le quotient de réaction initial de cette réaction vaut : $Q_{r,i} = 5,0$.

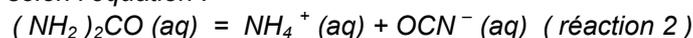
1.5.1. En utilisant le critère d'évolution spontanée, montrer que des ions H_3O^+ sont consommés si l'eau est calcaire.

1.5.2. Le pH final sera-t-il supérieur, égal ou inférieur au pH calculé à la question 1.3. ?

1.5.3. Dans la notice du fabricant on trouve la phrase suivante : « Assurez-vous par des tests réguliers que votre eau est suffisamment calcaire car sinon il pourrait y avoir des risques de chutes acides ». Expliquer.

2. Étude de la formation des ions ammonium.

L'urée, de formule $(NH_2)_2CO$, est un polluant de l'aquarium. Elle est contenue dans les déjections de certains poissons et conduit, au cours d'une réaction lente, à la formation d'ion ammonium NH_4^+ et d'ions cyanate OCN^- selon l'équation :



L'étude de la cinétique de cette réaction 2 peut être réalisée par conductimétrie. Pour cela on prépare un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ d'une solution d'urée de concentration molaire en soluté apporté égale à $c = 0,020 \text{ mol.L}^{-1}$ et on suit sa décomposition en la maintenant dans un bain marie à 45°C . À différentes dates, on mesure la conductivité de la solution.

La conductivité σ de cette solution peut s'exprimer en fonction des concentrations des espèces ioniques en solution et des conductivités molaires ioniques (les ions H_3O^+ et $OH^-(aq)$ sont en très faible quantité et pourront ne pas être pris en compte). On a donc la relation suivante :

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+] + \lambda_{OCN^-} [OCN^-]$$

2.1. Montrer que la concentration de la solution en ions $NH_4^+(aq)$ peut être déterminée à partir de la mesure de la conductivité de la solution, les conductivités molaires ioniques étant connues.

2.2. Évolution du système chimique

2.2.1. Compléter littéralement le tableau descriptif de l'évolution du système, figurant **EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**.

2.2.2. En déduire la relation, à chaque instant, entre la concentration en ions $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ en solution et l'avancement de la réaction.

2.2.3. Calculer l'avancement maximal x_{max} .

2.3. On peut ainsi représenter l'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps (voir **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**).

En déduire le taux d'avancement de la réaction à l'instant de date $t = 110 \text{ min}$.

2.4. La vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v(t) = \frac{x}{V} \frac{dt}{dt}$ où x est l'avancement de la réaction à l'instant de date t et V le volume de la solution.

Décrire, en utilisant la courbe précédente, l'évolution de cette vitesse.

2.5. En poursuivant l'expérience pendant une durée suffisante, on obtient une concentration finale : $[\text{NH}_4^+]_f = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$.

Déterminer le taux d'avancement final de cette transformation. Cette transformation est-elle totale ?

2.6. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction.

2.7. Dans l'aquarium, la valeur de la température est seulement de $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Tracer sur la **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, l'allure de la courbe précédente à cette température.

2.8. Les ions ammonium finissent par se transformer en ions nitrate dont l'accumulation risque de compromettre la vie des poissons. Ces derniers ions constituent un aliment essentiel pour les plantes vertes de l'aquarium. Expliquer pourquoi dans tous les livres d'aquariophilie, on dit que l'aquarium doit être « bien planté ».

EXERCICE II. LA VIE D'UNE BULLE (5,5 points)

On se propose dans cet exercice de faire une plongée au cœur de l'effervescence d'une boisson gazeuse, d'illustrer et d'interpréter sous l'angle de la physico-chimie les différentes étapes de la vie éphémère d'une bulle, à savoir : sa naissance, son ascension dans le liquide, et son éclatement en surface.

Dans tout l'exercice les bulles seront assimilées à des sphères, et la boisson à un liquide de masse volumique égale à celle de l'eau. Le référentiel d'étude est terrestre considéré comme galiléen.

Données :

Masses volumiques : eau $\rho_e = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; dioxyde de carbone $\rho_{dc} = 1,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Naissance et décolllement d'une bulle

Dans une bouteille fermée de boisson gazeuse, un équilibre s'établit entre le dioxyde de carbone qui est dissous dans la boisson et le dioxyde de carbone gazeux piégé dans le col de la bouteille. Lors de l'ouverture de celle-ci, l'équilibre est rompu et la boisson **se débarrasse d'une partie du dioxyde de carbone dissous qui retourne progressivement en phase gazeuse. Il y a formation de bulles qui vont s'enrichir continûment en gaz au cours de leur remontée.**

Dans un verre, les bulles naissent sur des sites de nucléation qui sont des embryons de bulle présents en solution ou de petites poches d'air piégées par des impuretés microscopiques (fibres de cellulose, microcristaux...). La **figure 1** illustre cette formation de bulles sur un site de nucléation.

Dès que la valeur de la poussée d'Archimède \vec{F}_A à laquelle la bulle est soumise dépasse la valeur de la force capillaire qui l'ancre à son site de nucléation, la bulle se détache. Puis une autre bulle naît et subit le même sort.

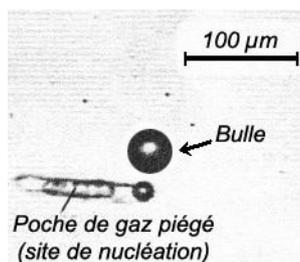


Figure 1

Pour une bulle qui vient de se détacher du site de nucléation dans un liquide de masse volumique ρ_e :

1.1. Donner la direction et le sens de la poussée d'Archimède \vec{F}_A qui s'exerce sur une bulle de volume V_0 dans la boisson.

1.2. Donner l'expression littérale de sa valeur en fonction du volume V_0 de la bulle.

2. Ascension d'une bulle : à la recherche d'une modélisation satisfaisante

À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$, une bulle de rayon $r_0 = 20 \text{ } \mu\text{m}$, située au point A à la profondeur $z_0 = 0 \text{ m}$ dans le repère $(O ; \vec{k})$ (**figure 2**), se détache de son site de nucléation avec une vitesse initiale v_0 nulle dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Elle remonte **verticalement** vers la surface S du liquide, qu'elle atteint avec une vitesse v_s d'environ $15 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans un premier temps (pour les questions 2.1. et 2.2.), on assimile la bulle de gaz à une sphère dont le volume ne varie pas lors de sa remontée.

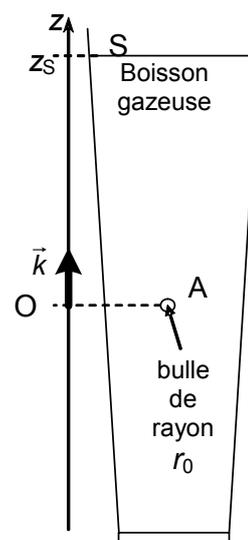


Figure 2

2.1. Étude du mouvement d'une bulle en l'absence de force de frottement

2.1.1. Montrer que le poids \vec{P}_0 de la bulle a une valeur négligeable devant celle de la poussée d'Archimède \vec{F}_A en calculant le rapport $\frac{P_0}{F_A}$.

2.1.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, établir l'expression de la coordonnée a_z du vecteur accélération de la bulle en fonction des masses volumiques ρ_e et ρ_{dc} et de g .

2.1.3. En déduire l'expression de la valeur de la vitesse de la bulle en fonction du temps.

2.1.4. Montrer que la durée t_s théoriquement nécessaire pour que la bulle atteigne la surface avec la vitesse v_s est alors d'environ trente microsecondes.

2.1.5. Cette valeur correspond-elle aux observations de la vie quotidienne ? Conclure quant à la validité du modèle proposé.

2.2. Étude du mouvement de la bulle en présence d'une force de frottement

Le liquide exerce sur la bulle une force de frottement, proportionnelle à sa vitesse, qui peut s'écrire vectoriellement $\vec{f} = -k\vec{v}$, k est un coefficient qui dépend du rayon de la bulle et de la viscosité du fluide dans lequel elle se déplace.

2.2.1. Représenter schématiquement, sans souci d'échelle, les forces non négligeables qui s'exercent sur la bulle en mouvement après son décollement du site de nucléation.

2.2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la vitesse de la bulle s'écrit alors :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{kv}{\rho_{dc}V} = \frac{\rho_e}{\rho_{dc}}g$$

2.2.3. En déduire l'expression littérale de la vitesse limite v_{lim} atteinte par la bulle.

2.2.4. *L'application numérique donne v_{lim} voisin de 1 mm.s^{-1} . Compte tenu de cette valeur, conclure quant à la validité du modèle proposé.*

2.3. Un autre paramètre à prendre en compte

Les modélisations précédentes ne décrivent pas de manière satisfaisante le mouvement de la bulle dans la boisson gazeuse. En particulier, les expériences réalisées dans du champagne montrent que la variation du volume de la bulle ne peut pas être négligée (figure 3). On se propose d'en trouver l'origine.

On suppose que la quantité de matière n_0 de gaz présent dans la bulle et la température restent constantes. Dans ce cas, lors d'une remontée de 12 cm du point A à la surface S, la diminution de pression du gaz ne ferait augmenter son volume initial que de 2 %.

Dans la réalité, l'augmentation du volume est un million de fois supérieure ! Un des deux paramètres supposés constants dans le texte précédent ne l'est donc pas.

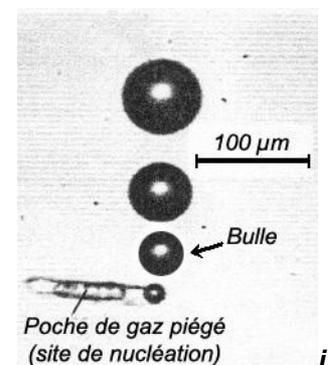


Figure 3

2.3.1. En s'aidant d'une phrase du texte introductif à la partie 1 de cet exercice, expliquer pourquoi le volume de la bulle augmente si fortement lors de sa remontée.

2.3.2. *Durant l'ascension le poids de la bulle est toujours négligeable devant la poussée d'Archimède.*

Sachant que le coefficient k défini à la question 2.2. augmente avec le rayon de la bulle, préciser qualitativement l'influence de la variation du volume de la bulle sur chacune des forces qui s'exercent sur elle au cours de la remontée.

Des laboratoires spécialisés ont élaboré des modèles plus satisfaisants tenant compte de paramètres négligés précédemment.

3. L'éclatement des bulles en surface

La bulle a maintenant gagné la surface et le film liquide qui constitue la partie émergée de la bulle s'amincit (figure 4.a) jusqu'à se rompre lorsque son épaisseur avoisine le micromètre. Le trou qui apparaît s'ouvre (figure 4.b) et la durée de disparition de la calotte sphérique n'est que de quelques dizaines de microsecondes ! Le cratère qui reste à la surface du liquide ne va pas durer (figure 4.c). De violents courants apparaissent et, en se refermant, cette cavité projette vers le haut un mince jet de liquide (figure 4.d). Le jet se brise ensuite en fines gouttelettes (figure 4.e) qui en retombant dans le liquide engendrent des ondes circulaires centrées sur la « bulle-mère » (figure 4.f). Ces observations nécessitent l'utilisation d'une caméra ultra-rapide capable de filmer jusqu'à 2 000 images par seconde avec une résolution proche du micromètre (figure 5).

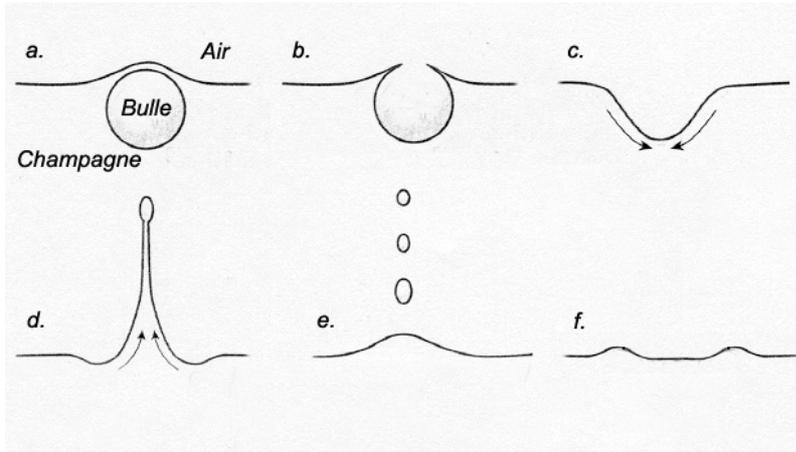


Figure 4

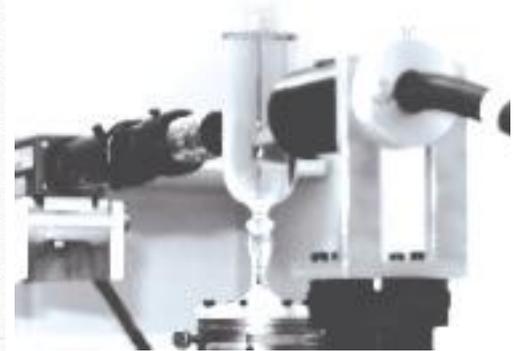


Figure 5

3.1. Malgré l'utilisation de la caméra ultra-rapide, pourquoi ne peut-on pas obtenir d'images du film liquide en train de se rompre ?

3.2. L'onde circulaire créée est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

Bien qu'éphémère, la vie d'une bulle n'en est pas moins riche en événements !

EXERCICE III. NUCLÉOSYNTÈSE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES (4 points)

Le but de cet exercice est d'étudier les réactions nucléaires qui se produisent dans l'univers, notamment dans les étoiles, et qui engendrent la synthèse des éléments chimiques.

Données :
masse d'un noyau d'hydrogène ou d'un proton : $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masse d'un positron (ou positon) : m_e
célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
constante radioactive du « béryllium 8 », $\lambda \approx 1 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

1. Les premiers éléments présents dans l'univers

Selon le modèle du big-bang, quelques secondes après l'explosion originelle, les seuls éléments chimiques présents étaient l'hydrogène (90%), l'hélium et le lithium, ce dernier en quantité très faible. Les physiciens ont cherché à comprendre d'où provenaient les autres éléments existant dans l'univers.

1.1. Déterminer la composition des noyaux des atomes d'hélium ${}^4_2\text{He}$ et ${}^3_2\text{He}$ ainsi que celle de l'ion hélium ${}^4_2\text{He}^{2+}$.

1.2. La synthèse des éléments chimiques plus lourds se fait par des réactions nucléaires. Pourquoi cette synthèse ne peut-elle pas se faire par des réactions chimiques ?

2. Fusion de l'hydrogène

Sous l'action de la force gravitationnelle les premiers éléments (hydrogène, hélium...) se rassemblent, formant des nuages gazeux en certains endroits de l'univers. Puis le nuage s'effondre sur lui-même et la température centrale atteint environ 10^7 K . À cette température démarre la première réaction de fusion de l'hydrogène dont le bilan peut s'écrire: $4\text{H} \rightarrow \text{He} + 4\text{H}^+$. Une étoile est née.

2.1. En notant m_{He} la masse d'un noyau d'« hélium 4 », écrire l'expression littérale de l'énergie $|\Delta E|$ libérée lors de cette réaction de fusion des 4 noyaux d'hydrogène.

L'application numérique donne une valeur voisine de $|\Delta E| \approx 4 \times 10^{-12} \text{ J}$.

2.2. Cas du Soleil

2.2.1. À sa naissance on peut estimer que le Soleil avait une masse d'environ $M_S = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$. Seul un dixième de cette masse est constituée d'hydrogène suffisamment chaud pour être le siège des réactions de fusion. On considère que l'essentiel de l'énergie produite vient de la réaction de fusion précédente.

Montrer que l'énergie totale E_T pouvant être produite par ces réactions de fusion est voisine de $E_T \approx 10^{44} \text{ J}$.

2.2.2. Des physiciens ont mesuré la quantité d'énergie reçue par la Terre et en ont déduit l'énergie E_S libérée par le Soleil en une année :

En déduire la durée Δt nécessaire pour que le Soleil consomme toutes ses réserves d'hydrogène.

3. Un produit de la fusion de l'hélium

D'autres réactions de nucléosynthèse peuvent se produire au cœur d'une étoile. Selon les modèles élaborés par les physiciens, l'accumulation par gravitation des noyaux d'hélium formés entraîne une contraction du cœur de l'étoile et une élévation de sa température. Lorsqu'elle atteint environ 10^8 K, la fusion de l'hélium commence : ${}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^8_4\text{Be}$. Il se forme ainsi des noyaux de « béryllium 8 » radioactifs de très courte durée de vie.

On s'intéresse à la radioactivité du « béryllium 8 ». Soit $N(t)$ le nombre de noyaux de « béryllium 8 » présents dans l'échantillon à l'instant de date t , et N_0 celui à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

3.1. En utilisant la loi de décroissance radioactive, démontrer la relation entre la demi-vie $t_{1/2}$ et la

constante radioactive λ : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

3.2. Calculer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du « béryllium 8 ».

Aide au calcul : $\ln 2 \approx 0,7$

3.3. En déduire le rapport $\frac{N(t)}{N_0}$ à l'instant de date $t_1 = 1,4 \times 10^{-16}$ s.

4. Vers des éléments plus lourds

Dans les étoiles de masse au moins 4 fois supérieure à celle du Soleil, d'autres éléments plus lourds peuvent ensuite être formés par fusion, par exemple le carbone ${}^{12}_6\text{C}$, l'oxygène ${}^{16}_8\text{O}$, le magnésium ${}^{24}_{12}\text{Mg}$, le soufre ${}^{32}_{16}\text{S}$ (...) et le fer ${}^{56}_{26}\text{Fe}$.

4.1. Donner l'expression littérale de l'énergie de liaison par nucléon $\frac{E_\ell}{A}$ d'un noyau de fer ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, en fonction des masses du neutron m_n , du proton m_p , du noyau de « fer 56 » m_{Fe} et de la célérité de la lumière dans le vide c .

4.2. Indiquer sur la courbe d'Aston représentée, **EN ANNEXE PAGE 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, le point correspondant à la position du noyau de « fer 56 ».

4.3. En s'aidant de la courbe précédente, dire où se situent les noyaux capables de libérer de l'énergie lors d'une réaction de fusion.

5. L'élément fer

Dans certaines étoiles, à la fin de la période des fusions, une explosion se produit libérant de l'énergie. Des noyaux de fer ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ sont dissociés et d'autres sont recréés par désintégration radioactive des noyaux de cobalt ${}^{56}_{27}\text{Co}$. Les noyaux de fer, formés dans un état excité, émettent alors des rayonnements d'énergie bien déterminée, tels que le satellite SMM a pu en détecter en 1987 en observant une supernova dans le nuage de Magellan.

5.1. Lors de la désintégration radioactive du noyau de cobalt ${}^{56}_{27}\text{Co}$ il se forme, en plus du fer ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, une autre particule.

Écrire l'équation de cette désintégration et nommer la particule formée.

5.2. L'un des rayonnements détectés a une énergie de 1238 keV.

5.2.1. Quelle est l'origine de ce rayonnement émis par le fer ?

5.2.2. Ce rayonnement a une énergie bien déterminée.

Que peut-on en déduire concernant les niveaux d'énergie du noyau de fer ?

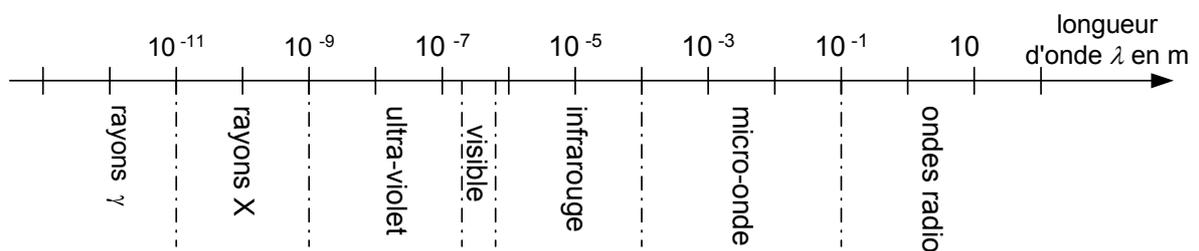
5.2.3. Ce rayonnement est-il un rayonnement X ou γ ? Justifier.

On pourra s'aider de la gamme de longueurs d'onde donnée sur la **figure1**.

Aide au calcul :

$$\frac{E}{h} \approx \frac{c}{\lambda} \approx \nu$$

Figure 1 : Gamme de longueurs d'onde



Remarque : L'énergie libérée lors de l'explosion de l'étoile permet de former les éléments de nombre de masse supérieur à 56.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

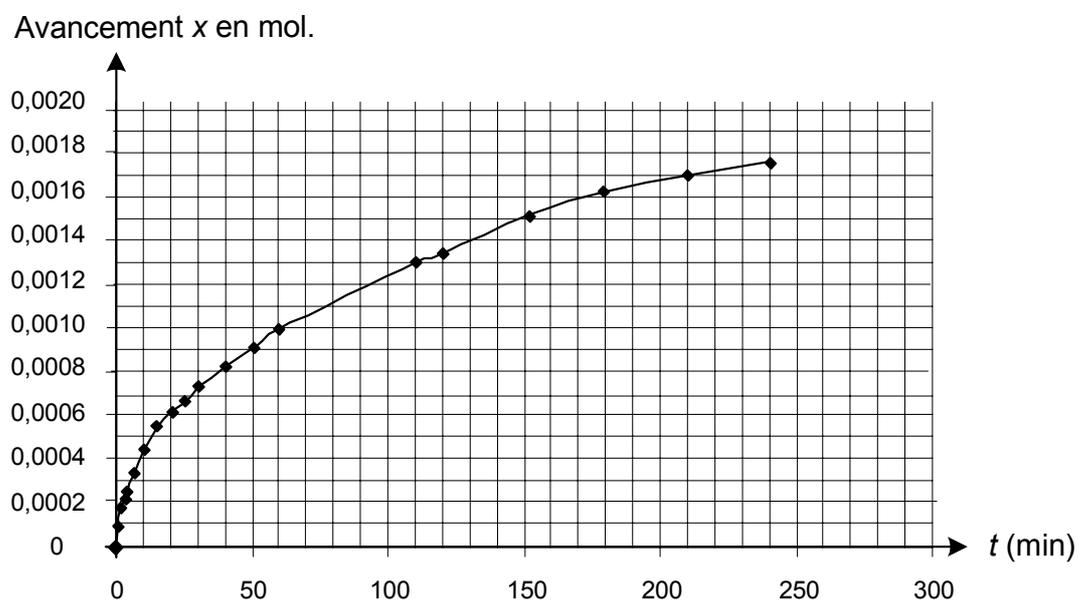
ANNEXE DE L'EXERCICE I

2. Étude de la formation des ions ammonium.

Tableau d'évolution du système chimique

État	Avancement (mol)	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{aq}) = \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OCN}^-(\text{aq})$		
		Quantités de matière (mol)		
		$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{aq})$	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{OCN}^-(\text{aq})$
État initial	$x = 0$			
État en cours d'évolution	x			
État final en supposant la transformation totale	x_{max}			

Figure 2 : Cinétique de la décomposition de l'urée.

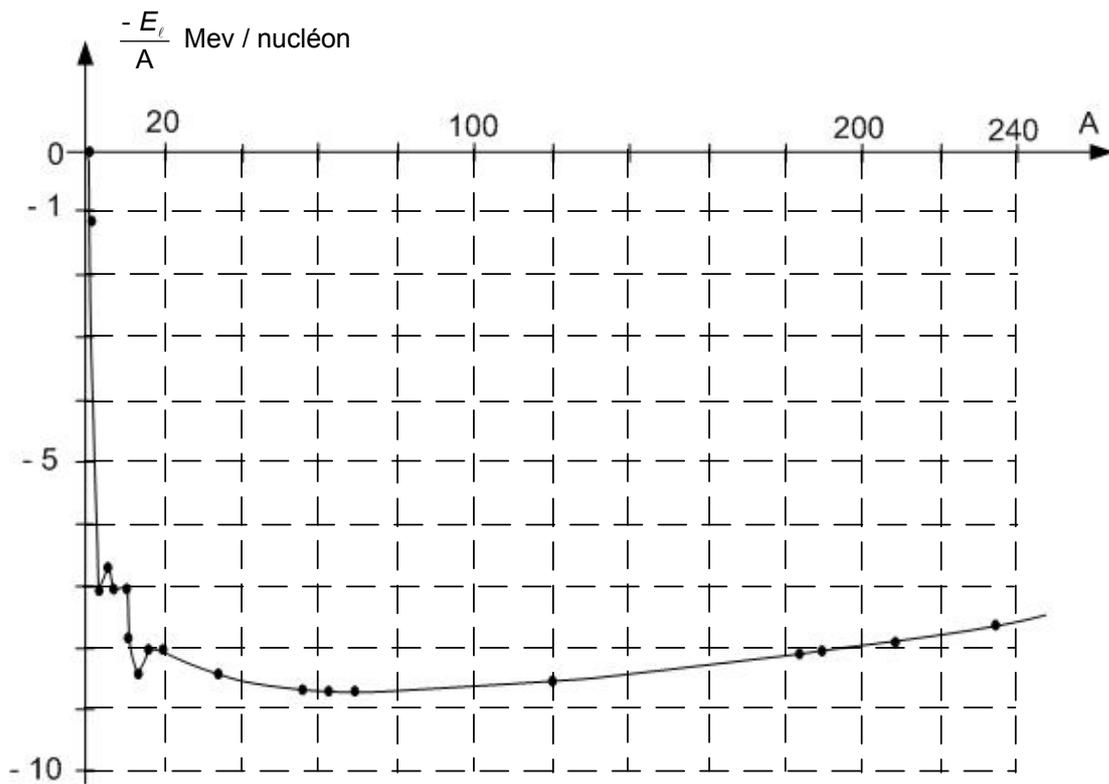


ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

4. Vers des éléments plus lourds

Courbe d'Aston



Obligatoire

SESSION 2006

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 - Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 2 exercices de PHYSIQUE et 1 exercice de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte 1 annexe à rendre avec la copie en fin d'épreuve.

Le candidat doit traiter les 3 exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

Exercice n°1 : Mission sur Mars

Exercice n°2 : Décharge d'un condensateur

Exercice n°3 : Étude d'une réaction d'estérification.

Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de l'expression des résultats numériques en fonction de la précision des données fournies par l'énoncé (emploi correct des chiffres significatifs).

Exercice n°1 (7 points)

MISSION SUR MARS

Un des grands défis de ce siècle (ou du suivant ...) sera d'envoyer une mission d'exploration humaine sur la planète Mars. Le but de cet exercice est d'étudier quelques uns des nombreux problèmes à résoudre avant de pouvoir effectuer une telle mission.

Les trois parties de ce problème sont indépendantes l'une de l'autre.

1. MISE EN ORBITE

On peut imaginer une base relais (pour le matériel comme pour les communications avec la Terre) sur Phobos, un des satellites de Mars.

Dans cette première partie, nous allons étudier le mouvement de ce satellite.

On supposera que tous les objets étudiés sont à répartition sphérique de masse.

Données : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
Distance entre le centre de Mars et celui de Phobos : $r = 9,38 \cdot 10^3 \text{ km}$
Masse de Mars : $m_M = 6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$
La masse de Phobos sera notée m_P
Période de rotation de Mars : $T_M = 24\text{h } 37\text{min}$

On supposera que Phobos a un mouvement circulaire uniforme autour de Mars de vitesse v et on supposera que l'on travaille dans un référentiel galiléen centré sur Mars.

- 1.1. Donner la définition d'un mouvement circulaire uniforme.
- 1.2. Représenter le point d'application, la direction et le sens du vecteur accélération de Phobos sur un schéma.
- 1.3. Donner l'expression (sans justification) de la norme du vecteur accélération de Phobos en fonction de v et r .
- 1.4. Appliquer la deuxième loi de Newton à ce satellite.
- 1.5. En déduire que l'expression de sa vitesse de révolution autour de Mars est : $v = \sqrt{\frac{Gm_M}{r}}$
- 1.6. Déterminer l'expression reliant v , r et T_P (T_P étant la période de révolution de Phobos autour de Mars).
- 1.7. Montrer que $\frac{T^2}{r^3} = 9,22 \cdot 10^{-13} \text{ s}^2.\text{m}^{-3}$
- 1.8. En déduire la valeur de T_P .
- 1.9. Dans quel plan faut-il placer un satellite pour qu'il soit immobile par rapport à la base relais sur Mars? Justifier votre réponse sans calcul.
- 1.10. Quelle est la période T_S de révolution d'un tel satellite ?

2. PROBLÈME ÉNERGÉTIQUE

Une fois sur la planète, les explorateurs devront pouvoir trouver une source fiable d'énergie.

Une possibilité serait d'utiliser du deutérium et du tritium pour alimenter un réacteur de fusion nucléaire.

2.1. Intérêt de la réaction de fusion.

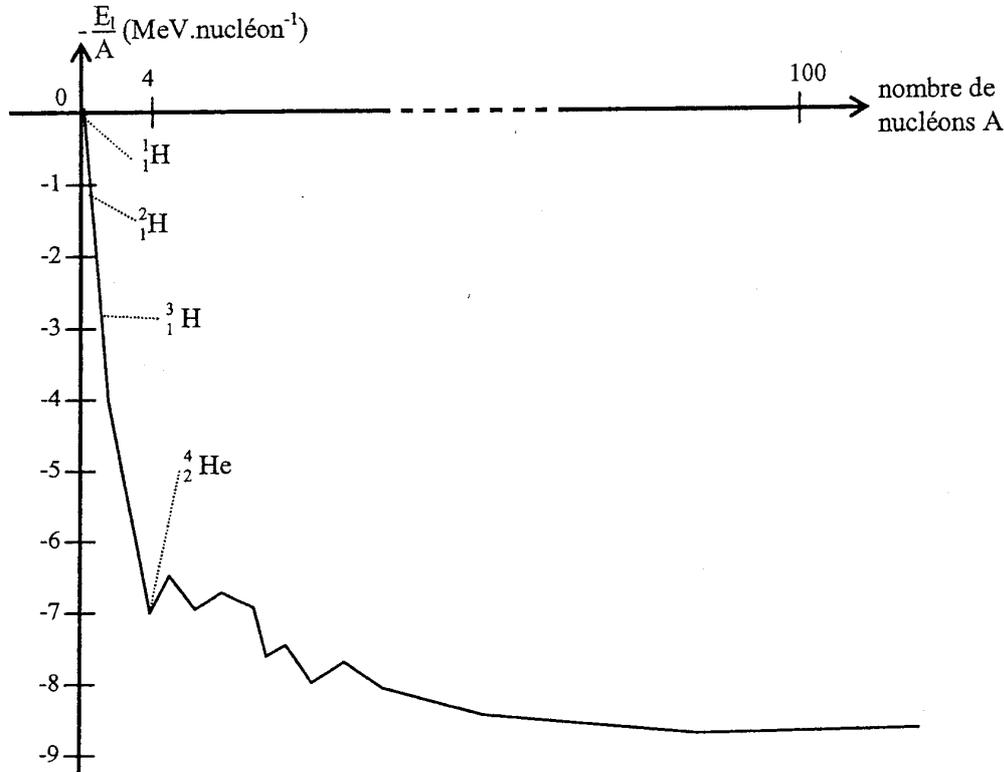
2.1.1. L'hydrogène ^1_1H , le deutérium ^2_1H et le tritium ^3_1H sont des isotopes. Donner la définition du mot isotope.

On étudiera la réaction de fusion suivante : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

2.1.2. En utilisant la courbe d'Aston ci-dessous, montrer **qualitativement** que la fusion du deutérium et du tritium dégage de l'énergie.

On rappelle que E_l/A est l'énergie de liaison par nucléon.

Courbe d'Aston



2.2. Étude quantitative de la réaction de fusion : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

Données : nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 masse d'un neutron : $m(\text{n}) = 1,674929 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00869 \text{ u}$
 $m({}^2_1\text{H}) = 3,3435 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 2,01355 \text{ u}$
 $m({}^3_1\text{H}) = 3,01550 \text{ u}$
 $m(\text{He}) = 4,00150 \text{ u}$
 $c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 Conversion : $1 \text{ u} = 1,66050 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

2.2.1. Montrer que le défaut de masse de la réaction de fusion étudiée vaut $\Delta m = -0,01886 \text{ u}$.

2.2.2. Rappeler la relation d'équivalence masse - énergie.

2.2.3. Montrer que l'énergie libérée par la réaction de formation d'un noyau d'hélium est $E = -2,81 \cdot 10^{-12} \text{ J}$.

2.2.4. Calculer le nombre de noyaux contenus dans $m = 100 \text{ g}$ de deutérium.

2.2.5. En déduire que la fusion de $m = 100 \text{ g}$ de deutérium avec la quantité correspondante de tritium, libère une énergie $E_l = -8,40 \cdot 10^{13} \text{ J}$.

3. PROBLÈME DE L'AIR

Il est inconcevable d'emmener les quantités d'air suffisantes pour la durée de l'exploration de la planète. L'atmosphère de Mars contient surtout du dioxyde de carbone (95,3%) impropre à la respiration. Il est nécessaire de fabriquer le dioxygène sur place. Une solution envisageable est l'électrolyse de l'eau extraite du sol.

3.1. Principe de l'électrolyse de l'eau.

La réaction a pour équation : $2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{O}_{2(g)} + 2 \text{H}_{2(g)}$

3.1.1. Les deux couples mis en jeu étant $\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ et $\text{H}_2\text{O}_{(l)} / \text{H}_{2(g)}$, compléter le schéma de principe de l'électrolyseur (**donné en Annexe et à rendre avec la copie**) en indiquant :

- le nom des électrodes
- la nature de la réaction (oxydation ou réduction) pour chaque électrode.

3.1.2. Rappeler, sans le justifier, si cette électrolyse est une réaction spontanée ou au contraire forcée.

3.2. Étude quantitative de l'électrolyse.

On souhaite produire par électrolyse, le dioxygène nécessaire à la respiration d'un spationaute.

Données : pour les gaz $V_m = 25 \text{ L.mol}^{-1}$ à 25°C sous 10^5 Pa
1 faraday (F) = $96\,500 \text{ C.mol}^{-1}$

3.2.1. Chaque minute, nos poumons envoient un volume $v = 0,30 \text{ L}$ de dioxygène vers les tissus (respiration normale). Calculer la quantité de matière n_{O_2} de dioxygène envoyée par les poumons pendant une heure (on suppose que la température est de 25°C).

3.2.2. Cette quantité de dioxygène est produite grâce à l'électrolyse étudiée dans la première partie. Montrer, en s'aidant au besoin d'un tableau d'avancement d'une demi-réaction, que la quantité de matière d'électrons échangée vaut $n_{e^-} = 2,88 \text{ mol}$.

3.2.3. En déduire la quantité d'électricité Q mise en jeu.

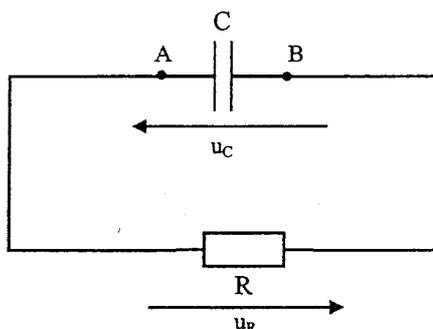
3.2.4. Quelle est l'intensité I du courant nécessaire en supposant qu'elle est constante pendant toute l'heure de fonctionnement ?

3.2.5. Si la tension aux bornes du générateur U est de $5,00\text{V}$, calculer l'énergie électrique, notée E_{el} , consommée pendant une heure sachant que $E_{el} = UI\Delta t$ où Δt est la durée de fonctionnement.

Exercice n°2 (5 points)

DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR

On envisage le circuit suivant constitué d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C .



À l'instant $t = 0$, le condensateur est chargé sous la tension $U_0 = 10 \text{ V}$.

On notera :

- u_C la tension aux bornes du condensateur à l'instant t , et l'on a $u_C(0) = U_0$
- u_R la tension aux bornes du conducteur ohmique à l'instant t ,
- i l'intensité du courant à l'instant t . Cette intensité a été comptée positivement au cours de la charge du condensateur,
- q_A la charge de l'armature A du condensateur à l'instant t .

1. ÉTABLISSEMENT DE L'ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE LORS DE LA DECHARGE

1.1. Quelle relation lie u_R et u_C ?

1.2. Rappeler la relation qui lie la charge q_A de l'armature A à la tension u_C .

1.3. Quel est le signe de i ? Établir la relation liant l'intensité i du courant à la tension u_C .

1.4. Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de u_C peut s'écrire :

$$\alpha u_C + \frac{du_C}{dt} = 0 \text{ où } \alpha \text{ est une constante non nulle.}$$

Donner alors l'expression de α en fonction de R et C .

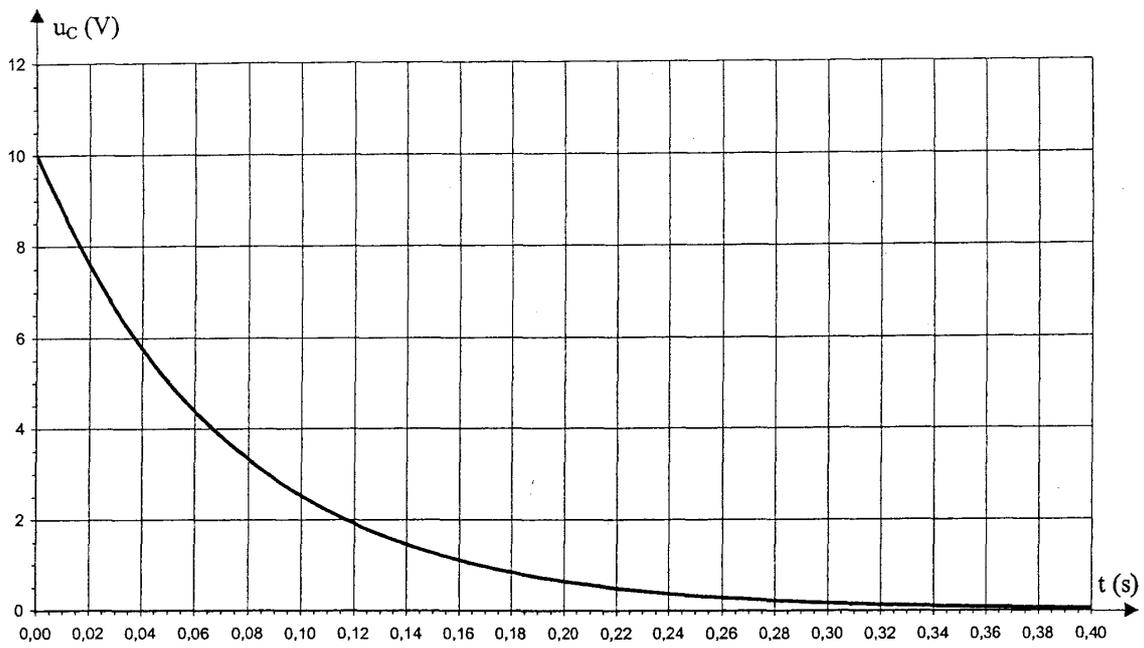
2. SOLUTION DE L'ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE

Une solution de l'équation différentielle peut s'écrire $u_C = Ae^{-\beta t}$ où A et β sont deux constantes positives non nulles.

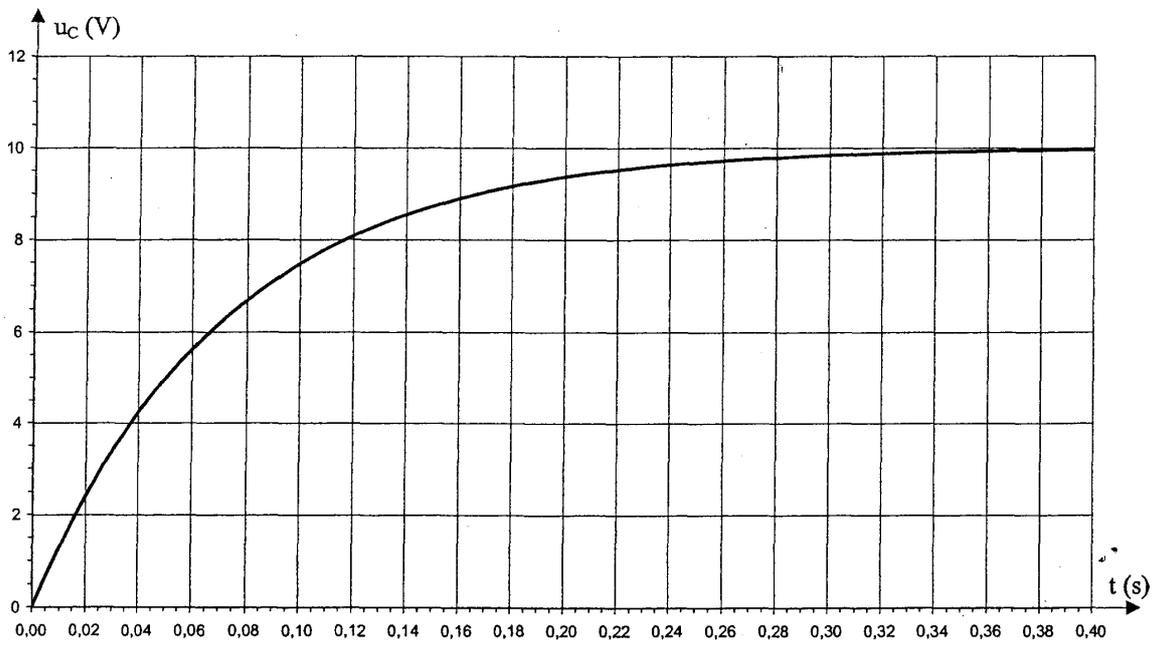
2.1. En utilisant l'équation différentielle, montrer que $\beta = \frac{1}{RC}$.

2.2. Déterminer la valeur de A .

2.3. Indiquer parmi les **courbes 1 et 2** données ci-après, celle qui peut représenter u_C . Justifier la réponse.



Courbe 1

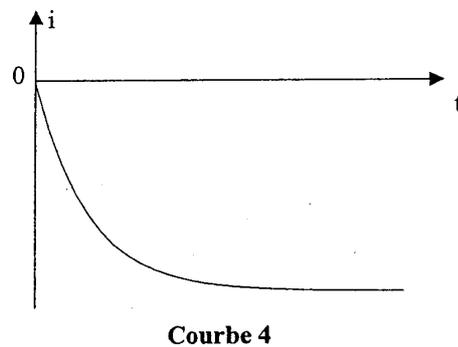
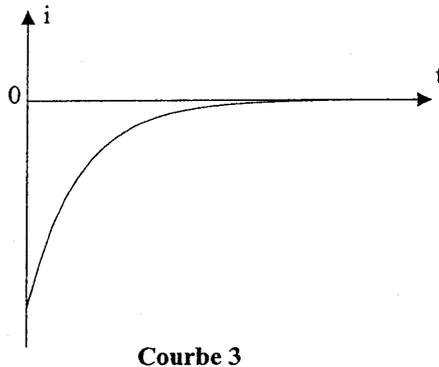
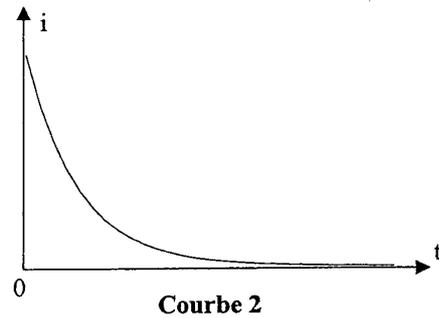
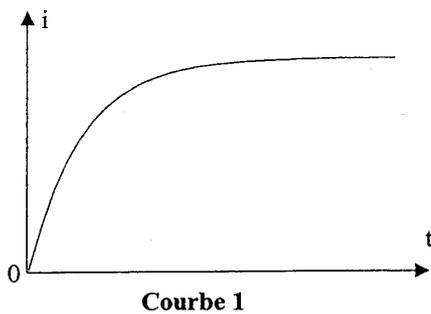


Courbe 2

- 2.4. Montrer par analyse dimensionnelle que τ a la même unité qu'une durée.
 2.5. Donner l'expression littérale de la constante de temps τ .
 2.6. Déterminer sur la courbe choisie la valeur de la constante de temps τ du circuit.
 2.7. Sachant que $R = 33 \Omega$, en déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

3. INTENSITÉ DU COURANT

- 3.1. En utilisant les résultats précédents, montrer que $i = -\frac{U_0}{R} e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$.
 3.2. Déterminer la valeur I_0 de i à $t = 0$.
 3.3. En justifiant la réponse, indiquer parmi les quatre courbes ci-dessous celle qui peut représenter i .



- 3.4. Calculer la valeur de i pour $t = 0,50$ s.
 3.5. Déterminer la valeur de u_C à la même date.
 3.6. Le condensateur est-il déchargé ? Justifier la réponse.

4. ÉNERGIE EMMAGASINÉE DANS LE CONDENSATEUR

- 4.1. Rappeler l'expression de l'énergie emmagasinée dans le condensateur du montage étudié en fonction de sa capacité et de la tension u_C à ses bornes, puis en fonction de sa capacité et de la charge q_A de son armature A.
 4.2. On remplace ce condensateur par un autre condensateur de capacité C' supérieure à C . Ce condensateur est chargé sous la même tension U_0 . L'énergie emmagasinée dans ce condensateur est-elle supérieure à la précédente ?

Exercice n°3 (4 points)

ÉTUDE D'UNE RÉACTION D'ESTÉRIFICATION

1. QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

La réaction étudiée met en jeu l'acide éthanoïque (A) de formule $\text{CH}_3\text{-COOH}$ et un alcool (B), on observe la formation d'un ester (E) de formule $\text{CH}_3\text{COO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ et de l'eau.

La réaction modélisant la transformation étudiée vaut : $A + B = E + \text{H}_2\text{O}$

- 1.1. Donner la formule semi-développée de l'alcool (B).
- 1.2. Donner le nom de l'ester (E).
- 1.3. Rappeler les principales caractéristiques d'une réaction d'estérification.

2. LE PROTOCOLE DE SUIVI DE LA RÉACTION

Dans un bécher placé dans de l'eau glacée, on introduit 0,38 mol d'acide (A) et 0,38 mol d'alcool (B) ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le volume du mélange est de 50 mL.

Après agitation, on prélève à dix reprises un volume $V_0 = 5$ mL de ce mélange, que l'on introduit dans 10 tubes à essai numérotés de 0 à 9.

Le tube n° 0 est placé dans la glace, les tubes numérotés de 1 à 9 sont munis d'un réfrigérant à air, puis introduits dans un bain thermostaté à 60 °C. On déclenche alors un chronomètre.

À l'instant $t_1 = 2$ minutes, le tube n°1 est placé dans de la glace.

Après quelques minutes, les ions oxonium H_3O^+ (provenant de l'acide sulfurique) et l'acide éthanoïque restant sont dosés par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration appropriée. On peut ainsi déterminer la quantité d'acide éthanoïque contenue dans ce tube.

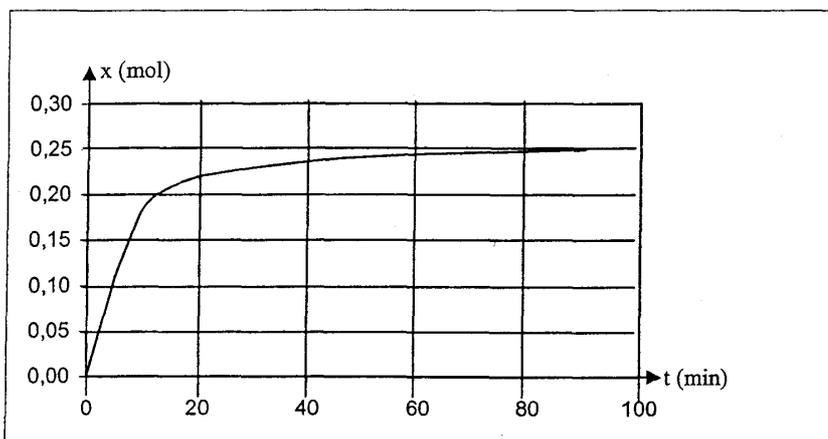
On procède de même pour les autres tubes, le contenu du tube n° 9 étant dosé à une date $t_9 = 90$ min.

- 2.1. Quel est le rôle joué par l'acide introduit dans le mélange initial ?
- 2.2. Pourquoi les tubes numérotés de 1 à 9 sont-ils placés dans un bain thermostaté à une température supérieure à celle du laboratoire ?
- 2.3. Expliquer pourquoi la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n° 1 est supérieure à la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n° 9.
- 2.4. À chaud, l'ester formé E pourrait réagir également avec les ions hydroxyde.
 - 2.4.1. Quelle serait l'équation chimique associée à cette transformation ?
 - 2.4.2. Rappeler les principales caractéristiques d'une réaction d'hydrolyse basique d'un ester.

3. AVANCEMENT DE LA RÉACTION

3.1. Déterminer l'avancement maximal x_{\max} de la réaction d'estérification étudiée (un tableau d'avancement sera éventuellement utilisé).

3.2. L'étude précédente permet d'obtenir les variations de l'avancement x de cette réaction en fonction du temps. On peut alors tracer la courbe suivante :



3.2.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final x_f de la réaction.

3.2.2. Définir et calculer le taux d'avancement de cette réaction.

4. CINÉTIQUE ET ÉTAT D'ÉQUILIBRE

4.1. À la réaction étudiée $A_{(l)} + B_{(l)} = E_{(l)} + H_2O_{(l)}$, on associe la constante de réaction $K = 3,7$. Donner l'expression de K .

4.2. A l'instant $t_1 = 4$ min, la valeur de l'avancement x de la réaction est $x = 0,125$ mol.

4.2.1. Quelle est la composition du mélange à cet instant ? (Un tableau d'avancement pourra éventuellement être utilisé)

4.2.2. En cinétique, la date t_1 porte un nom particulier, quel est ce nom ?

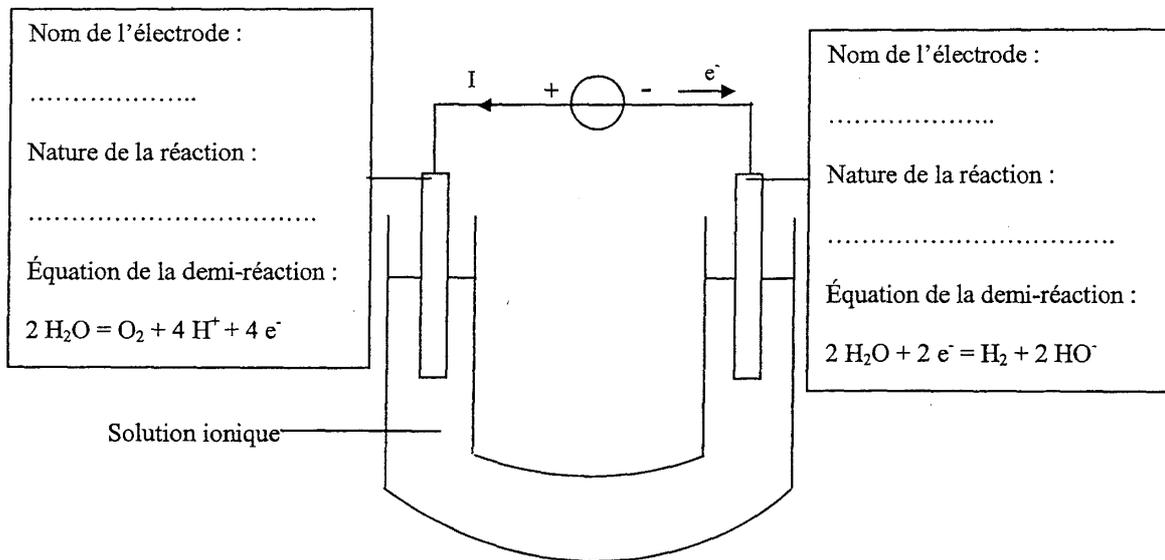
4.2.3. Calculer le quotient de réaction Q_r pour ce mélange.

4.2.4. Justifier que le mélange est encore en évolution à la date t_1 .

4.3. Pour une date t' supérieure à 1 heure, le système chimique est en équilibre dynamique. Expliquer cette expression. Que vaut alors le quotient de réaction ?

ANNEXE (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Schéma de principe de l'électrolyseur.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11 y compris celle-ci.

Les pages annexes 9/11, 10/11 et 11/11 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

EXERCICE I	:	UN BIOCARBURANT : LE DIESTER	6,5 points
EXERCICE II	:	AU SOLEIL D'ITER	5,5 points
EXERCICE III	:	ÉTUDE DE QUELQUES ÉNERGIES RENOUVELABLES	4 points

EXERCICE I : UN BIOCARBURANT : LE DIESTER (6,5 points)

« **Diester** est la **contraction** des mots **Diesel** et **ester**. Il est produit à partir de l'huile de colza, résultant de la trituration des graines de ce végétal. L'huile [...] subit une transestérification par action du méthanol ; cette transformation peut être schématisée de la façon suivante : le trilinoléate de glycéryle de l'huile réagit avec le méthanol, il se forme du Diester et du glycérol.

Les caractéristiques du Diester (qui est en fait un monoester méthylique) sont très proches de celles du gazole, de sorte qu'il peut être utilisé dans les voitures de tourisme mélangé au gazole à hauteur de 5% et jusqu'à 50% dans des moteurs plus puissants.

L'ester d'huile de colza (ou Diester) est plus respectueux de l'environnement que le gazole seul, puisqu'il émet sensiblement moins de fumée et ne contient pratiquement pas de soufre.

Le dioxyde de carbone rejeté lors de la combustion des biocarburants correspond à la quantité absorbée lors de la croissance des végétaux. Il n'augmente donc pas l'effet de serre. De plus, la présence d'oxygène dans les molécules de biocarburant améliore leur combustion et diminue le nombre des particules dues aux hydrocarbures imbrûlés, ainsi que le monoxyde de carbone.

Cependant, une utilisation irraisonnée d'engrais entraînant une pollution des sols et des eaux peut contrebalancer le bilan écologique positif lié à la combustion des biocarburants.

Mais le principal obstacle à sa généralisation est son coût qui ne peut le rendre compétitif sans subvention. »

D'après document p. 257 du livre scolaire NATHAN collection Tomasino TS chimie
et site Web : www.hespul.org/biocarburant.html.

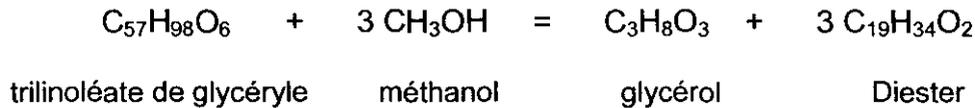
Données :

	Méthanol	Trilinoléate de glycéryle (huile de colza)	Diester
Formule brute	CH ₄ O	C ₅₇ H ₉₈ O ₆	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
Formule semi-développée	CH ₃ -OH	$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{17}\text{H}_{31} \\ \\ \text{HC}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{17}\text{H}_{31} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_{17}\text{H}_{31} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{C}_{17}\text{H}_{31}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \text{O} \end{array} $
Masse volumique à 25°C en g.cm ⁻³	0,79	0,82	0,89
Masse molaire en g.mol ⁻¹	32	878	294

1. Le Diester, un ester utilisé comme carburant

On admettra que l'huile de colza est constituée uniquement de trilinoléate de glycéryle, ce dernier étant le triester du glycérol et de l'acide linoléique.

La transformation industrielle du trilinoléate de glycéryle en Diester est réalisée en le faisant réagir, à chaud et en présence d'ions hydroxyde (qui catalysent la réaction) avec du méthanol. On peut modéliser cette transformation **totale** par l'équation de réaction :

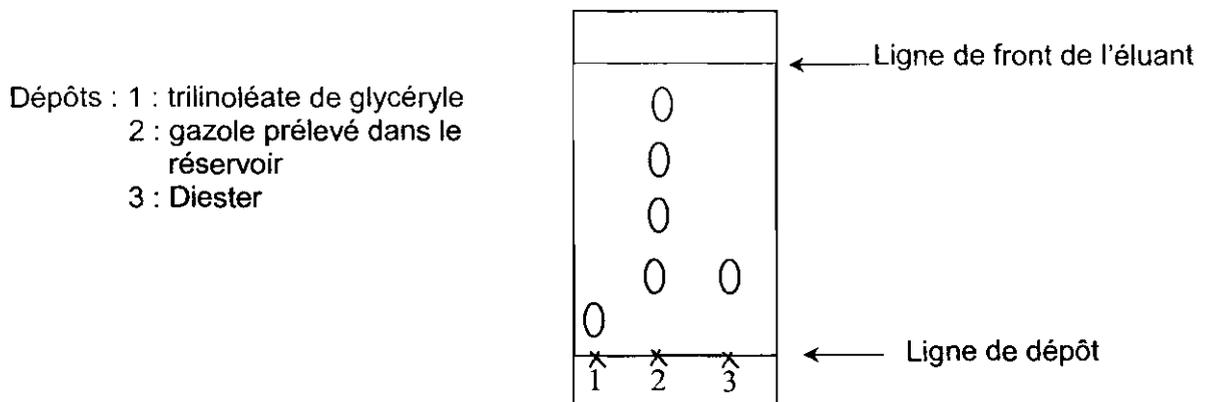


- 1.1. Entourer et nommer sur **l'annexe page 9 à rendre avec la copie** les fonctions caractéristiques de la molécule de trilinoléate de glycéryle.
- 1.2. On veut synthétiser le Diester à partir d'un litre d'huile de colza en respectant les proportions stoechiométriques indiquées par l'équation.
 - 1.2.1 Déterminer la quantité de matière de trilinoléate de glycéryle contenue dans un litre d'huile de colza.
 - 1.2.2 Compléter le tableau descriptif de l'avancement de la transformation sur **l'annexe page 9 à rendre avec la copie**.
 - 1.2.3 En déduire :
 - La quantité de matière puis le volume de méthanol à utiliser.
 - La masse de Diester obtenue.

2. Étude d'un gazole

2.1 Chromatographie du gazole

Pour vérifier la présence de Diester introduit dans un gazole, on réalise une chromatographie sur couche mince en utilisant un éluant approprié. Après révélation, on obtient le chromatogramme suivant :



Quelles conclusions peut-on tirer de ce chromatogramme ?

2.2. Détermination de la teneur en Diester du gazole.

Pour déterminer la teneur en biocarburant du gazole, on réalise dans un premier temps la saponification du Diester.

On prélève une masse $m = 1,00$ g de gazole que l'on introduit dans un ballon. On ajoute alors un volume $v = 20,0$ mL d'éthanol et un volume $v_b = 25,0$ mL de solution d'hydroxyde de potassium ($K^+ + HO^-$) de concentration molaire $c_b = 1,00 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹. Dans ces proportions, l'hydroxyde de potassium est en excès. On adapte sur le ballon un réfrigérant et on porte le mélange à ébullition douce sous agitation et sous la hotte pendant une heure.

Remarque 1 : L'éthanol sert à homogénéiser le mélange, favorisant ainsi les contacts entre les réactifs.

Remarque 2 : On admettra que les transformations se produisant en présence d'éthanol gardent les mêmes propriétés qu'en solution aqueuse.

- 2.2.1 Donner l'équation de la réaction de saponification se produisant entre le Diester et les ions hydroxyde.
- 2.2.2 Quelles sont les caractéristiques de cette transformation ?
- 2.2.3 Calculer la quantité initiale, notée $n(HO^-)_i$, en ions hydroxyde introduite.

Dans un deuxième temps, on dose les ions hydroxyde présents dans le ballon à la fin du chauffage par de l'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$) de concentration en soluté apporté $c_a = 1,00 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹. L'indicateur coloré utilisé est de la phénolphtaléine et on observe son changement de couleur pour un volume d'acide versé $v_{aE} = 14,8$ mL.

- 2.2.4 Donner l'équation de la réaction support du titrage.
- 2.2.5 Définir l'équivalence d'un titrage.
- 2.2.6 Déterminer alors la quantité de matière, notée $n(HO^-)_r$, d'ions hydroxyde restants dans le ballon à la fin du chauffage et dosée par l'acide chlorhydrique. (On pourra ou non s'aider d'un tableau d'avancement).
- 2.2.7 La quantité notée $n(HO^-)_c$, en ions hydroxyde consommés par la réaction de saponification est donnée par la relation : $n(HO^-)_c = n(HO^-)_i - n(HO^-)_r$.
Calculer $n(HO^-)_c$.
- 2.2.8 En raisonnant à partir de l'équation proposée à la question 2.2.1, déterminer alors la quantité de matière de Diester présente dans le prélèvement de gazole.
- 2.2.9 En déduire :
 - La masse de Diester contenue dans le prélèvement.
 - La teneur (ou pourcentage massique) en Diester de ce gazole.

3. Citer les avantages et les inconvénients de ce biocarburant.

EXERCICE II : AU SOLEIL D'ITER
(International Thermonuclear Experimental Reactor)
5,5 points

D'où peut bien provenir l'énergie du Soleil ?

C'est seulement en 1920 que le voile est levé, par les Britanniques Francis William ASTON et Arthur EDDINGTON : les noyaux d'atomes d'hydrogène, le principal constituant solaire, se transforment en hélium en fusionnant. Une réaction qui libère une énergie faramineuse.

L'objectif du projet ITER est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.

La fusion contrôlée représente un défi scientifique et technologique majeur qui pourrait répondre au problème crucial de disposer, à plus ou moins long terme, de nouvelles ressources énergétiques. A côté de l'énergie de fission, l'énergie de fusion représente l'espoir d'avoir une source d'énergie propre et abondante au cours du XXI^e siècle. A l'heure où la raréfaction des énergies fossiles est prévue d'ici 50 ans, il est d'une importance vitale d'explorer le potentiel de toutes les autres sources d'énergie.

1. Etude de la réaction de fusion

*Le concept solaire de production d'énergie est basé sur une réaction dont la probabilité de se réaliser est extrêmement faible sur notre planète. Mais l'idée reste bonne ! Il "suffit" de remplacer l'hydrogène par des noyaux qui ont un maximum de chance de fusionner sur Terre, en l'occurrence, ceux de **deutérium** et de **tritium**, deux isotopes de l'hydrogène [...] en les chauffant à des températures très élevées, de l'ordre de 100 millions de degrés. »*

C'est donc sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.



Données :

	deutérium	tritium	hélium	neutron
Symbole	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^1_0\text{n}$
Masse du noyau en u	2,01355	3,01550	4,00150	1,00866

1u = 1,66054 × 10⁻²⁷ kg.
 1 MeV = 1,602 × 10⁻¹³ J.
 célérité de la lumière dans le vide : c = 2,998 × 10⁸ m.s⁻¹.
 N_A = 6,023 × 10²³ mol⁻¹.

- 1.1 Calculer la variation de masse au cours de la réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium. Donner sa valeur en kilogramme et commenter son signe.
- 1.2 Déterminer l'énergie produite par cette réaction de fusion, donner le résultat en MeV.
- 1.3 Vérifier que le nombre de noyaux présents dans 1,0 g de noyaux de deutérium est 3,0 × 10²³ noyaux.
- 1.4 Vérifier qu'il en est de même dans 1,5 g de noyaux de tritium.
- 1.5 En déduire l'énergie, en MeV puis en Joule, que l'on pourrait espérer obtenir si on réalisait la réaction de fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium dans le réacteur ITER.
- 1.6. La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité d'énergie utilisée dans l'industrie et en économie. Elle sert à comparer les énergies obtenues à partir de sources différentes.
 1 tep représente 4,2 × 10¹⁰ J, c'est-à-dire l'énergie libérée en moyenne par la combustion d'une tonne de pétrole.
 - 1.6.1 Calculer, en tep, l'énergie libérée par la fusion de 1,0 g de deutérium et de 1,5 g de tritium.

1.6.2. Sachant que dans une centrale nucléaire classique, la fission d'1,0 g d'uranium libère une énergie de 1,8 tep, expliquer en quoi ITER est un progrès et un espoir pour la production d'énergie.

2. Quelques précisions sur le tritium :

Le deutérium est naturellement présent sur Terre alors que le tritium lui, est très rare. Il est donc obtenu à partir du lithium ${}^6_3\text{Li}$ très abondant dans la croûte terrestre et les océans.

Pour ce faire, un échantillon de lithium ${}^6_3\text{Li}$ est bombardé par des neutrons, il se forme de l'hélium ${}^4_2\text{He}$ et du tritium ${}^3_1\text{H}$.

2.1. Écrire l'équation de cette réaction nucléaire.

2.2. Le tritium est radioactif β^- .

Écrire l'équation de la désintégration envisagée sachant qu'il se forme un isotope de l'hélium.

2.3 On veut étudier l'évolution au cours du temps du nombre de noyaux présents dans un échantillon de tritium. On sait que le nombre de désintégrations au cours du temps est proportionnel au nombre de noyaux présents : $\frac{\Delta N(t)}{\Delta t} = -\lambda N(t)$ (1)

où λ est la constante radioactive du tritium.

On prendra $\lambda = 5,65 \times 10^{-2} \text{ an}^{-1} = 1,79 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$.

La méthode d'Euler est une méthode numérique qui permet de calculer de façon approchée le nombre N de noyaux présents à différentes dates en utilisant la relation suivante :

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \Delta N(t) \quad (2)$$

2.3.1 En utilisant les relations (1) et (2), trouver l'expression de $N(t + \Delta t)$ en fonction de $N(t)$, λ et Δt . (Δt est le pas de résolution).

2.3.2 A l'instant initial, l'échantillon étudié contient $3,0 \times 10^{23}$ noyaux de tritium.

Compléter le tableau donné en **annexe page 10 à rendre avec la copie** en prenant $\Delta t = 1$ an. Détailler les calculs sur la copie.

2.3.3. La méthode d'Euler donne le graphique lissé fourni en **annexe page 10 à rendre avec la copie**.

2.3.3.1. A partir de la valeur de la constante radioactive λ , calculer la valeur du temps de demi-vie $t_{1/2}$.

2.3.3.2. Retrouver la valeur du temps de demi-vie à partir du graphe.

2.3.4. L'un des objectifs d'ITER est de maintenir les réactions de fusion dans son réacteur pendant au moins 1 000 secondes (soit 16 minutes 40 secondes).

En considérant toujours que l'échantillon initial contient $N_0 = 3,0 \times 10^{23}$ noyaux de tritium, calculer le nombre de noyaux de tritium qui se désintègrent naturellement en 1000 s, puis la masse de tritium correspondante.

Doit-on alors tenir compte de la désintégration naturelle du tritium ?

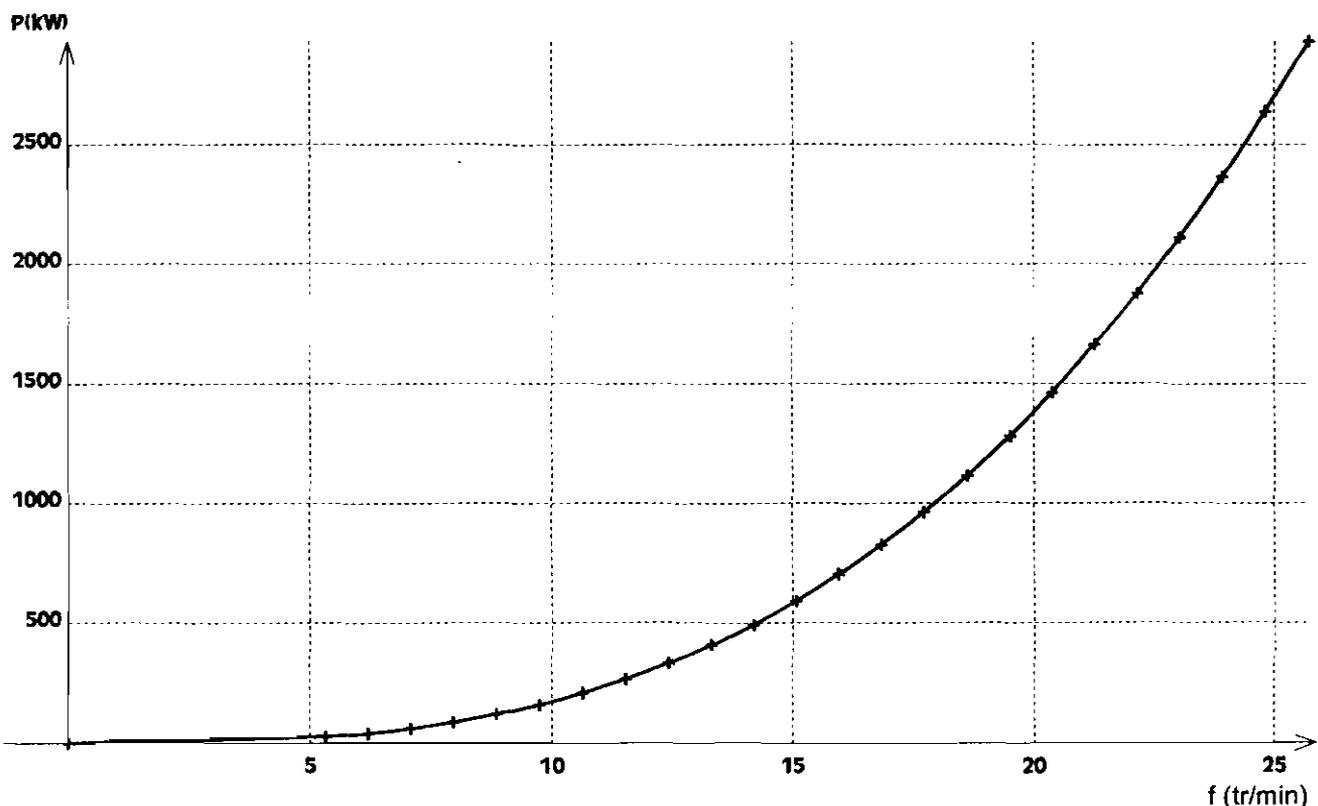
EXERCICE III : ÉTUDE DE QUELQUES ÉNERGIES RENOUVELABLES 4 points

Les énergies renouvelables constituent historiquement les premières sources d'énergies utilisées par les hommes. Au total, on peut compter six "types" d'énergies renouvelables : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, l'énergie géothermale, la biomasse et l'énergie des déchets. On s'intéressera en particulier dans cet exercice à l'énergie éolienne et à l'énergie hydraulique.

Partie I : L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique du vent que l'on transforme en énergie électrique. On veut à partir de l'observation d'une grande éolienne de 70 m de diamètre, déterminer la puissance délivrée par celle-ci.

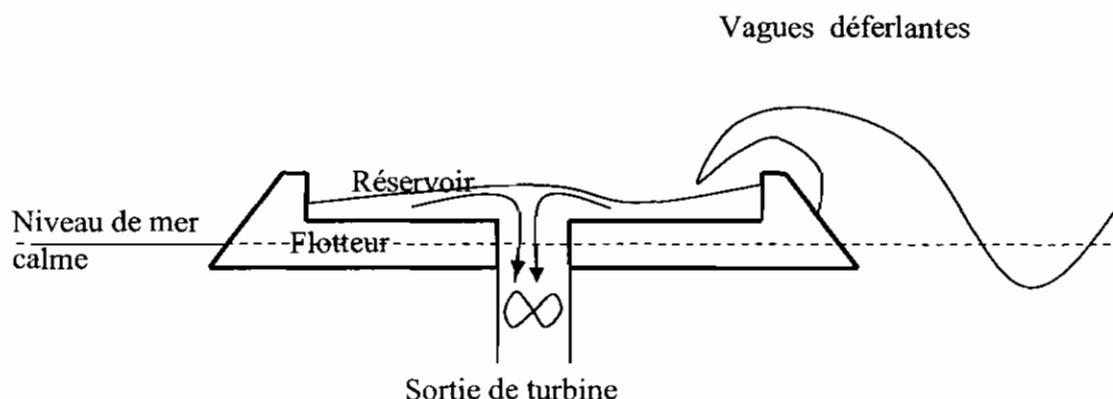
- On filme l'éolienne, on numérise le film et à l'aide d'un logiciel adapté, on pointe la position M_i de l'extrémité d'une pale pour tous les intervalles de temps $\Delta t = 0,1$ s (**figure 1 de l'annexe page 11 à rendre avec la copie**).
 - Quelle est la nature du mouvement du point M ? Justifier.
 - Déterminer la valeur v_2 de la vitesse instantanée réelle au point M_2 .
 - Construire le vecteur vitesse \vec{v}_2 sur la **figure 1 de l'annexe page 11 à rendre avec la copie**, à l'échelle 1cm pour 10 m.s^{-1} .
 - Quelle est la durée d'un tour ?
- En déduire la fréquence de rotation de la pale de l'éolienne, c'est-à-dire le nombre de tours effectués en une minute.
- Le constructeur donne la courbe représentant la puissance P en fonction de la fréquence de rotation f de l'éolienne. Déterminer la puissance délivrée par cette éolienne dans les conditions de rotation décrites précédemment.



Partie II : L'énergie hydraulique

On va étudier un prototype d'usine houlomotrice. Une plateforme amarrée au fond et pesant 237 tonnes, récupère l'énergie produite par les vagues "déferlantes". Elle possède un réservoir central qui se remplit en brisant la houle. Ce réservoir se vide partiellement, à travers une conduite, dans une turbine qui génère de l'électricité. On peut ainsi espérer une puissance d'environ 7MW.

La figure ci-dessous montre un plan en coupe.



On modélise la houle par une onde transversale. Sur la figure 2 de l'annexe page 11 à rendre avec la copie, on a représenté à deux instants $t = 0$ s et $t = 1,0$ s, cette houle se propageant vers la droite.

- 1.1. Décrire qualitativement le mouvement du bout de bois représenté sur la figure 2.
- 1.2. Sur la figure 2 dessiner la position du bout de bois à $t = 1,0$ s.
- 1.3. Décrire en quelques lignes le principe de fonctionnement de cette usine houlomotrice. On pourra analyser les différents types d'énergie mis en jeu.

- 2.1. À l'aide de la figure 2 de la page 11, calculer la célérité v de l'onde.
- 2.2. Définir la longueur d'onde λ de la houle puis la déterminer à l'aide de la figure 2 de la page 11.
- 2.3. Définir la période T de l'onde puis calculer sa valeur.

3. Une série de mesures effectuées au large montre que le carré de la célérité est proportionnel à la longueur d'onde : $v^2 = a \times \lambda$.

- 3.1. Déterminer la dimension de a .
- 3.2. On propose les 2 relations suivantes :

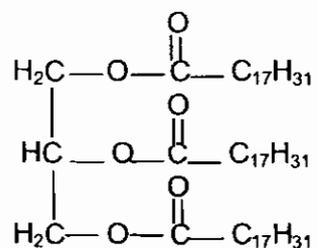
$$(1) \quad v^2 = \frac{g}{2\pi} \times \lambda$$

$$(2) \quad v^2 = g \times \lambda$$

A l'aide des résultats de la question 2, déterminer la bonne relation entre v^2 et λ .
On prendra $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

EXERCICE I : Annexe à rendre avec la copie

Question 1.1.1



Question 1.2.2.

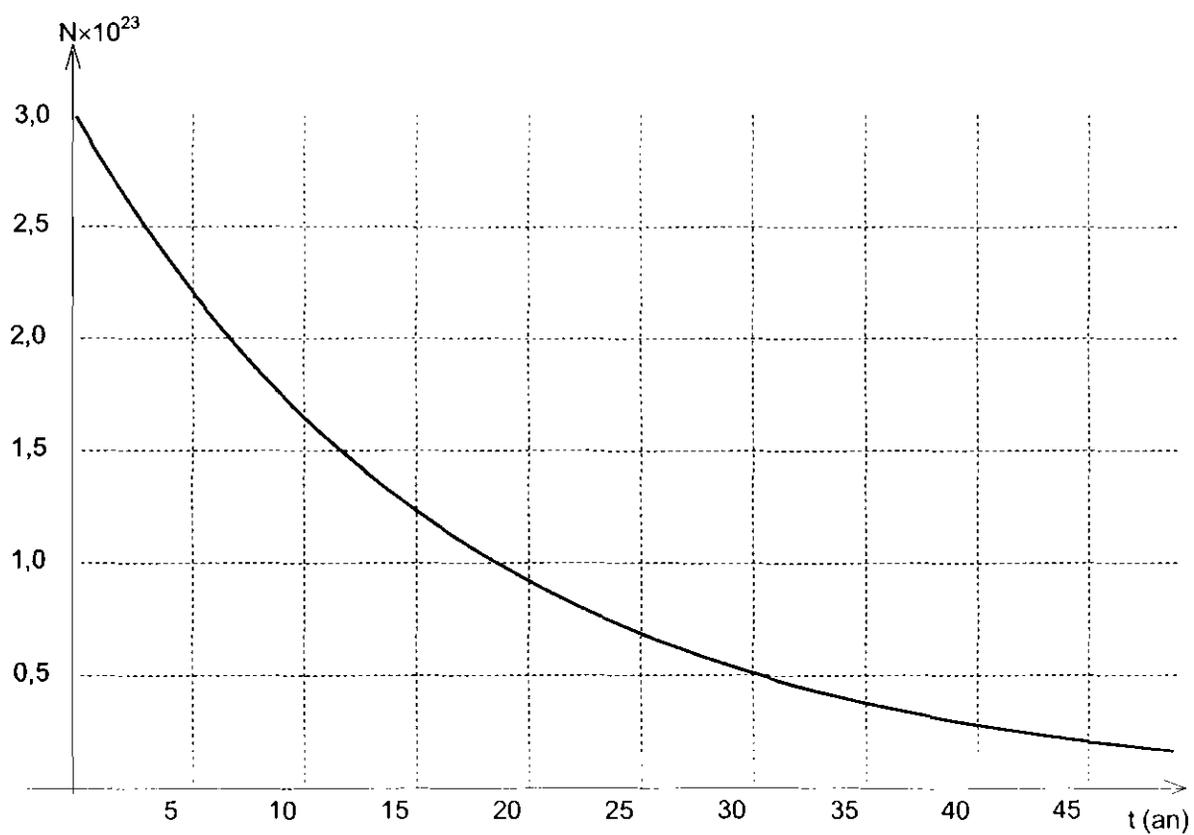
Equation		$\text{C}_{57}\text{H}_{98}\text{O}_6 + 3 \text{CH}_3\text{OH} = \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 3 \text{C}_{19}\text{H}_{34}\text{O}_2$			
	Avancement	Quantités de matière en moles			
État initial	$x = 0$				
État intermédiaire (mol)	x				
État final (mol)	x_{max}				

EXERCICE II : Annexe à rendre avec la copie

Question 2.3.2

Date t (an)	0	1	2
N	$3,0 \times 10^{23}$		

Question 2.3.3



EXERCICE III : Annexe à rendre avec la copie

Figure 1

$\Delta t = 0,1 \text{ s}$

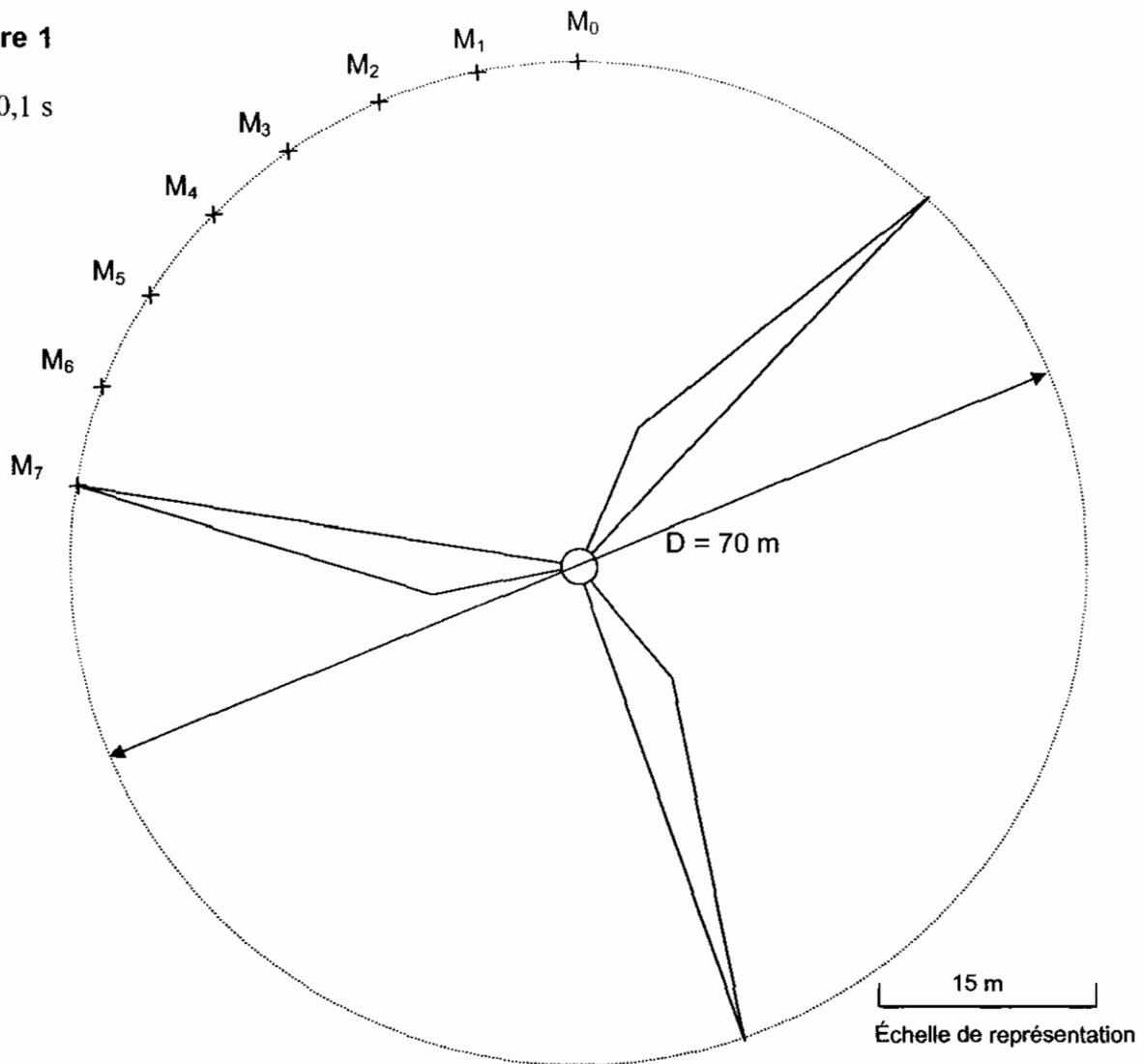
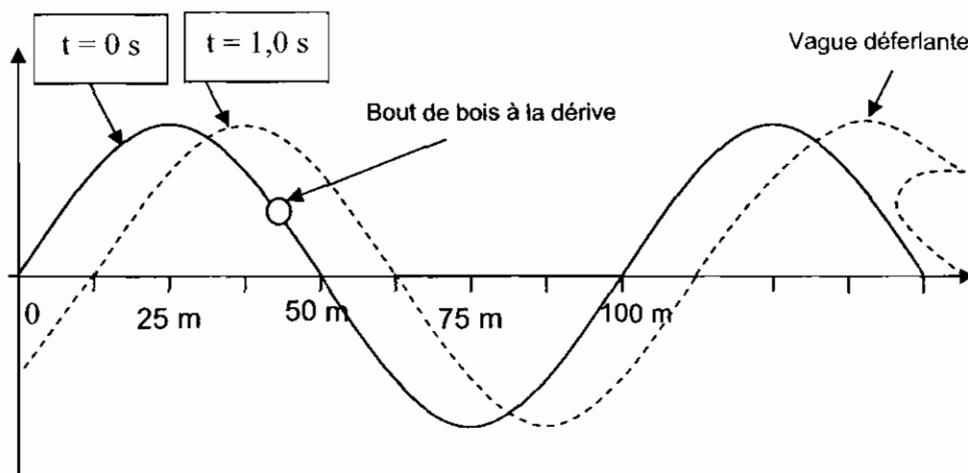


Figure 2



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE-CHEMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 . - COEFFICIENT : 6

L'épreuve a été conçue pour être traitée AVEC calculatrice

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.
Seule l'annexe (page A1), située à la fin du sujet, est À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Détermination de la constante d'acidité d'un indicateur coloré : le vert de Bromocrésol (4 points).
- II. Thermomètre de Galilée (5 points).
- III. Évolution temporelle des systèmes physiques et chimiques (7 points).

EXERCICE I. DÉTERMINATION DE LA CONSTANTE D'ACIDITÉ D'UN INDICATEUR COLORÉ : LE VERT DE BROMOCRÉSOL (4 points)

Le vert de bromocrésol est un indicateur coloré acido-basique. C'est un couple acide-base dont l'acide $HInd$ et la base Ind^- possèdent deux couleurs différentes : la forme acide est jaune tandis que la forme basique est bleue.

Le but de cet exercice est de déterminer la valeur de la constante d'acidité du vert de bromocrésol par deux méthodes différentes.

1. Détermination de la constante d'acidité du vert de bromocrésol par pH-métrie.

On dispose d'une solution commerciale S de vert de bromocrésol à 0,02 % en solution aqueuse. La concentration molaire en soluté apporté de cette solution est $c = 2,9 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

Après avoir étalonné un pH-mètre, on mesure le pH d'un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ de la solution S , on trouve un pH égal à 4,2.

1.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide $HInd$ avec l'eau.

1.2. Calculer la valeur de l'avancement final x_f de la réaction entre l'acide $HInd$ et l'eau (on pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique).

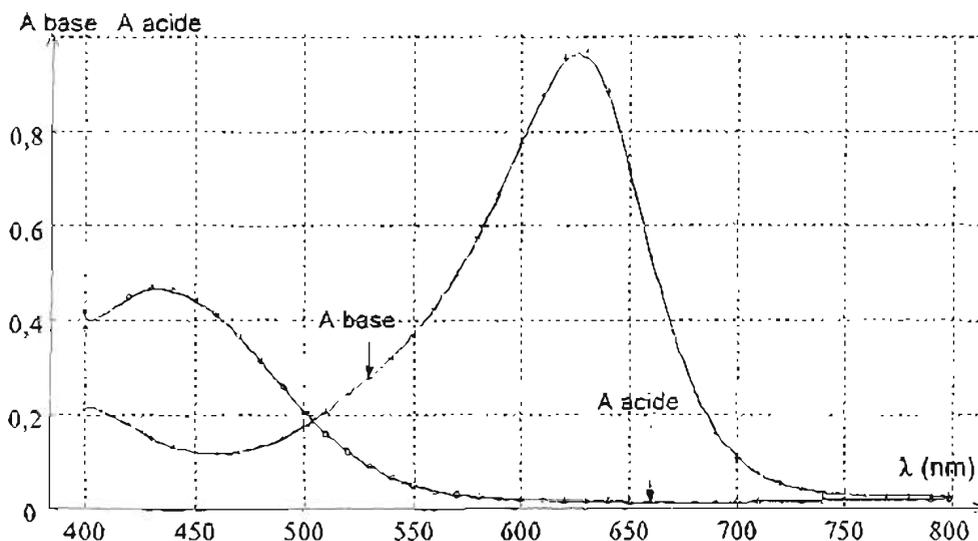
1.3. Calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction. La transformation de l'acide $HInd$ avec l'eau est-elle totale ?

1.4. Établir l'expression de la constante d'acidité K_A de l'indicateur en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire en soluté apporté c de la solution S .

1.5. Calculer la valeur de K_A . En déduire la valeur du pK_A du vert de bromocrésol.

2. Détermination de la constante d'acidité du vert de bromocrésol par spectrophotométrie.

À l'aide d'un spectrophotomètre, on relève l'absorbance des formes acide et basique du vert de bromocrésol. On obtient les courbes suivantes :

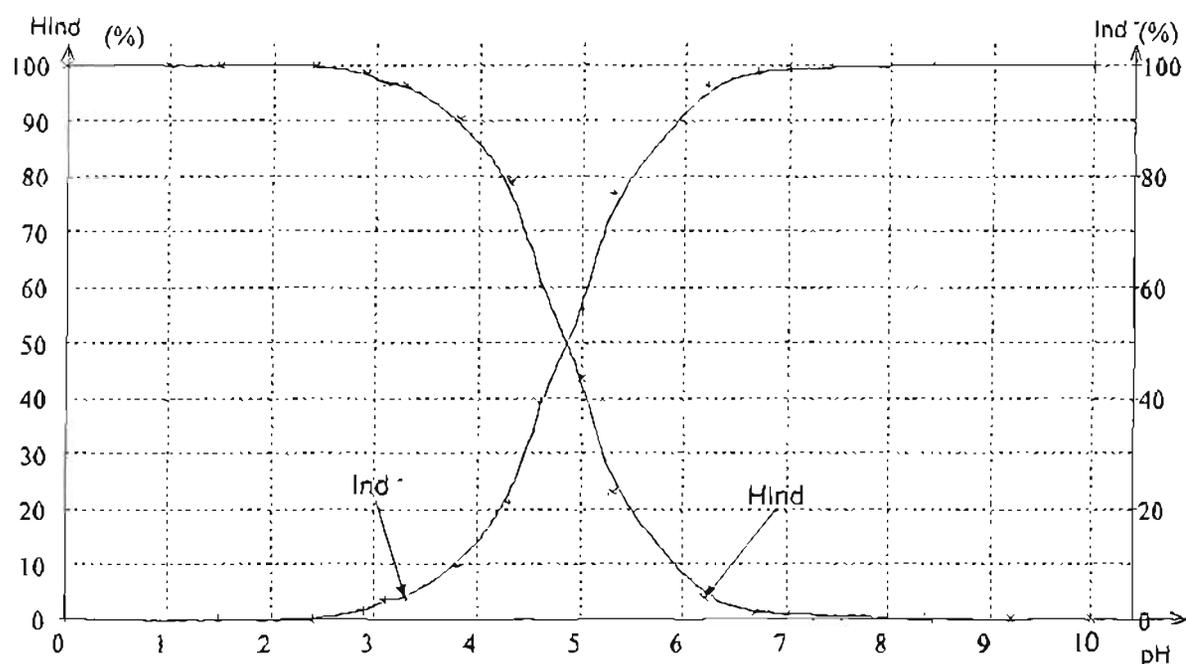


2.1. À quelle longueur d'onde λ faut-il régler le spectrophotomètre afin que l'absorbance de la forme acide soit quasiment nulle et celle de la forme basique du vert de bromocrésol soit maximale ?

On utilise seize solutions de volumes identiques mais de pH différents dans lesquelles on ajoute le même volume de la solution commerciale S de vert de bromocrésol. Après avoir réglé le spectrophotomètre, on mesure l'absorbance de ces seize solutions (résultats voir tableau).

Solution n°	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	1,5	2,4	2,9	3,1	3,3	3,8	4,3	4,6
Absorbance	0	0	0,013	0,032	0,036	0,094	0,206	0,382
Teinte de la solution	jaune	jaune	jaune	jaune	jaune	verte	verte	verte
Solution n°	9	10	11	12	13	14	15	16
pH	5,0	5,3	6,2	6,7	7,0	8,4	9,2	10,0
Absorbance	0,546	0,746	0,790	0,886	0,962	0,970	0,970	0,970
Teinte de la solution	verte	verte	bleue	bleue	bleue	bleue	bleue	bleue

À partir des mesures du tableau précédent, il est possible de calculer les pourcentages de forme acide et de forme basique présentes dans chacune des seize solutions et ainsi de construire le diagramme de distribution des espèces du couple HInd/Ind⁻.



2.2. En quel point du diagramme de distribution des espèces a-t-on $[HInd] = [Ind^-]$? En déduire la valeur du pK_A du vert de bromocrésol.

2.3. Tracer le diagramme de prédominance du couple HInd/Ind⁻.

2.4. Évaluer, à l'aide du tableau, l'intervalle des valeurs de pH pour lesquelles le vert de bromocrésol prend sa teinte sensible. Comment appelle-t-on cet intervalle ?

On considère que le vert de bromocrésol prend sa teinte acide lorsque $\frac{[HInd]}{[Ind^-]} > 10$ et qu'il prend sa teinte basique lorsque $\frac{[Ind^-]}{[HInd]} > 10$.

2.5. En utilisant la relation $pH = pK_A + \lg \frac{[base]}{[acide]}$, déterminer par le calcul l'intervalle de pH pour lequel $[HInd]$ et $[Ind^-]$ sont considérées voisines. Comparer cet intervalle à celui évalué précédemment.

EXERCICE II. THERMOMÈTRE DE GALILÉE (5 points)

Galileo Galilei, dit Galilée (1564-1642) était un mathématicien, physicien et astronome italien. Célèbre pour ses travaux sur la chute des corps et pour ses observations célestes, il travailla aussi sur la mesure de la température. C'est à partir de l'une de ses idées qu'a été confectionné le thermomètre dit de Galilée.

Cet exercice vise à comprendre le fonctionnement de ce thermomètre.

Cet objet décoratif est constitué d'une colonne remplie d'un liquide incolore et de plusieurs boules en verre soufflé, lestées par une petite masse métallique.

Le liquide contenu dans la colonne a une masse volumique $\rho_l(T)$ qui décroît fortement lorsque la température augmente. Les boules ont chacune le même volume mais possèdent des masses différentes. Un petit médaillon indiquant une température est accroché sous chacune d'elles. Chaque boule possède une masse ajustée de manière précise. Pour un modèle commercial courant, on trouve onze boules indiquant des températures comprises entre 17 °C et 27 °C.

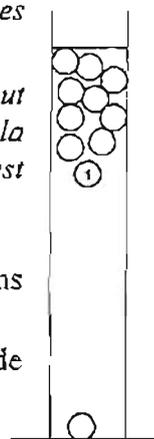
Dans cet appareil, on peut observer que certaines boules sont situées en bas de la colonne et que d'autres flottent en haut. La température de la colonne est indiquée par la boule qui se trouve en équilibre dans le liquide c'est-à-dire par la plus basse des boules situées en haut de la colonne.



1. Principe de fonctionnement.

On décide de construire un thermomètre. On utilise une éprouvette remplie d'une huile de masse volumique $\rho_l(T)$ dans laquelle on place des boules de même volume V_b mais de masses volumiques différentes. On constate que certaines boules flottent et d'autres coulent.

On s'intéresse dans cette partie à la boule 1 de volume V_b et de masse volumique ρ . On peut supposer que la masse volumique et le volume de cette boule sont quasiment indépendants de la température contrairement à ceux du liquide dans lequel elle est immergée. La boule 1 est immobile, en équilibre dans l'huile.



1.1. Faire un inventaire des forces s'exerçant sur la boule 1. Les représenter sur un schéma sans souci d'échelle.

1.2. Exprimer ces différentes forces en fonction de ρ , $\rho_l(T)$, V_b et de g , l'intensité du champ de pesanteur.

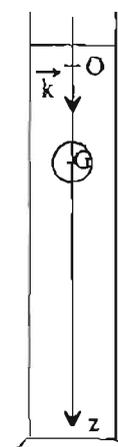
1.3. Établir l'expression littérale de la masse volumique ρ que doit avoir la boule 1 pour rester immobile.

1.4. Expliquer pourquoi, hormis la boule 1, les boules restent les unes en haut de la colonne, les autres en bas.

1.5. Lorsque la température du liquide s'élève, la boule 1 se met en mouvement. Justifier dans quel sens.

2. Étude du mouvement d'une boule.

On utilise le même liquide que précédemment et on y place une seule boule de masse m de centre d'inertie G . Le liquide contenu dans l'éprouvette est à 18 °C, on constate qu'à cette température, la boule flotte. On chauffe alors légèrement le liquide jusqu'à 20 °C, on plonge à nouveau la boule à l'intérieur et on constate qu'elle descend le long de l'éprouvette. On prend pour origine des dates ($t = 0$ s) l'instant où on a plongé la boule dans le liquide. On modélise la valeur f de la force de frottement fluide du liquide sur la boule par $f = k.v$, avec v , la vitesse du centre d'inertie de la boule et k le coefficient de frottement. On définit un axe Oz dirigé vers le bas, le point O coïncide avec le centre d'inertie de la boule à l'instant de date $t = 0$ s.



2.1. Représenter, à l'aide d'un schéma, sans souci d'échelle, mais de façon cohérente, les forces s'exerçant sur la boule en mouvement.

2.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que la vitesse $v(t)$ du centre d'inertie de la boule obéit à une équation différentielle de la forme : $\frac{dv}{dt} = A - B.v$. Donner les expressions littérales de A et de

B en fonction de m , g , k , $\rho_l(T)$ et V_b .

2.3. Établir l'expression littérale de la vitesse limite atteinte par la boule.

On donne $A = 9,5 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-2}$ et $B = 7,3 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$. Calculer sa valeur.

2.4. On se propose de résoudre l'équation différentielle $\frac{dv}{dt} = A - B.v$ et de construire la courbe $v = f(t)$

en utilisant la méthode d'Euler. Cette méthode itérative permet de calculer, pas à pas, de façon approchée, les valeurs de la vitesse instantanée de la boule à différentes dates.

On utilise la relation suivante :

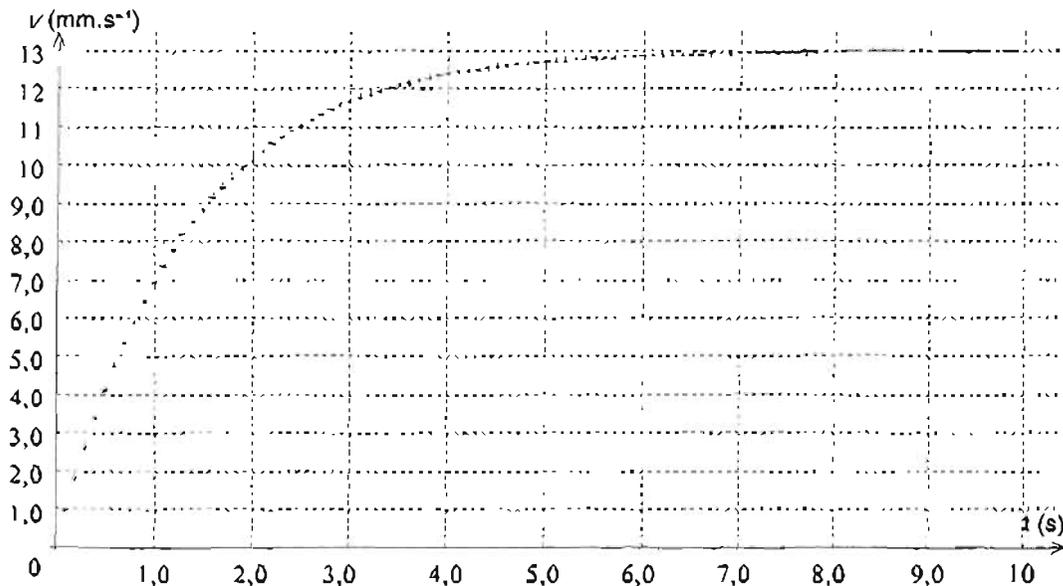
$$v(t_n) = v(t_{n-1}) + \Delta v(t_{n-1}) \text{ avec } \Delta v(t_{n-1}) = a(t_{n-1}) \cdot \Delta t$$

$$t_n = t_{n-1} + \Delta t \text{ où } \Delta t \text{ est le pas d'itération du calcul.}$$

En utilisant l'équation différentielle et la relation d'Euler, recopier sur la copie le tableau suivant et le compléter :

Dates t en s	Vitesse $v(t_n)$ en m.s^{-1}	$\Delta v(t_n)$ en m.s^{-1}
$t_0 = 0$	0	
$t_1 = 0,10$		$8,8 \times 10^{-4}$
$t_2 = 0,20$		

La courbe $v = f(t)$ que l'on obtient par la méthode d'Euler lorsqu'on utilise un tableur est reproduite ci-dessous :



2.5. Indiquer les différents régimes observés sur la courbe $v = f(t)$.

2.6. Déterminer graphiquement, en prenant soin d'expliquer votre méthode, le temps caractéristique τ .

2.7. Justifier le choix de la valeur du pas utilisé $\Delta t = 0,10 \text{ s}$.

Données :

Rayon de la boule :

$$R = 1,50 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Volume de la boule :

$$V_b = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

Masse de la boule :

$$m = 12,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

Masse volumique du liquide à 20°C :

$$\rho_l(20^\circ\text{C}) = 848 \text{ kg.m}^{-3}$$

Coefficient de frottement :

$$k = 8,8 \times 10^{-3} \text{ kg.s}^{-1}$$

Intensité de la pesanteur :

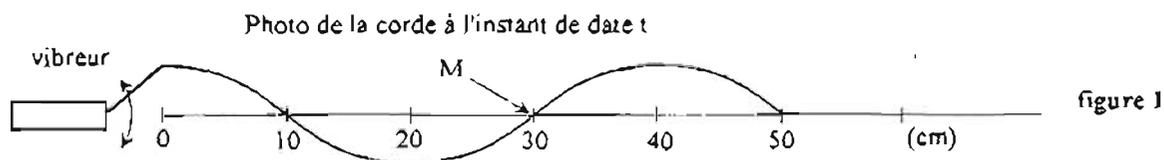
$$g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$$

EXERCICE III. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES SYSTÈMES PHYSIQUES ET CHIMIQUES (7 points)

Cet exercice comporte 21 **AFFIRMATIONS**, toutes indépendantes, concernant l'évolution temporelle des systèmes. Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, vous répondrez donc par **VRAI** ou **FAUX** en justifiant votre choix à l'aide de définitions, de calculs, de schémas à compléter **SI VOUS L'ESTIMEZ NÉCESSAIRE** sur la **FEUILLE ANNEXE**, page A1, à rendre avec la copie.

I. Propagation d'une onde.

On fixe un vibreur à l'extrémité d'une corde tendue. Une onde sinusoïdale de fréquence $f = 25 \text{ Hz}$ se propage le long de la corde. Le milieu n'est pas dispersif.



Affirmation 1 : l'onde est transversale.

Affirmation 2 : la célérité de l'onde est $v = 20 \text{ m.s}^{-1}$.

Affirmation 3 : la célérité de l'onde dépend de la fréquence de la source.

Affirmation 4 : au moment de la prise de vue, le point M descend.

Dans un milieu non dispersif, une onde rectiligne sinusoïdale traverse une fente dont la largeur, fixe, est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde.

Affirmation 5 : le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la fréquence de l'onde est grande.

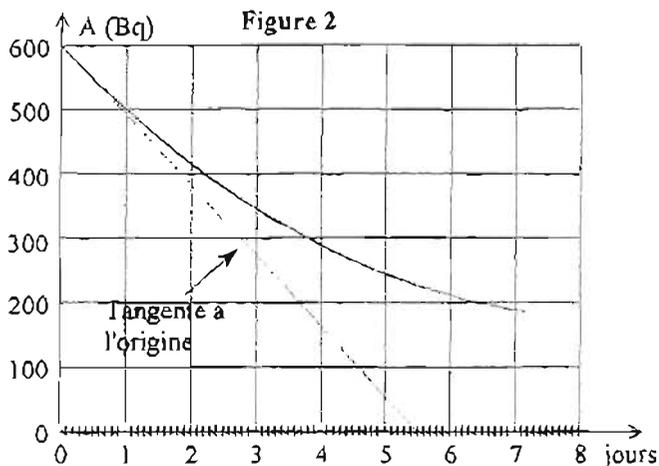
II. Radioactivité.

Le graphe ci-contre (figure 2) représente l'évolution temporelle de l'activité A d'un échantillon de radon 222.

Affirmation 6 : la demi-vie du radon 222 est :

$$t_{1/2} = 5,5 \text{ jours}$$

Affirmation 7 : à l'instant de date $t = 1,0$ jour, il reste environ $2,4 \times 10^8$ noyaux de radon 222 dans l'échantillon.



III. Évolution des systèmes électriques.

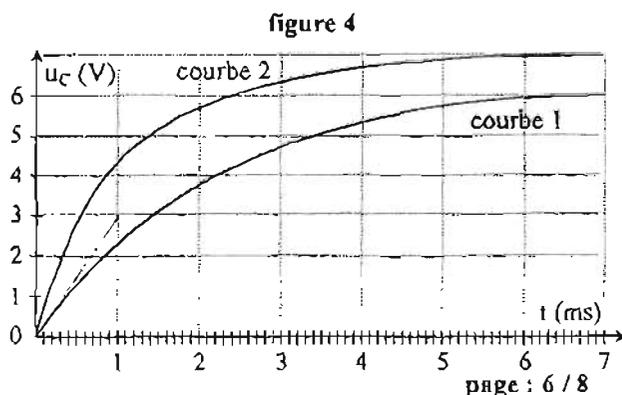
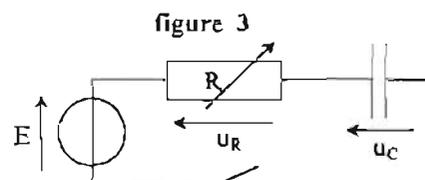
La résistance du circuit de la figure 3 est réglable. Le générateur délivre une tension constante $E = 6,0 \text{ V}$. Le condensateur a une capacité $C = 1,0 \mu\text{F}$.

Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps (figure 4).

À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur.

Affirmation 8 : à l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, le condensateur est déchargé.

Affirmation 9 : en régime permanent l'intensité du courant qui circule dans le circuit est nulle.



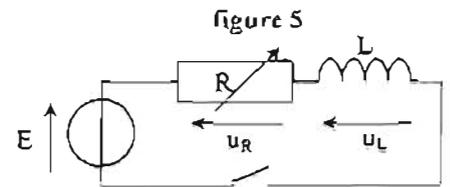
Affirmation 10 : pour obtenir la courbe 1, il faut donner à la résistance la valeur $R = 2,0 \text{ k}\Omega$.

Affirmation 11 : pour passer de la courbe 1 à la courbe 2, il suffit de diminuer la valeur de la résistance.

▪ La résistance du circuit de la figure 5 est réglable. Le générateur délivre une tension constante $E = 6,0 \text{ V}$. La bobine a une résistance interne négligeable devant R et une inductance L .

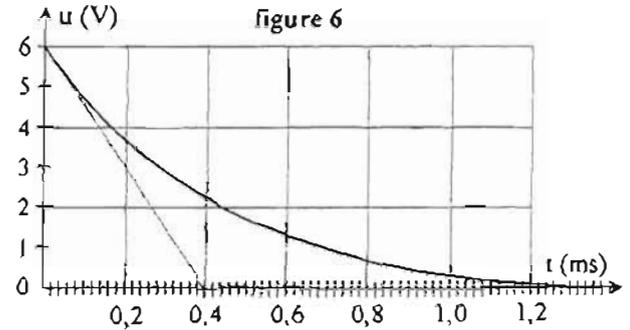
Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de l'une des tensions indiquées sur le schéma.

A l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur.



Affirmation 12 : l'intensité du courant qui circule dans le circuit vérifie l'équation différentielle : $i - \frac{L}{R} \frac{di}{dt} = E$

Affirmation 13 : la courbe de la figure 6 représente la tension aux bornes du conducteur ohmique.



IV. Évolution des systèmes chimiques.

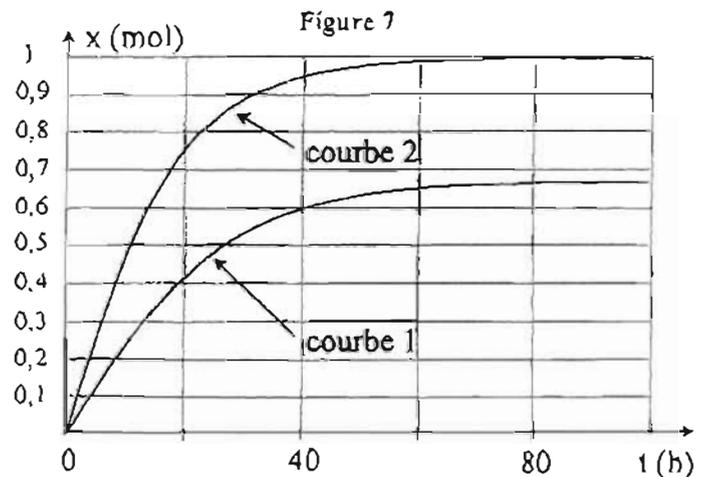
▪ La courbe 1 de la figure 7 représente l'évolution au cours du temps de l'avancement de la réaction entre une mole d'acide éthanoïque et une mole d'éthanol à 100°C sans catalyseur. La réaction conduit à un équilibre chimique.

Affirmation 14 : à l'instant de date $t = 0 \text{ h}$, la vitesse de la réaction est nulle.

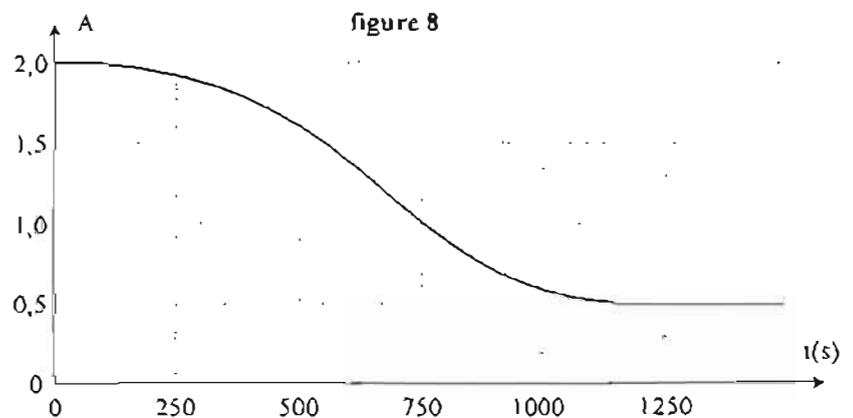
Affirmation 15 : une élévation de température du milieu réactionnel modifie la vitesse de réaction.

Affirmation 16 : la vitesse de la réaction diminue au cours du temps.

Affirmation 17 : l'ajout d'un catalyseur dans le milieu réactionnel permet d'obtenir la courbe 2.

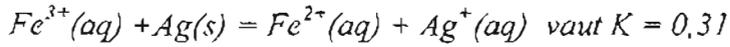


▪ On étudie la réaction d'oxydation de l'acide oxalique $\text{HOOC}-\text{COOH}$ (solution incolore) par l'ion permanganate $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ en milieu acide (solution de couleur violette). Le suivi de la réaction est réalisé par un enregistrement spectrophotométrique. La transformation est totale. Parmi tous les réactifs et produits présents dans le milieu réactionnel, seul l'ion permanganate est coloré et absorbe à la longueur d'onde choisie. L'évolution de l'absorbance du milieu réactionnel en fonction du temps est donnée sur le graphe ci-contre (figure 8).



Affirmation 18 : l'ion permanganate n'est pas le réactif limitant.

▪ On réalise une pile avec les couples $Fe^{3+}(aq)/Fe^{2+}(aq)$ et $Ag^+(aq)/Ag(s)$ (voir schéma de la figure 9). La constante d'équilibre associée à la réaction (1) ci-dessous :



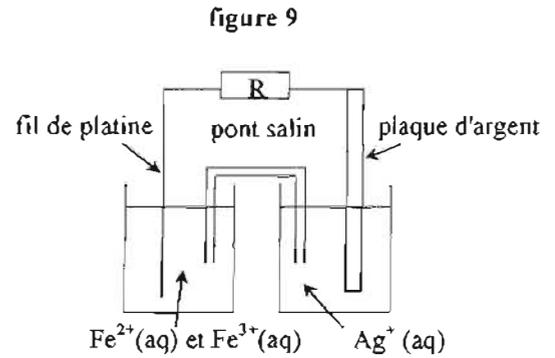
Tous les ions en solution ont initialement la même concentration :

$$[Fe^{2+}(aq)]_{ini} = [Fe^{3+}(aq)]_{ini} = [Ag^+(aq)]_{ini} = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$$

Affirmation 19 : quand le courant circule dans le circuit extérieur, la transformation qui s'effectue dans la pile est une transformation forcée.

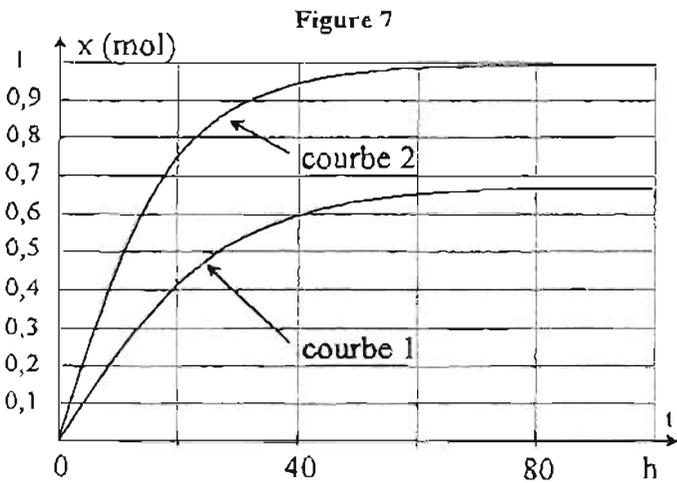
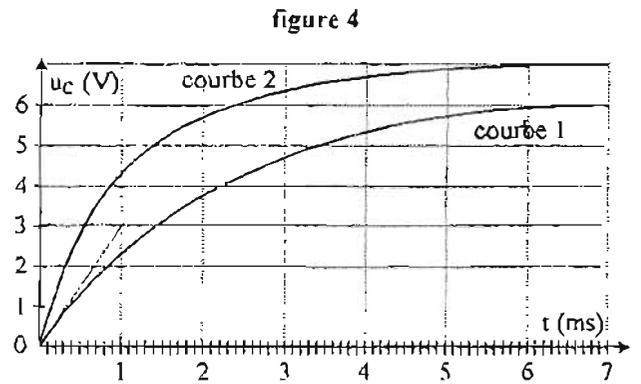
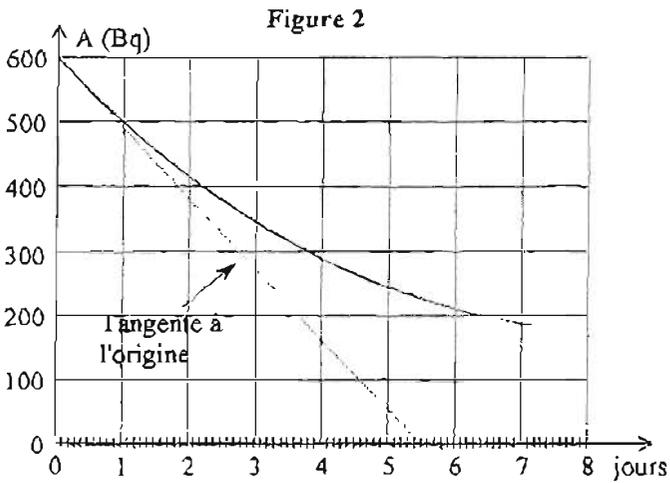
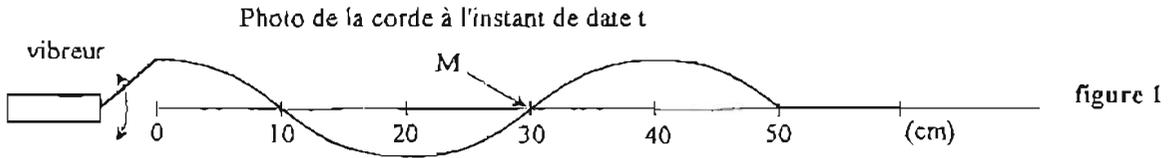
Affirmation 20 : le sens spontané d'évolution de la réaction (1) est le sens direct.

Affirmation 21 : en multipliant par 2 la concentration initiale des ions $Ag^+(aq)$ sans changer les autres concentrations, on inverse le sens d'évolution de la réaction (1).



ANNEXE DE L'EXERCICE III
À RENDRE AVEC LA COPIE

Les schémas de cette feuille peuvent éventuellement servir à justifier certaines affirmations.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, annexes comprises.

Les feuilles annexes (pages 9, 10 et 11) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. **Un séisme dans le Jura (5,5 points)**
- II. **Savon et parfum (6,5 points)**
- III. **Évolution énergétique d'un circuit RLC série (4 points)**

EXERCICE I. UN SÉISME DANS LE JURA (5,5 points)

Les données et les informations utilisées dans cet exercice sont issues des sites Internet du Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) et de l'École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) : <http://renass.u-strasbg.fr> et <http://eost.u-strasbg.fr>.

Le 23 février 2004, un séisme de magnitude 5,1 selon le Réseau National de Surveillance Sismique s'est produit à Roulans (dans le département du Doubs), à 20 km au nord-est de Besançon. Ce séisme a été ressenti très largement en dehors du Doubs dans tout l'est de la France, en Suisse et dans le nord-ouest de l'Allemagne, sans faire de victimes ni de dégâts significatifs.

Lors d'un séisme, des ondes traversent la Terre. Elles se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismomètres. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont modifiées par les structures géologiques traversées. C'est pourquoi les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure.

Parmi les ondes sismiques, on distingue :

- les ondes P ou ondes primaires, qui sont des ondes de compression ou ondes longitudinales ; leur célérité v_P vaut en moyenne $v_P = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$.
- les ondes S ou ondes secondaires, appelées également ondes de cisaillement ou ondes transversales ; leur célérité v_S vaut en moyenne $v_S = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$.

1. Étude d'un sismogramme

L'écart entre les dates d'arrivée des ondes P et S renseigne, connaissant la célérité des ondes, sur l'éloignement du lieu où le séisme s'est produit.

Le document 1 **EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE** présente un extrait de sismogramme relevé dans une station d'enregistrement après le séisme du 23 février de Roulans.

On notera t_0 la date correspondant au début du séisme, date à laquelle les ondes P et S sont générées simultanément.

1.1. En utilisant des informations du texte encadré, associer, sur le document 1 **EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, à chaque signal observé sur le sismographe, le type d'ondes détectées (ondes S ou ondes P). Justifier.

1.2. Relever sur ce document les dates d'arrivée des ondes S et P à la station d'enregistrement notées respectivement t_S et t_P .

1.3. Soit d la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit. Exprimer la célérité notée v_S des ondes S en fonction de la distance d parcourue et des dates t_S et t_0 . Faire de même pour les ondes P avec les dates t_P et t_0 .

1.4. Retrouver l'expression de la distance d :

$$d = \frac{v_S \cdot v_P}{v_P - v_S} (t_S - t_P)$$

1.5. En déduire la valeur numérique de cette distance d .

2. Fonctionnement d'un sismomètre

Pour obtenir des sismogrammes comme celui présenté sur le document 1 **EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, on utilise des sismomètres. Un sismomètre est un appareil capable de détecter de très petits mouvements du sol et de les enregistrer, par un procédé analogique ou numérique, en suivant une base de temps très précise. Il fonctionne sur le même principe qu'un oscillateur solide-ressort amorti lié à un bâti fixé au sol. Les sismomètres sont sensibles aux vibrations verticales ou horizontales du sol. On s'intéresse ici au fonctionnement d'un sismomètre horizontal.

2.1. Étude des oscillations libres en l'absence de tout séisme

On modélise le sismomètre horizontal par un système solide-ressort. Le ressort de constante de raideur k est fixé par une extrémité à un bâti B . Le solide de masse m et de centre d'inertie G se déplace le long d'un support rectiligne horizontal. La projection de G est repérée sur l'axe Ox par son abscisse $x(t)$ (voir document 2 EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE).

L'origine O représente la projection du point G lorsque la longueur du ressort correspond à sa longueur à vide. En l'absence de tout séisme, on étudie les oscillations libres du système solide-ressort et on néglige tout frottement.

Le bâti est alors supposé fixe dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

2.1.1. Faire un inventaire des forces extérieures exercées sur le solide et les représenter sur le schéma du document 2 EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

2.1.2. Appliquer la deuxième loi de Newton au centre d'inertie G du solide pour établir l'équation différentielle vérifiée par $x(t)$.

2.1.3. La période propre T_0 des oscillations libres du solide est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Vérifier la cohérence de cette expression par une analyse dimensionnelle.

2.2. Étude des oscillations forcées lors d'un séisme

Lors d'un séisme, le sismomètre fonctionne en oscillations forcées. Le solide est en mouvement relatif par rapport au bâti. C'est ce mouvement relatif qui est enregistré par un dispositif mécanique, optique ou électronique. On admettra que, pendant un séisme, le sol et donc le bâti, ont un mouvement de vibration sinusoïdale.

2.2.1. Quel est l'excitateur ? Quel est le résonateur ?

Il existe différentes classes de sismomètres en fonction de la fréquence des ondes sinusoïdales qui composent le signal. En effet un signal sismique peut comporter des ondes dont les périodes vont de quelques centièmes de seconde à plusieurs minutes. Le sismomètre entre en résonance pour une fréquence particulière. Il comporte également un système d'amortissement, nécessaire pour obtenir une restitution fidèle du mouvement du sol.

2.2.2. En admettant que l'amortissement est suffisamment faible, pour quelle période de l'excitateur ce phénomène de résonance se produit-il ?

Remarque : sans ce phénomène de résonance, le mouvement relatif est d'amplitude trop faible pour pouvoir être enregistré de façon fiable.

2.2.3. Pour simplifier le raisonnement on considère que les ondes P et S sont périodiques.

En analysant le document 1 EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE, dire si l'ordre de grandeur de la période des ondes P et S est plutôt de 10 s, ou 1 s, ou 0,1 s. Justifier la réponse.

2.2.4. À partir de l'expression de la période propre T_0 donnée à la question 2.1.3., calculer la valeur approchée de la masse m du solide qui, dans le cas de ce tremblement de terre, a permis de relever le sismogramme des ondes P et S . La constante de raideur du ressort est $k = 100 \text{ N.m}^{-1}$.

Aide au calcul : $\pi^2 = 10$

2.2.5. Certaines ondes se propageant lors d'un séisme sont de fréquences beaucoup plus basses que celles des ondes P et S . Comment faudrait-il modifier la masse m pour pouvoir les enregistrer ?

3. À propos des séismes

Répondre aux questions posées dans le document 3 EN ANNEXE PAGE 10 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE en justifiant brièvement dans le cadre.

EXERCICE II. SAVON ET PARFUM (6,5 points)

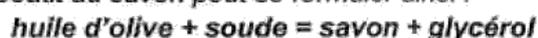
Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Étude de la fabrication d'un savon

Les premiers savons dits " durs " ont été élaborés dans le Nord de l'actuelle Syrie au VIII^{ème} siècle (Un savon est mou si l'on utilise de la potasse, dur si l'on emploie de la soude).

Le Savon d'Alep est obtenu par traitement à chaud d'huile d'olive par l'hydroxyde de sodium.

Le processus chimique qui aboutit au savon peut se formuler ainsi :



Les deux produits de la réaction sont séparés lors de l'opération de relargage.

Fabrication « en chaudron » du savon d'Alep

La technique, pratiquée à l'ancienne, dure plus d'une semaine et comprend les quatre phases suivantes :

L'empâtage : il consiste à mettre en présence l'huile d'olive et la soude caustique dans des proportions données (de telle manière que la soude soit en quantité suffisante pour saponifier complètement l'huile) et à les mélanger intimement en les faisant bouillir en présence d'eau dans une cuve.

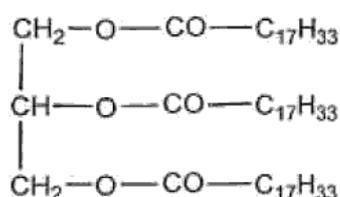
Le relargage : les deux produits sont séparés en ajoutant de l'eau salée. L'ensemble se divise en deux couches. La partie inférieure, mélangée avec de l'eau, est retirée par le fond du chaudron à travers une tubulure.

La cuisson : la pâte de savon restant dans le chaudron est chauffée à ébullition pendant de nombreuses heures avec un excès de soude caustique.

Les lavages : ils éliminent l'excès de soude restant dans le savon. On fait bouillir la pâte de savon avec de l'eau salée en deux ou trois lavages successifs, jusqu'à ce que le savon ne contienne plus qu'une proportion donnée de soude. Enfin, la pâte chaude de savon d'Alep est sortie de la cuve pour être étendue, sur une feuille de papier, afin qu'elle refroidisse et perde une partie de son eau.

D'après un article de la compagnie générale de cosmétique

- 1.1. D'après le texte, quels sont les réactifs de la saponification produisant le savon d'Alep ?
- 1.2. Donner la formule chimique de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ainsi que la formule du glycérol (ou propan - 1,2,3 - triol).
- 1.3. Un des corps gras utilisés pour la fabrication du savon d'Alep est l'oléine de formule :



Écrire l'équation chimique de la réaction associée à la transformation qui conduit au savon d'Alep.

- 1.4. D'après le texte, quel réactif est introduit en excès lors de la saponification ?
- 1.5. Parmi les quatre techniques citées (soulignées dans le texte), laquelle est utilisée pour extraire le savon du milieu réactionnel ? Expliquer son principe à l'aide du tableau suivant :

	Eau	Eau salée
Savon	Peu soluble	Très peu soluble

1.6. Les ions carboxylate présents dans ce savon comportent deux parties, une partie hydrophile et une partie hydrophobe. Définir ces deux termes.

1.7. Donner la formule semi-développée de l'ion carboxylate en indiquant les deux parties précédemment citées.

2. Étude de la fabrication d'un parfum

Le savon d'Alep est parfumé à partir d'essences naturelles. Aujourd'hui, de nombreux savons sont parfumés par ajout d'un ester synthétique. On s'intéresse dans cette partie à la fabrication d'un ester dont l'odeur rappelle celle de l'abricot. Il s'agit du butanoate de pentyle de formule semi-développée $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CO}_2 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$.

2.1. Estérification

2.1.1. Donner les formules semi - développées et les noms respectifs de l'acide carboxylique A et de l'alcool B qui réagissent pour donner cet ester.

2.1.2. Écrire l'équation chimique de la réaction d'estérification modélisant cette transformation.

2.1.3. Cette transformation est-elle lente ou rapide ? Totale ou limitée ?

2.2. Suivi cinétique de l'estérification

Afin de suivre l'évolution au cours du temps de l'avancement x de cette réaction chimique, on réalise l'expérience suivante : on mélange 16,0 mL de l'acide carboxylique A pur, 0,17 mol de l'alcool B et 2 mL d'une solution aqueuse d'acide sulfurique concentrée. Le mélange est réparti dans plusieurs ampoules chauffées à 50°C. À intervalles de temps réguliers, on dose le contenu des ampoules par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$ en présence d'un indicateur coloré. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium noté V_{BE} .

2.2.1. Le mélange réactionnel préparé est-il équimolaire ? Justifier.

Données : * Masse volumique de l'acide carboxylique A : $\rho_A = 0,96 \text{ g.mL}^{-1}$

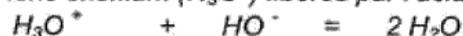
* Masse molaire de l'acide carboxylique A : $M_A = 88 \text{ g.mol}^{-1}$

Aide au calcul		
$\frac{0,96}{16 \times 88} = 6,8 \times 10^{-4}$	$\frac{0,96 \times 16}{88} = 0,17$	$\frac{88}{0,96 \times 16} = 5,7$

2.2.2. On plonge chaque ampoule dans l'eau glacée avant d'effectuer le dosage. Pourquoi ?

2.2.3. Lors de l'ajout de la solution d'hydroxyde de sodium, les ions hydroxyde réagissent simultanément avec les deux acides présents dans l'ampoule :

- d'une part avec les ions oxonium (H_3O^+) libérés par l'acide sulfurique selon l'équation



- d'autre part avec l'acide carboxylique A (de formule notée RCO_2H) selon l'équation



Montrer que la quantité d'acide carboxylique A présent dans une ampoule à un instant de date t est donnée par la relation : $n_{\text{RCO}_2\text{H}}(t) = c_B \cdot V_{BE} - n_{\text{H}_3\text{O}^+}$

$n_{\text{H}_3\text{O}^+}$ représente la quantité de matière d'ions oxonium libérés par l'acide sulfurique.

2.2.4. Montrer que l'avancement de la réaction d'estérification à ce même instant de date t a pour expression :

$$x(t) = n_{\text{RCO}_2\text{H}}(t=0) - c_B \cdot V_{BE} + n_{\text{H}_3\text{O}^+}$$

On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.

2.2.5. À l'aide des données ci-dessous, calculer x_{60} l'avancement de la réaction à l'instant de date $t = 60$ min.

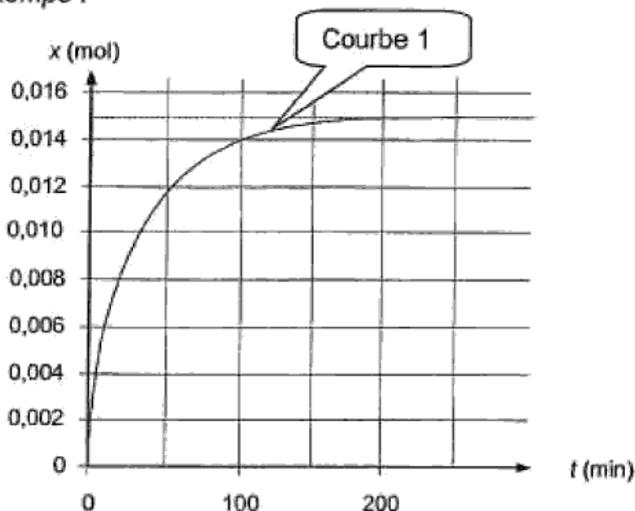
Données :

* Un dosage par la solution d'hydroxyde de sodium des ions oxonium apportés par l'acide sulfurique dans chaque ampoule fournit, après calculs, la quantité de matière en ions oxonium $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,2 \times 10^{-3}$ mol.

* Quantité de matière d'acide carboxylique A introduit à $t = 0$ s : $n_{\text{RCO}_2\text{H}}(t = 0) = 2,3 \times 10^{-2}$ mol.

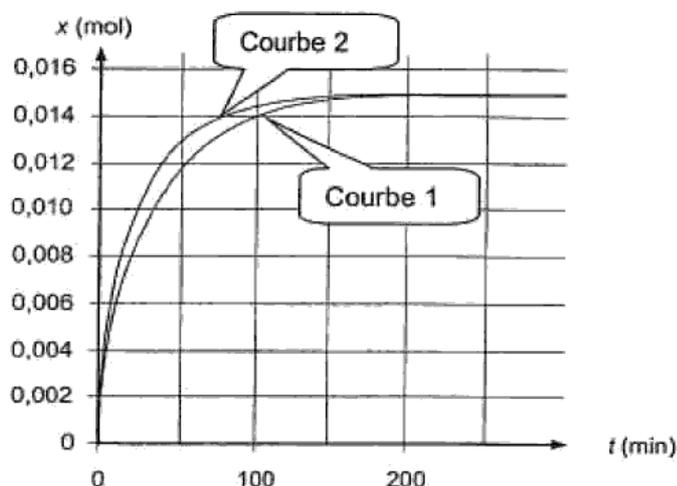
* Volume équivalent de la solution d'hydroxyde de sodium versé lors du dosage d'une ampoule à l'instant de date $t = 60$ min : $V_{\text{BE}} = 6,7$ mL.

2.3. Les dosages ayant été effectués, on trace le graphe de la variation de l'avancement x de la réaction en fonction du temps :



Répondre par VRAI ou FAUX aux propositions données ci-dessous en justifiant clairement la réponse.

- 2.3.1. Proposition 1 : On peut obtenir « davantage d'ester » en éliminant l'eau formée au cours de la transformation.
- 2.3.2. Proposition 2 : La vitesse volumique instantanée de la réaction augmente au cours du temps.
- 2.3.3. Proposition 3 : Le temps de demi-réaction vaut 100 min.
- 2.3.4. Proposition 4 : Si la température du milieu réactionnel augmente, on peut obtenir la courbe 2 suivante :



EXERCICE III. ÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE D'UN CIRCUIT RLC SÉRIE (4 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève réalise le circuit schématisé ci-dessous (figure 1).

Ce circuit est constitué des éléments suivants :

- un générateur délivrant une tension continue constante de valeur $E = 4,0 \text{ V}$;
- une résistance R réglable ;
- un condensateur de capacité $C = 2,0 \mu\text{F}$;
- une bobine d'inductance L et de résistance r .

Un commutateur (K) permet de relier le dipôle (RC) soit au générateur, soit à la bobine.

L'entrée Y_1 d'une interface, reliée à un ordinateur, est connectée à la borne A ; l'autre entrée Y_2 est connectée à la borne D . La masse de l'interface est connectée à la borne B .

Les entrées Y_1 , Y_2 et la masse de l'interface sont équivalentes respectivement aux entrées Y_1 , Y_2 et à la masse d'un oscilloscope.

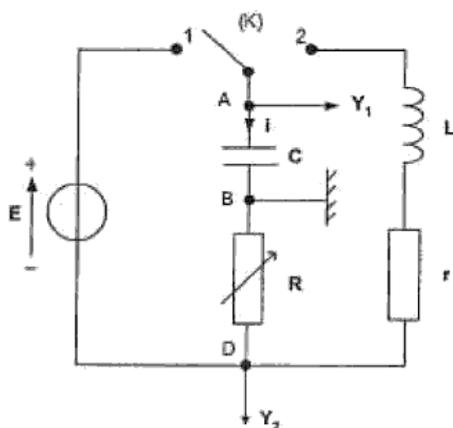


Figure 1

1. Étude énergétique du condensateur

Au cours de cette question, on étudie la charge du condensateur. À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, le condensateur est déchargé et on bascule le commutateur en position 1.

1.1. Tensions

Représenter, sur la figure 1 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE, par des flèches :

- la tension $u_{DB}(t)$ aux bornes de la résistance ;
- la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes du condensateur.

1.2. Charge du condensateur

1.2.1. Donner, en le justifiant, le signe de la charge q portée par l'armature A du condensateur au cours de sa charge et la relation existant entre la charge q et la tension u_{AB} .

1.2.2. En tenant compte de l'orientation du circuit, donner la relation vérifiée à chaque instant par l'intensité $i(t)$ du courant et la charge $q(t)$.

1.2.3. À partir des expressions des tensions aux bornes des trois dipôles, établir l'équation différentielle vérifiée par $u_{AB}(t)$.

1.2.4. Vérifier que l'expression suivante de $u_{AB}(t)$ est solution de cette équation différentielle :

$$u_{AB}(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

1.3. Énergie électrique E_e emmagasinée par le condensateur

1.3.1. Donner en fonction de $u_{AB}(t)$ l'expression littérale de l'énergie électrique E_e emmagasinée par le condensateur.

1.3.2. En déduire l'expression littérale $E_{e \text{ max}}$ de sa valeur maximale et calculer sa valeur.

2. Étude énergétique du circuit RLC

2.1. Une fois le condensateur chargé, l'élève bascule rapidement le commutateur (K) de la position 1 à la position 2 : il prend l'instant du basculement comme nouvelle origine des dates.

Le condensateur se décharge alors dans la bobine.

L'acquisition informatisée des tensions permet de visualiser l'évolution des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{DB}(t)$ en fonction du temps.

Après transfert des données vers un tableur-grapheur, l'élève souhaite étudier l'évolution des différentes énergies au cours du temps.

2.1.1. Exprimer littéralement, en fonction de $i(t)$, l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine.

2.1.2. À partir de l'une des tensions enregistrées $u_{AB}(t)$ et $u_{DB}(t)$, donner l'expression de l'intensité instantanée $i(t)$.

En déduire l'expression de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en fonction de l'une des tensions enregistrées.

2.1.3. En déduire l'expression de l'énergie totale E_T du circuit en fonction des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{DB}(t)$.

2.2. À partir du tableur-grapheur, l'élève obtient le graphe ci-dessous (figure 2) qui montre l'évolution, en fonction du temps, des trois énergies : E_e énergie électrique, E_m énergie magnétique et E_T énergie totale.

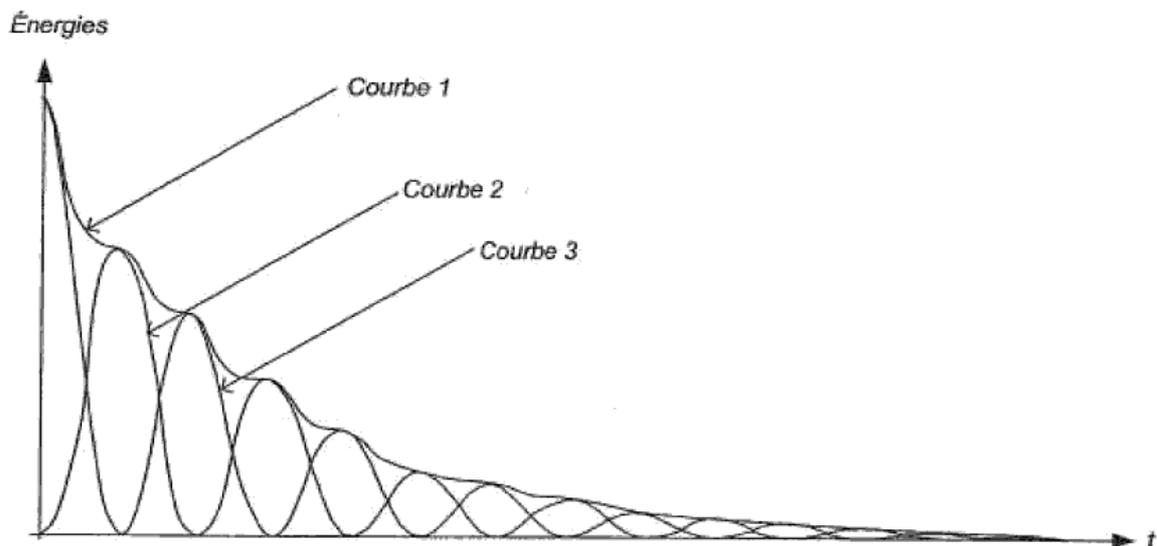


Figure 2

Identifier chaque courbe en justifiant. Quel phénomène explique la décroissance de la courbe 1 ?

3. Entretien des oscillations

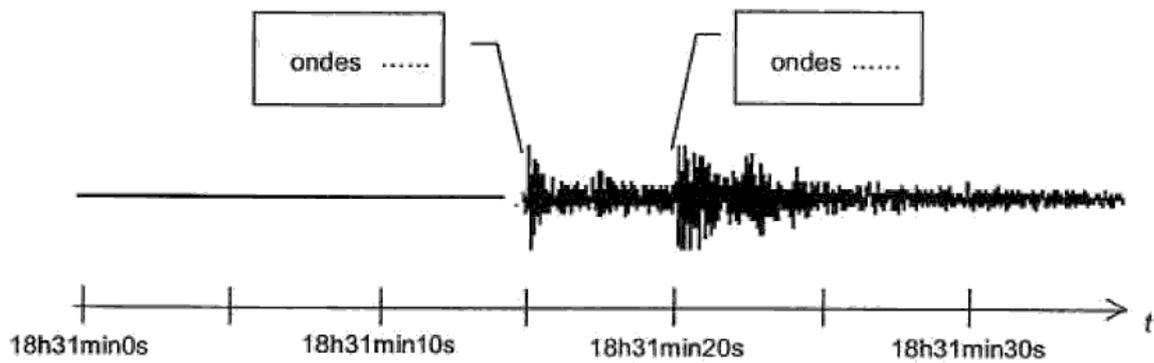
Pour entretenir les oscillations, on ajoute en série dans le circuit précédent un dispositif assurant cette fonction. On refait alors une acquisition informatisée.

3.1. Tracer sur la figure 3 **EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, les deux courbes manquantes. Préciser ce que chacune des trois courbes représente.

3.2. Pourquoi un tel régime est-il qualifié d'entretenu ?

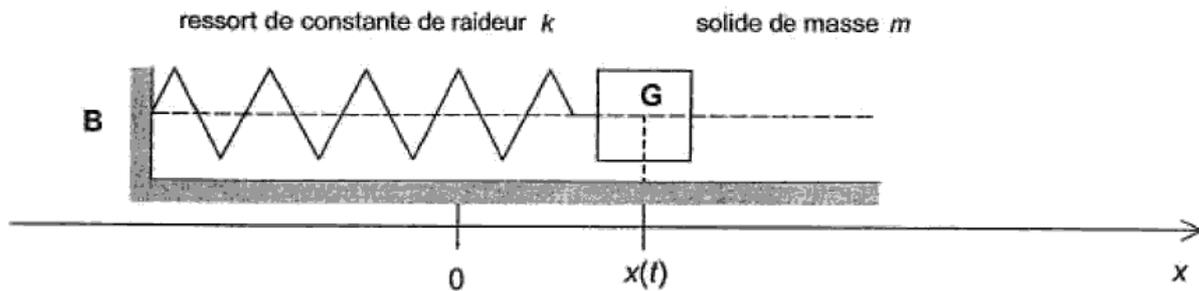
ANNEXE DE L'EXERCICE I.

1. Étude d'un sismogramme



Document 1 : Extrait de sismogramme relevé après le séisme du 23 février de Roulans

2. Fonctionnement d'un sismomètre



Document 2 : Schéma du modèle du sismomètre horizontal

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I.

3. À propos des séismes

Document 3 :

Question	Réponse
À partir de l'épicentre, les ondes sismiques se propagent-elles dans une direction privilégiée ?	
Les ondes sismiques se propagent-elles avec transport de matière ?	
À propos des ondes P, le texte évoque des ondes longitudinales. Définir une onde longitudinale.	
Exprimer et calculer numériquement la longueur d'onde λ d'une onde P de période $T = 0,2$ s.	
Pourquoi le texte donne-t-il les valeurs moyennes pour les célérités des ondes sismiques ?	

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III.

1. Étude énergétique du condensateur

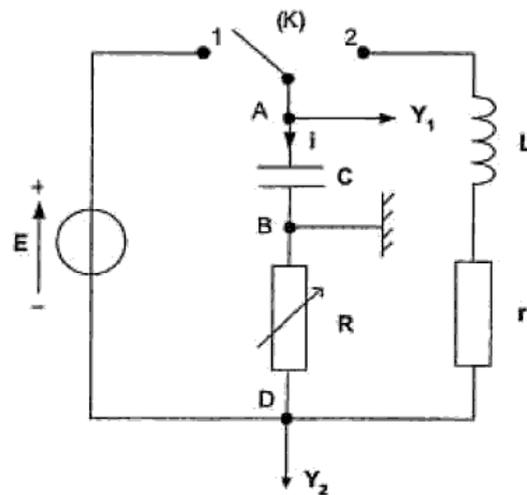


figure 1

3. Entretien des oscillations

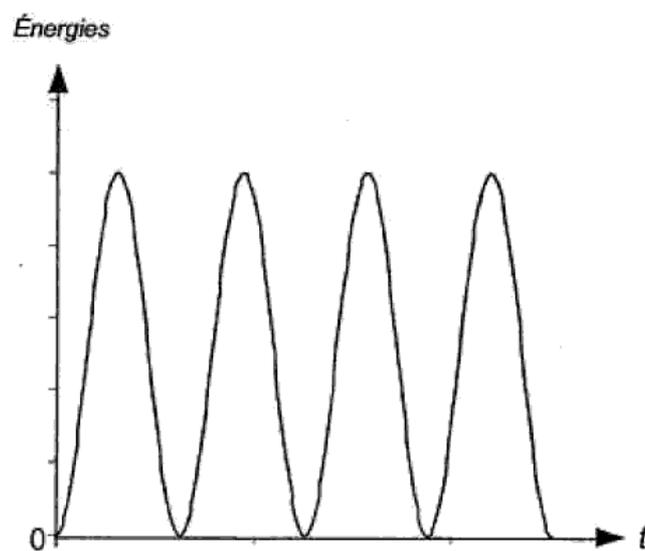


figure 3

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Transport du dioxygène dans le sang (6,5 points)
- II. Contrôler la fusion nucléaire (5,5 points)
- III. La poule, le chien et le pigeon (4 points)

EXERCICE I. TRANSPORT DU DIOXYGÈNE DANS LE SANG (6,5 points)

Le but de cet exercice est d'étudier, de manière simplifiée, le transport du dioxygène par l'hémoglobine du sang des poumons vers les organes.

Une molécule d'hémoglobine est constituée de plusieurs sous-unités. On ne considérera dans tout l'exercice que la sous-unité notée $Hb_{(aq)}$.

Le dioxygène est transporté de deux façons dans l'organisme :

- sous forme de dioxygène dissous dans le sang que l'on note $O_{2(aq)}$.
- sous forme d'oxyhémoglobine que l'on notera $HbO_{2(aq)}$.

Le sang est assimilé à une solution aqueuse.

Donnée :

Masse molaire de la sous-unité d'hémoglobine : $M(Hb) = 1,6 \times 10^4 \text{ g.mol}^{-1}$

Les quatre parties sont indépendantes.

1. Transport du dioxygène dans l'organisme par l'hémoglobine du sang

Au niveau des poumons, une sous-unité d'hémoglobine fixe une molécule de dioxygène pour donner une sous-unité d'oxyhémoglobine. L'équation de la réaction associée à la transformation chimique est :



1.1. À l'état initial, on suppose qu'un volume $V = 100 \text{ mL}$ de sang contient une quantité de sous-unités d'hémoglobine notée n_0 , un excès de dioxygène et ne contient pas de sous-unités d'oxyhémoglobine. Ce volume V de sang contient une masse $m = 15 \text{ g}$ de sous-unités d'hémoglobine.

Calculer la quantité de matière n_0 de sous-unités d'hémoglobine correspondante.

1.2. En déduire l'avancement maximum x_{max} de la réaction. On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.

1.3. Le taux d'avancement final τ_f de la réaction chimique (1) a pour valeur 0,97.

Donner la relation qui définit le taux d'avancement final τ_f et en déduire la valeur x_f de l'avancement final.

1.4. En déduire la quantité de sous-unités d'oxyhémoglobine HbO_2 formée dans l'état final.

1.5. En une minute, le débit cardiaque moyen permet de traiter $V_S = 5,0 \text{ L}$ de sang au niveau des poumons. En déduire la quantité correspondante n_S de sous-unités d'oxyhémoglobine HbO_2 formées pendant une minute.

2. Libération du dioxygène au niveau des organes

Le volume V de sang étudié dans la partie 1 arrive au niveau des tissus des organes. À ce stade une partie du dioxygène dissous est absorbée par les tissus faisant ainsi chuter la concentration en dioxygène dans le sang.

Le système chimique étudié dans la partie 1 se trouve alors dans un nouvel état initial, noté état 1, tel que la concentration en dioxygène dissous est $[O_2]_1 = 3,6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$; celle de sous-unités d'hémoglobine est alors $[Hb]_1 = 2,8 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ et celle de sous-unités d'oxyhémoglobine est $[HbO_2]_1 = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

2.1. Calculer la valeur du quotient de réaction Q_r dans l'état 1 correspondant à l'équation (1).

2.2. La constante d'équilibre K_1 liée à l'équation (1) a pour valeur $K_1 = 3,0 \times 10^5$.

Dans quel sens évolue le système ?

3. Et lors d'un effort musculaire ?

Données :

Au cours d'un effort, du dioxyde de carbone est formé au niveau des muscles. Il se dissout dans le sang. Le couple acide-base mis en jeu est $CO_2, H_2O/HCO_3^-(aq)$ de $pK_a = 6,4$.

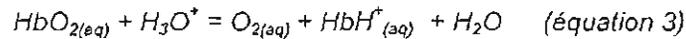
3.1. Écrire l'équation notée (2) de la réaction associée à la transformation entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau.

3.2. Représenter sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces du couple $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{HCO}_3^-$.

3.3. En déduire, en le justifiant, l'espèce prédominante de ce couple dans le sang au niveau des tissus pour un pH du sang égal à 7,4.

3.4. Pourquoi la dissolution du dioxyde de carbone provoque-t-elle une diminution du pH sanguin en l'absence d'autres réactions ?

3.5. Chez l'homme, le pH du sang est compris dans des limites très étroites : 7,36 à 7,42. D'autre part, l'oxyhémoglobine peut réagir avec les ions oxonium selon l'équation :

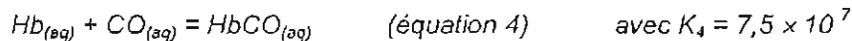


Montrer que les ions H_3O^+ produit par la réaction d'équation (2) permettent la libération du dioxygène nécessaire à l'effort musculaire tout en limitant la variation de pH, vue à la question 3.4.

4. Empoisonnement au monoxyde de carbone

La combustion d'une substance contenant du carbone produit du monoxyde de carbone dans certaines conditions, par exemple dans des poêles ou fourneaux mal aérés, ou dans la fumée de cigarettes.

L'équation associée à la réaction entre le monoxyde de carbone et une sous-unité d'hémoglobine s'écrit :



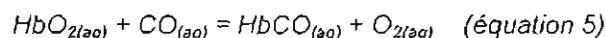
Le tableau suivant donne les effets sur l'organisme associés aux valeurs du rapport des concentrations à l'équilibre $\frac{[\text{HbCO}]_{\text{éq}}}{[\text{Hb}]_{\text{éq}}}$.

$\frac{[\text{HbCO}]_{\text{éq}}}{[\text{Hb}]_{\text{éq}}}$	de $1,1 \times 10^4$ à $2,6 \times 10^4$	de $2,6 \times 10^4$ à $2,6 \times 10^5$	Supérieur à $2,6 \times 10^5$
Effets	Maux de tête	Intoxication grave	Mort rapide

4.1. L'analyse du sang d'une personne ayant respiré de l'air pollué par du monoxyde de carbone a révélé une concentration en monoxyde de carbone dissous dans le sang égale à $2,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

Quels sont les effets ressentis par la personne ?

4.2. Au sein de l'organisme il y a donc compétition entre le dioxygène et le monoxyde de carbone pour se fixer sur l'hémoglobine (équations 1 et 4). On atteint un état d'équilibre correspondant à l'équation :



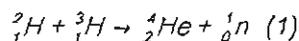
Donner l'expression de la constante d'équilibre K_5 associée à l'équation 5 en fonction de K_1 et K_4 et calculer sa valeur.

4.3. Une personne empoisonnée au monoxyde de carbone est placée dans un caisson hyperbare dans lequel on impose une concentration élevée en dioxygène permettant ainsi d'augmenter la concentration de dioxygène dissous dans le sang. Expliquer qualitativement l'action du caisson hyperbare.

EXERCICE II. CONTRÔLER LA FUSION NUCLÉAIRE (5,5 points)

Le 28 juin 2005, le site de Cadarache (dans les Bouches du Rhône) a été retenu pour l'implantation du projet international de fusion nucléaire ITER.

La fusion de deux noyaux légers en un noyau plus lourd est un processus qui libère de l'énergie. C'est le cas lors de la formation d'un noyau « d'hélium 4 » à partir de la réaction entre le deutérium et le tritium. On récupère une quantité d'énergie de quelques mégaélectronvolts (MeV), suivant la réaction :



Des problèmes se posent si l'on cherche ainsi à récupérer cette énergie :

- pour initier la réaction, les noyaux doivent avoir la possibilité de s'approcher l'un de l'autre à moins de 10^{-14} m. Cela leur impose de vaincre la répulsion électrostatique. Pour ce faire, on porte la matière à une température de plus de 100 millions de degrés ;

- à la fin de la vie du réacteur de fusion, les matériaux constituant la structure du réacteur seront radioactifs. Toutefois, le choix d'éléments de structure conduisant à des produits radioactifs à temps de décroissance rapide permet de minimiser les quantités de déchets radioactifs. Cent ans après l'arrêt définitif du réacteur, la majorité voire la totalité des matériaux peut être considérée comme des déchets de très faible activité.

D'après le livre « Le monde subatomique », de Luc Valentin et le site Internet du CEA.

Les cinq parties sont indépendantes.

Données :

masse du neutron : $m(n) = 1,674927 \times 10^{-27}$ kg

masse du proton : $m(p) = 1,672622 \times 10^{-27}$ kg

masse d'un noyau de deutérium : $m({}^2_1\text{H}) = 3,344497 \times 10^{-27}$ kg

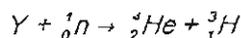
masse d'un noyau de tritium : $m({}^3_1\text{H}) = 5,008271 \times 10^{-27}$ kg

masse d'un noyau d'« hélium 4 » : $m({}^4_2\text{He}) = 6,646483 \times 10^{-27}$ kg

célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹

1eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J

Les « combustibles » utilisés dans le réacteur de fusion ne nécessitent pas de transport de matière radioactive. En effet, le deutérium n'est pas radioactif. Le tritium est fabriqué sur site, à partir d'un élément Y non radioactif suivant la réaction :



1. Le tritium

Donner la composition et le symbole du noyau Y en précisant les règles de conservation..

On donne un extrait de la classification périodique : H (Z=1), He(Z=2), Li (Z=3), Be (Z=4), B(Z=5).

2. Le noyau de deutérium

2.1. Donner la composition du noyau de deutérium ${}^2_1\text{H}$.

2.2. Le deutérium et le tritium sont des isotopes. Justifier cette affirmation.

2.3. Donner l'expression littérale puis la valeur du défaut de masse $\Delta m({}^2_1\text{H})$ du noyau de deutérium.

2.4. En déduire l'énergie $E({}^2_1\text{H})$ correspondant à ce défaut de masse en J puis en MeV et donner sa signification physique.

3. Étude de la réaction de fusion

On considère la réaction de fusion traduite par l'équation (1) dans le texte. Donner l'expression littérale de l'énergie libérée par cette réaction en fonction des données de l'énoncé. Calculer cette énergie en MeV.

4. Ressources en deutérium

On trouve le deutérium en abondance dans l'eau de mer. La ressource dans les océans est estimée à $4,6 \times 10^{13}$ tonnes.

La réaction (1) libère une énergie de 17,6 MeV.

On assimile la masse d'un atome de deutérium à la masse de son noyau.

4.1.

4.1.1. Déterminer le nombre N de noyaux présents dans la masse $m = 1,0$ kg de deutérium.

4.1.2. En déduire l'énergie E libérée par une masse $m = 1,0$ kg de deutérium.

4.2. La consommation annuelle énergétique mondiale actuelle est d'environ 4×10^{20} J. On fait l'hypothèse simplificatrice selon laquelle le rendement d'une centrale à fusion est équivalent à celui d'une centrale nucléaire. Ceci revient à considérer que seule 33 % de l'énergie libérée par la réaction de fusion est réellement convertie en électricité.

Estimer en années, la durée Δt nécessaire pour épuiser la réserve de deutérium disponible dans les océans répondant à la consommation annuelle actuelle.

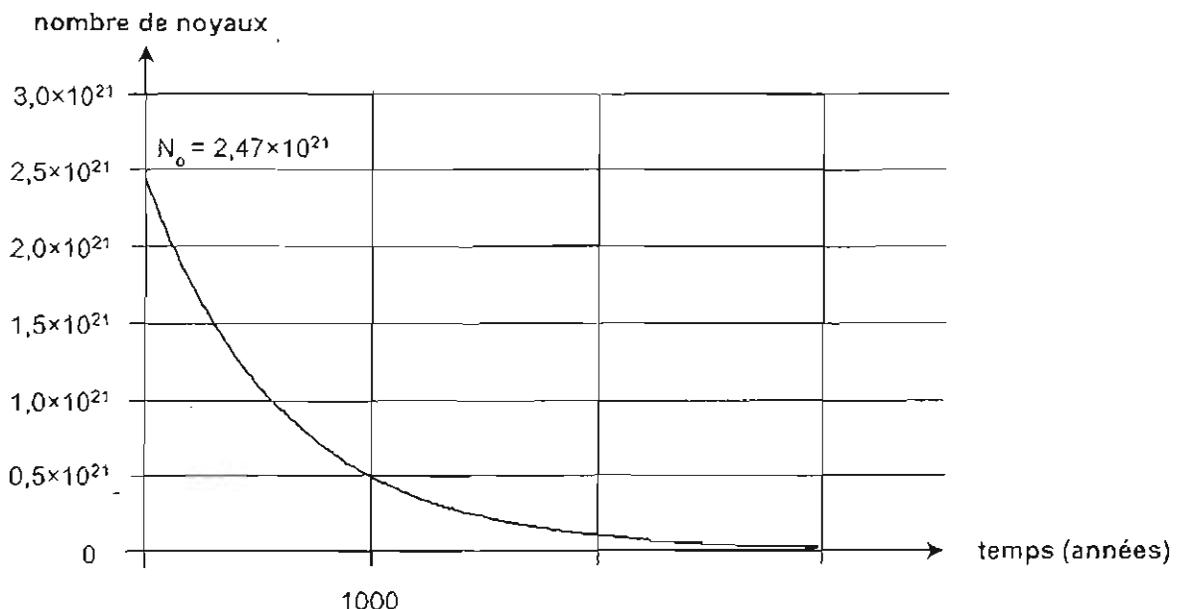
Les ressources en combustible sont en fait limitées par le lithium, utilisé pour fabriquer le tritium. L'utilisation du lithium contenu dans l'eau de mer ramène les limites à quelques millions d'années.

5. Le temps de demi-vie des déchets

Les centrales nucléaires actuelles produisent de l'énergie par des réactions de fission nucléaire. Ces réactions produisent des déchets radioactifs qui sont classés par catégories, suivant leur demi-vie et la valeur de leur activité. Ainsi, les déchets dits de "moyenne activité" (catégorie B) ont pour particularité d'avoir une demi-vie supérieure à 30 ans et d'émettre un rayonnement α d'activité supérieure à $3,7 \times 10^3$ Bq pour 1 gramme de noyaux radioactifs.

L'« américium 241 » fait partie des éléments contenus dans les déchets générés par une centrale nucléaire.

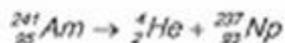
Le graphique ci-dessous représente le nombre de noyaux d'un échantillon de 1,0 g d'« américium 241 ». L'équation de la courbe est donnée par : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ avec $\lambda = 5,1 \times 10^{-11}$ S⁻¹.



5.1 Définir le temps de demi-vie $t_{1/2}$ de l'«américium 241».

5.2. En utilisant la courbe précédente et en précisant la méthode utilisée, déterminer ce temps de demi-vie.

5.3. L'«américium 241» se désintègre suivant la réaction



De quel type de radioactivité s'agit-il ? Justifier la réponse.

5.4. L'activité A est reliée au nombre de noyaux de l'échantillon par la relation $A = \lambda . N$.

5.4.1. En utilisant l'équation de la courbe, déterminer la durée t_1 , en années, au bout de laquelle un gramme d'«américium 241» a une activité égale à $3,7 \times 10^3$ Bq.

Au bout de cette durée, l'«américium 241» issu d'une centrale nucléaire peut être considéré comme un déchet de fission dit de « faible activité ».

5.4.2. L'ordre de grandeur de t_1 est de 10^4 ans.

Préciser en quoi, dans le domaine des déchets, la fusion représente un avantage sur la fission.

EXERCICE III. LE CHIEN, LA POULE ET LE PIGEON (4 points)

C'est la fin de l'été, il fait lourd et chaud. Toby le chien et Cocot la poule conversent.

1. Le chien entend le tonnerre

Toby : « Le temps est à l'orage. J'entends le tonnerre au loin. »

Cocot : « Le tonnerre ? Je n'entends rien. Tu vas bien Toby ? »

Toby : « Je l'entends te dis-je ! »

Quelques instants plus tard, l'orage s'étant rapproché, les deux animaux entendent le tonnerre gronder.

Cocot : « Nom d'un chien. Comment as-tu su ? À ma connaissance l'air n'est pas considéré comme un milieu dispersif. »

Toby : « Ce n'est pas dû au fait que le milieu de propagation soit ou non dispersif. Vois-tu, lorsque le tonnerre gronde, des sons de toutes fréquences sont émis. Dans l'air, les sons s'atténuent d'autant plus que leur fréquence est élevée ; les sons de basse fréquence sont perçus à des distances bien supérieures à ceux de fréquence plus importante. »

1.1. Définir un milieu dispersif.

1.2. En s'aidant des domaines de fréquences audibles représentés ci-dessous, préciser lequel des deux animaux :

1.2.1. entend les sons les plus graves ;

1.2.2. entend les sons les plus aigus.

1.3. Dire pourquoi Toby peut entendre le tonnerre gronder au loin alors que Cocot ne le peut pas.

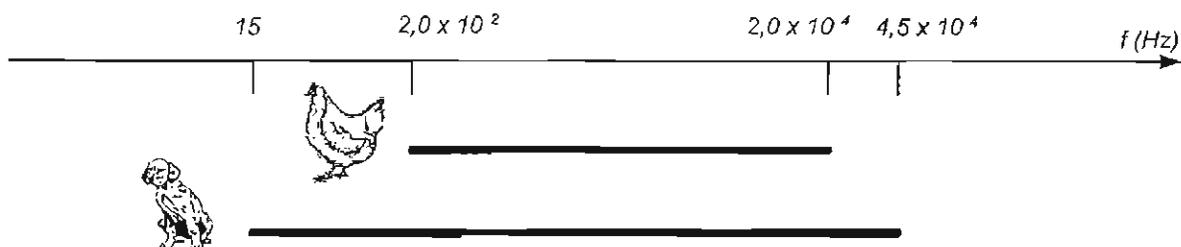
1.4. Calculer la longueur d'onde correspondant au son le plus grave entendu par la poule.

Données :

Célérité du son dans l'air : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

On rappelle que plus la fréquence d'un son est élevée, plus le son est aigu.

Fréquences audibles par la poule et le chien :



2. Le pigeon lance un défi

Rocoul le pigeon voyageur atterrit.

Rocoul : « Tous aux abris, il y a de la grêle qui nous arrive. J'ai vu passer un grêlon aussi gros que moi. »

Toby : « Je n'en crois rien ! »

Rocoul : « En fait le grêlon était assez gros, environ 2 cm de diamètre et tombait très vite. »

Toby : « Je vois...tu ne devais pas voler bien haut pour que le grêlon ait eu le temps d'atteindre une vitesse voisine de sa vitesse limite. »

Rocoul : « Plus haut que tu ne le penses ! D'ailleurs, je te mets au défi de savoir à quelle altitude je volais. »

On considère un grêlon de diamètre 2,0 cm et de masse $m = 3,8 \text{ g}$ que l'on suppose constante.

Lors de cette étude, on néglige la poussée d'Archimède et on modélise les frottements de l'air par une force de même direction que le vecteur vitesse, de sens opposé à celui-ci et de valeur $F = kv$.

Le mouvement est étudié selon un axe vertical descendant (Ox) dont l'origine O se situe à la base du nuage.

2.1. Faire un inventaire des forces qui agissent sur le grêlon et préciser l'expression vectorielle de chaque force.

2.2. Appliquer la deuxième loi de Newton au grêlon et en déduire l'équation différentielle qui régit l'évolution de la valeur v de la vitesse du grêlon.

2.3. Montrer que l'expression de la valeur v_{lim} de la vitesse limite de chute est $v_{lim} = \frac{mg}{k}$.

2.4. En s'aidant de la figure 1 ci-dessous qui représente l'évolution au cours du temps de la vitesse du grêlon, déterminer la valeur v_{lim} de sa vitesse limite de chute. On donnera le résultat avec deux chiffres significatifs.

2.5. Quelle doit être la valeur de k correspondant à cette vitesse limite dans le cadre de ce modèle ?
On prendra $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

2.6. La figure 2 représente l'évolution au cours du temps de la distance que parcourt le grêlon depuis la base du nuage.

2.6.1. Déterminer la durée Δt au bout de laquelle la vitesse atteinte est égale à 95 % de la vitesse limite.

2.6.2. En déduire la distance d parcourue par le grêlon à partir de la base du nuage.

2.7. La base du nuage est située à 2,5 km d'altitude. Toby a-t-il raison d'affirmer que Rocoul devait voler bien bas. ?

Données :

Figure 1 : évolution temporelle de la vitesse

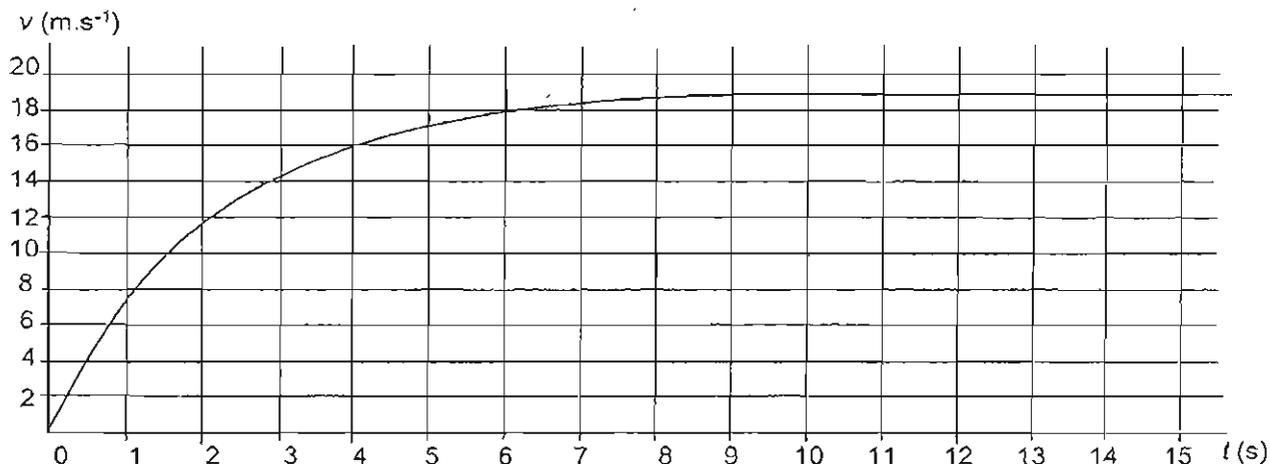


Figure 2 : évolution temporelle de la distance x parcourue à partir de la base du nuage

