

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

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

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** 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 :

I – Propriétés de l'acide propanoïque

II – Mouvement d'un palet

III – Etude d'un circuit R,L

EXERCICE I. PROPRIETES DE L'ACIDE PROPANOÏQUE (6,5 points)

On se propose d'étudier deux propriétés chimiques de l'acide propanoïque dans deux parties indépendantes : la réaction de dissolution dans l'eau et la réaction avec l'alcool butan-1-ol.

Données :

Le tableau ci-dessous rassemble quelques propriétés physico-chimiques des réactifs et des produits.

	Formule brute	Masse volumique	Masse molaire	Température d'ébullition
Acide propanoïque	$C_3H_6O_2$	$1,00 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$	$74,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$141,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Butan-1-ol	$C_4H_{10}O$	$8,10 \cdot 10^2 \text{ kg.m}^{-3}$	$74,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$117,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Ester				$146,0 \text{ }^\circ\text{C}$
eau				$100,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Dans ce qui suit, l'acide propanoïque est noté AH et l'ion propanoate A^- .

Le conductimètre utilisé permet de mesurer la conductivité σ de la solution étudiée, proportionnelle à sa conductance G.

On considère une solution aqueuse d'acide propanoïque.

On néglige la concentration en ions hydroxyde HO^- par rapport à celles des autres espèces ainsi que leur contribution à la conductivité de la solution.

Dans ces conditions, la conductivité σ de la solution est de la forme :

$$\sigma = \lambda_1 [H_3O^+] + \lambda_2 [A^-].$$

- λ_1 conductivité molaire ionique de l'ion H_3O^+ : $\lambda_1 = 35,0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$
- λ_2 conductivité molaire ionique de l'ion propanoate : $\lambda_2 = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

Ces valeurs sont données à 25°C et les concentrations $[H_3O^+]$ et $[A^-]$ sont exprimées en mol.m^{-3} .

1 - Etude de la réaction entre l'acide propanoïque et l'eau.

On verse 0,10 mole d'acide propanoïque pur dans de l'eau pour obtenir 500 mL d'une solution notée S_0 . Pour des mesures de conductimétrie, il est nécessaire de disposer de solutions moins concentrées. On souhaite donc obtenir $V = 1,00 \text{ L}$ de solution S de concentration $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

1.1 - On donne la liste du matériel disponible : béchers et erlenmeyers de diverses capacités, pipettes jaugées de 10 mL et 20 mL avec système de pipetage, fioles jaugées de 50,0 mL, 100 mL et 1000 mL. Indiquer le protocole expérimental à suivre pour réaliser la solution S à partir de S_0 .

1.2 - Ecrire la formule développée de l'acide propanoïque. On utilisera ensuite les abréviations précisées dans les données.

1.3 - Ecrire l'équation de la réaction chimique entre l'acide propanoïque et l'eau.

1.4 - Dresser un tableau d'avancement de la transformation de $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ d'acide propanoïque dans un volume d'eau tel qu'on obtient $V = 1,00 \text{ L}$ de solution S. On notera x_{eq} l'avancement à l'équilibre.

1.5 - Etablir la relation entre la conductivité σ de la solution, les conductivités molaires ioniques λ_1 et λ_2 , le volume V et l'avancement x_{eq} à l'équilibre.

1.6 - La mesure au conductimètre donne $\sigma = 6,20 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^{-1}$. Déterminer la valeur numérique de x_{eq} . En déduire les valeurs numériques des concentrations $[A^-]_{\text{eq}}$ et $[H_3O^+]_{\text{eq}}$ à l'équilibre.

1.7 - Quelle est la concentration de l'acide propanoïque $[AH]_{\text{eq}}$ à l'équilibre ?

1.8 - Rappeler l'expression de la constante d'acidité K_a du couple acide propanoïque / ion propanoate et la calculer. En déduire le pK_a de ce couple.

2. - Réaction de l'acide avec un alcool

On prélève 0,20 mole d'acide propanoïque pur et 0,20 mole de butan-1-ol pur qu'on verse dans un ballon.

2.1 - Comment s'appelle la réaction qui a lieu entre ces deux réactifs ? Ecrire l'équation de cette réaction chimique. On pourra utiliser les formules brutes (voir le tableau « *Données* » au début du sujet).

2.2 - Donner le nom des produits formés et leur formule semi développée.

2.3 - Dresser un tableau d'avancement de la transformation. En déduire l'expression du quotient de réaction Q_r en fonction de l'avancement x à la date t .

2.4 - Calculer l'avancement à l'équilibre x_{eq} sachant que la constante d'équilibre $K = 4,0$.

2.5 - En déduire le taux d'avancement τ final de la réaction.

2.6 - On demande à un groupe d'élèves de formuler des propositions pour augmenter le taux d'avancement. On relève les propositions suivantes

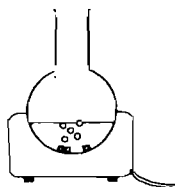
1 : On chauffe le milieu réactionnel pendant 5 minutes.

2 : On ajoute un catalyseur : l'acide sulfurique concentré par exemple.

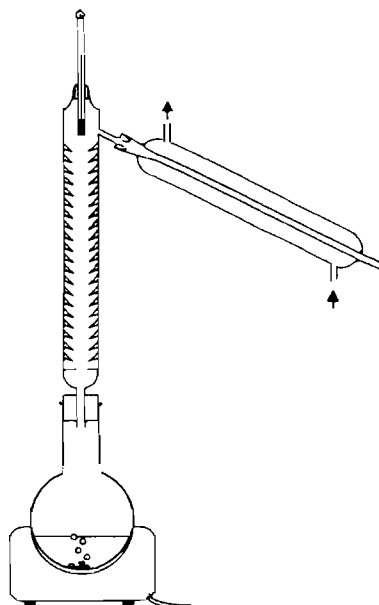
3 : On réalise une distillation pour éliminer l'eau.

4 : On chauffe à reflux.

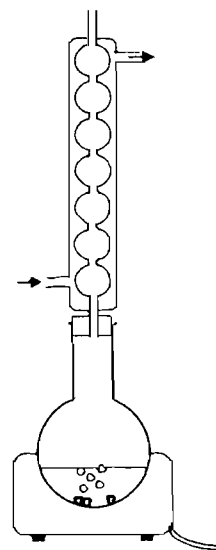
Parmi ces quatre propositions, choisir en justifiant celle qui vous semble correcte. Quel montage réaliserez vous alors parmi ceux qui sont proposés ci dessous ?



Montage n° 1



Montage n° 2



Montage n° 3

EXERCICE II. MOUVEMENT D'UN PALET (5,5 points)

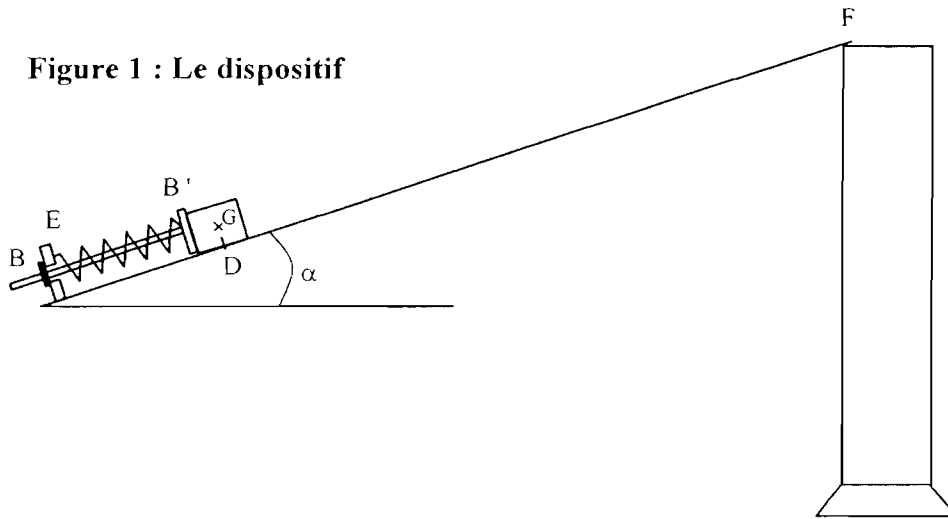
Les trois parties du problème sont indépendantes

Les figures 1, 2, et 4 ne sont pas à l'échelle. La figure 3 est à l'échelle 1.
Intensité du champ de pesanteur au niveau du sol : $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$

Un palet en acier de masse $m = 50,0 \text{ g}$ peut se déplacer dans une gouttière inclinée d'un angle $\alpha = 28,0^\circ$ avec l'horizontale. En D, le palet passe avec une vitesse $\overline{V_D}$ acquise à l'aide d'un propulseur à ressort. En F, la gouttière est ouverte et le palet peut en sortir librement. Il tombe ensuite dans une éprouvette contenant de la glycérine.

On peut considérer les frottements comme négligeables dans les parties 1 et 2, lorsque le palet glisse dans la gouttière.

Figure 1 : Le dispositif



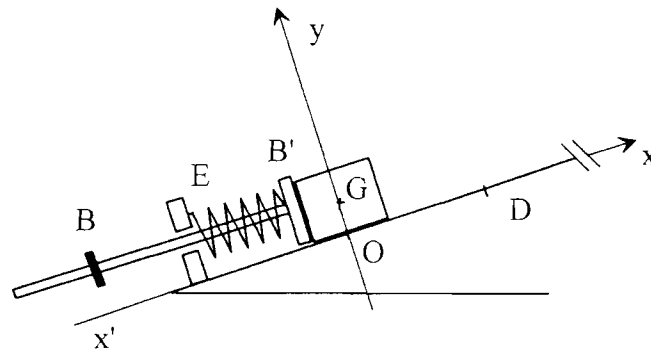
Partie 1 : Propulsion du palet.

Dans le bas de la gouttière se trouve un dispositif de propulsion constitué d'une tige munie de deux butées B et B' servant d'axe à un ressort. Le dispositif a une masse négligeable devant celle du palet. Le ressort a une longueur à vide l_0 .

L'extrémité E du ressort est maintenue fixe, l'autre est libre et reste en contact avec le palet par l'intermédiaire de la butée B' tant que le ressort est comprimé.

La position du centre d'inertie G du palet est repérée sur un axe $x'x$ de même direction que la ligne de plus grande pente de la gouttière et orienté vers le haut (voir figure 2).

Figure 2 : vue agrandie du lanceur



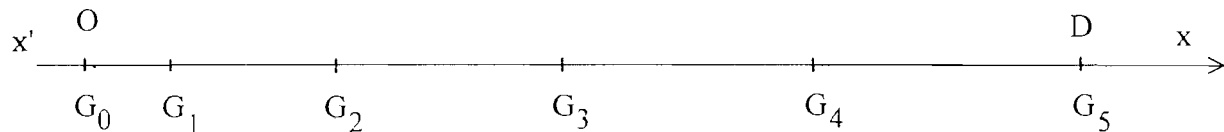
Un manipulateur tire sur la tige et comprime ainsi le ressort jusqu'à ce que le centre d'inertie du palet se trouve au point O. En lâchant la tige, il libère le dispositif qui propulse le palet.

Lorsque le centre d'inertie du palet arrive en D, la butée B bloque le mouvement du ressort qui retrouve dans cette position sa longueur à vide et libère le palet.

On filme le mouvement du palet puis on exploite la vidéo avec un logiciel adapté.

La **figure 3** suivante présente la position qu'occupe le centre d'inertie G du palet à intervalles de temps réguliers $\tau = 20,0 \text{ ms}$ (points G_0 à G_5). A $t = 0$, le centre d'inertie du palet est au point O ou G_0 .

Figure 3 : position du centre d'inertie du palet (échelle 1)



1.1. - En exploitant numériquement la figure 3, déterminer les vitesses V_{G2} et V_{G4} du palet aux points G_2 et G_4 .

1.2. - Exprimer le vecteur accélération $\overline{a_{G3}}$ du palet au passage du point G_3 en fonction des vitesses $\overline{V_{G4}}$ et $\overline{V_{G2}}$ et de l'intervalle de temps τ .

En déduire la valeur de cette accélération a_{G3} .

1.3. - Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent au palet et les représenter sur un schéma.

1.4. - En projetant la seconde loi de Newton appliquée au palet sur l'axe $x'x$, exprimer la valeur de la force de rappel F du ressort en fonction de m , g , a_G , α .

1.5. - A partir du résultat de 1.2 et des mesures, calculer la valeur de F au point G_3 .

Partie 2 : Montée du palet dans la gouttière.

Dans cette partie du mouvement, on prendra la position du centre d'inertie du palet en D comme origine des altitudes ($z_D = 0$) et comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{pp}(D) = 0$.

2.1. - Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent au palet sur le trajet DF et les représenter sur un schéma.

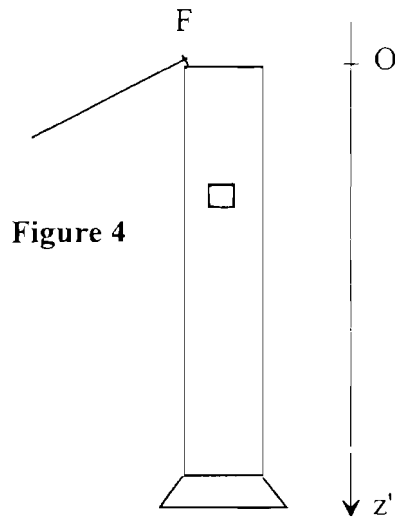
2.2. - Donner l'expression au point D de l'énergie mécanique $E_M(D)$ du palet en translation dans le champ de pesanteur.

2.3. - Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_M(F)$ du palet au point F, en fonction de m , g , α et de la distance DF.

2.4. - Montrer que sur le trajet DF, l'énergie mécanique du palet en translation dans le champ de pesanteur se conserve. En déduire la valeur de la distance DF.

Partie 3 : Chute du palet sans vitesse initiale.

En F, le palet poursuit son mouvement en réalisant une chute verticale (sans vitesse initiale) dans une éprouvette contenant de la glycérine (**voir figure 4 page suivante**). On admettra que dans ce cas, le palet est soumis à une force de frottement fluide, modélisée par un vecteur $\vec{f}$ de même direction que le vecteur vitesse $\vec{V}$ mais de sens opposé et de valeur $f = kV$, k étant une constante positive.

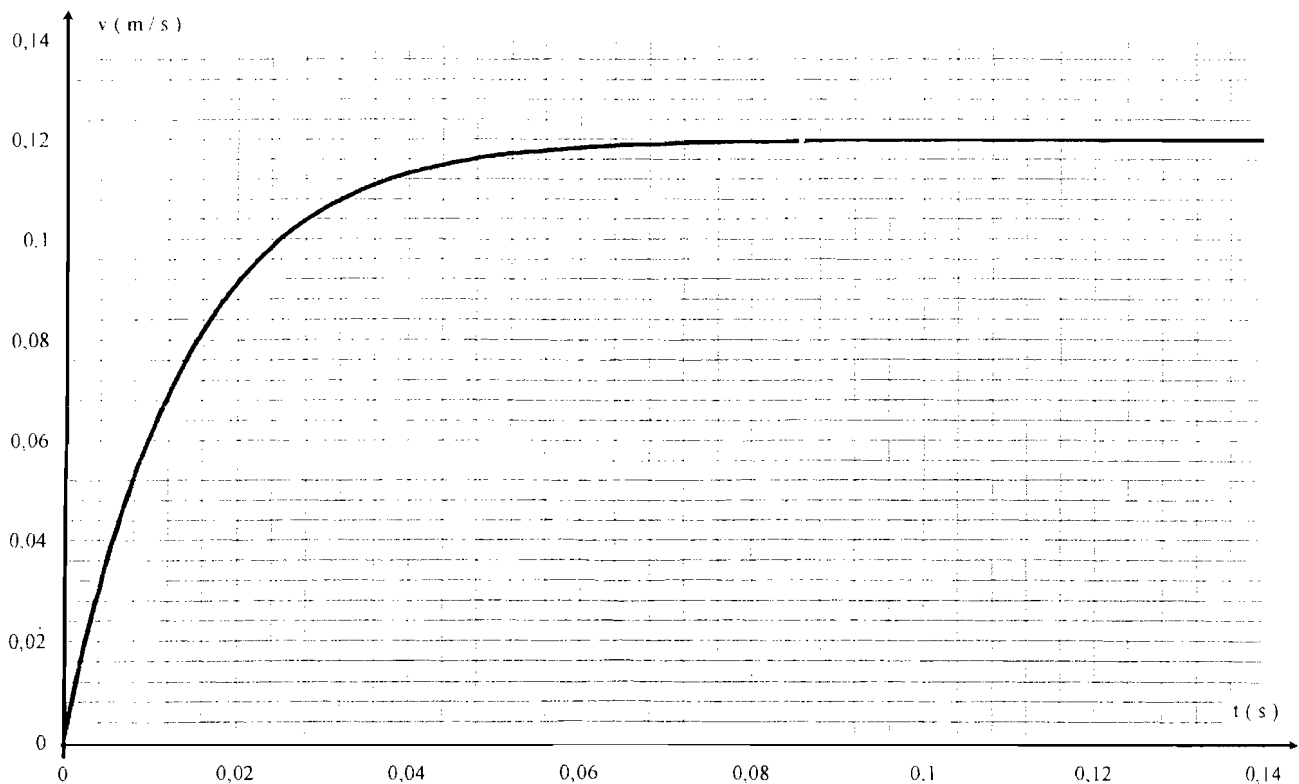


3.1. - Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent sur le palet pendant sa chute dans la glycérine et les représenter sur un schéma.

3.2. - En appliquant la seconde loi de Newton, montrer que le mouvement du centre d'inertie du palet obéit à une équation différentielle du type $\frac{dV}{dt} = A - BV$. Donner les expressions littérales de

A et B en fonction des données du texte, de la masse volumique ρ de la glycérine et du volume V_0 du palet.

3.3. - En utilisant le graphe $V = f(t)$ suivant, calculer numériquement les valeurs de A et B en justifiant votre démarche.

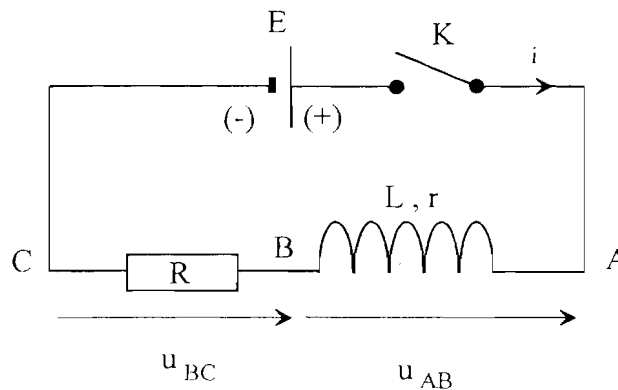


EXERCICE III. ETUDE D'UN CIRCUIT R,L (4 points)

Un circuit électrique comporte, placés en série : un générateur idéal de tension continue de f.é.m. $E = 6,00 \text{ V}$, un interrupteur K , une bobine d'inductance L et de résistance $r = 10,0 \Omega$ et un conducteur ohmique de résistance $R = 200 \Omega$.

Un ordinateur relié au montage par une interface appropriée permet de visualiser au cours du temps les valeurs des tensions u_{AB} et u_{BC} .

Le schéma du circuit ci-dessous précise l'orientation du circuit et les tensions étudiées.



A $t = 0$, on ferme l'interrupteur K et on procède à l'acquisition. On obtient les deux courbes suivantes, notées **courbe 1** et **courbe 2**.

1. - Etude du montage.

1.1. - A défaut d'ordinateur et d'interface d'acquisition, quel type d'appareil peut-on utiliser pour visualiser le phénomène étudié ?

1.2. - Donner l'expression de u_{AB} en fonction de i et de $\frac{di}{dt}$.

1.3. - Donner l'expression de u_{BC} en fonction de i .

1.4. - Associer les courbes 1 et 2 aux tensions u_{AB} et u_{BC} . Justifier.

2. - Détermination de l'intensité du courant en régime permanent.

2.1. - Appliquer la loi d'additivité des tensions pour déterminer l'expression I_0 de l'intensité du courant qui traverse le circuit lorsque le régime permanent est établi. Calculer la valeur de I_0 .

2.2. - Exploiter l'une des deux courbes pour retrouver cette valeur de I_0 .

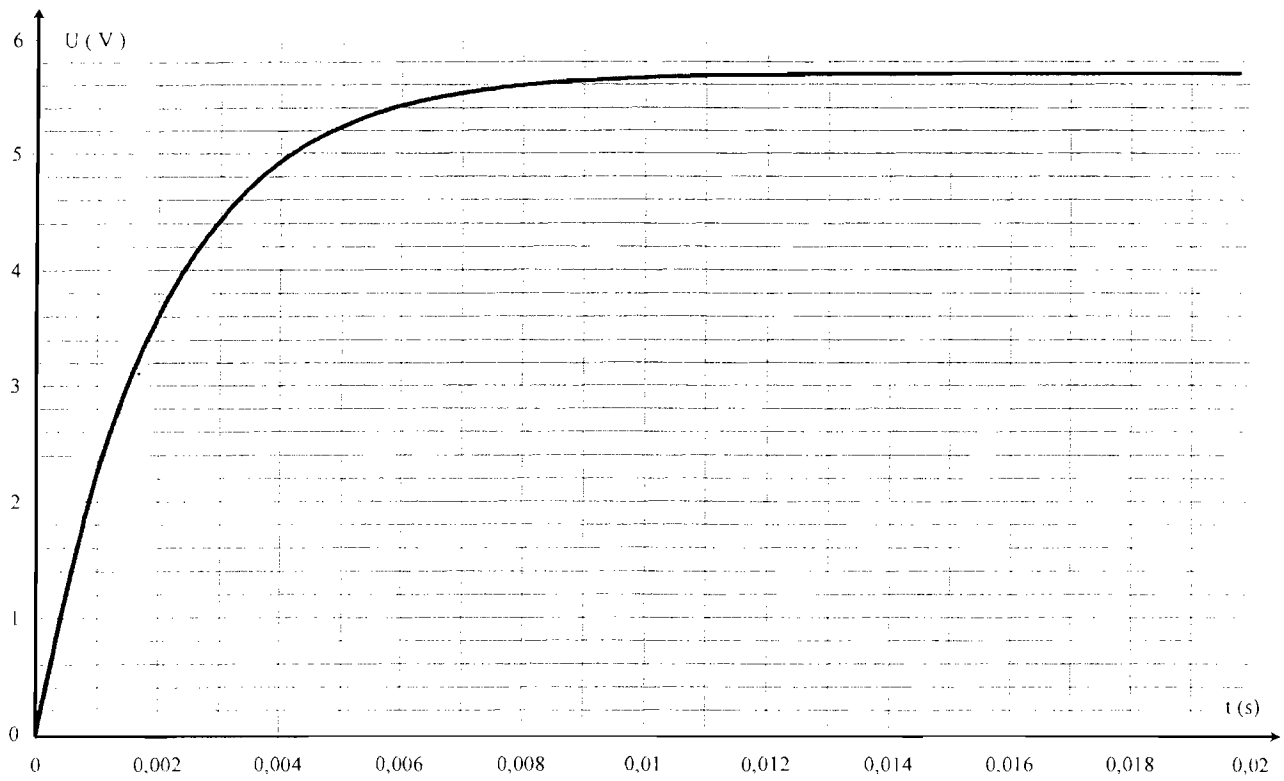
3. - Calcul de l'inductance L de la bobine.

3.1. - Exploiter l'une des deux courbes pour déterminer la constante de temps τ du montage. Expliciter votre méthode.

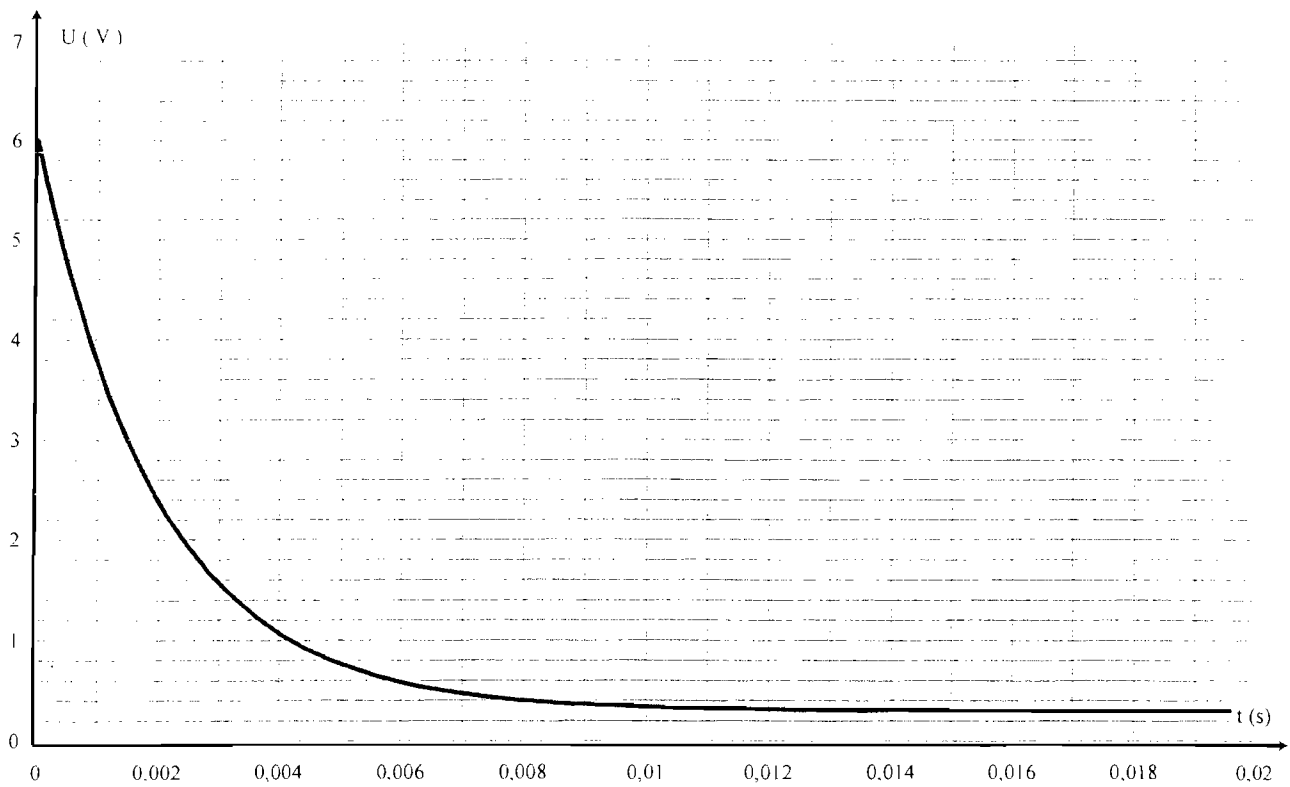
3.2. - Rappeler l'expression de la constante de temps τ en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit. Montrer que cette expression est homogène à un temps.

3.3. - A partir de la valeur de τ mesurée, calculer l'inductance L de la bobine.

Courbe 1



Courbe 2



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

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 un exercice de PHYSIQUE et deux exercices de CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11, y compris celle-ci.

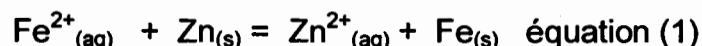
Les pages 10/11 et 11/11 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

- | | |
|------------------------------------|------------|
| I. A propos du zinc | (7 points) |
| II. Le téléphone « pot de yaourt » | (5 points) |
| III. La grêle | (4 points) |

EXERCICE I : A PROPOS DU ZINC (7 points)

Certaines transformations chimiques peuvent mettre en jeu la réaction modélisée par l'équation (1) :



dont la constante d'équilibre associée est : $K = 1,40 \times 10^{11}$.

Pour étudier expérimentalement des transformations mettant en jeu les espèces chimiques $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$, $\text{Zn}_{(\text{s})}$, $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$, $\text{Fe}_{(\text{s})}$ on dispose :

- d'une solution aqueuse de sulfate de fer S_1 contenant des ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ de concentration $1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.
- d'une solution aqueuse de sulfate de zinc S_2 contenant des ions $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$ de concentration $1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Les données nécessaires à l'exploitation des expériences 1 et 2 sont rappelées ci-dessous :

- les expériences sont réalisées à une température de 25°C ;
- on se limite aux couples oxydant/réducteur suivants : $(\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Fe}_{(\text{s})})$, $(\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Zn}_{(\text{s})})$; et $(\text{H}^{+}_{(\text{aq})}/\text{H}_{2(\text{g})})$;
- masses molaires : $M(\text{Fe}) = 55,6 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$;
- nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

A – EXPERIENCE 1 – TRANSFORMATION SPONTANEE

A l'instant $t = 0$, on mélange dans un grand bécher 100 mL de la solution S_1 , 200 mL de la solution S_2 , 5,56 g de fer et 6,54 g de zinc, puis on agite.

La transformation chimique de ce système peut être modélisée par l'équation (1).

- 1) Écrire les demi-équations électroniques qui conduisent à cette équation.
- 2) Déterminer les quantités de matière d'ions fer(II) et d'ions zinc(II) introduites initialement.
- 3) Le système chimique ainsi créé évolue spontanément. Une analyse du système permet d'obtenir des histogrammes qui donnent les concentrations en ions fer(II) et en ions zinc(II) pour différents états du système. Les trois histogrammes représentés sur les figures 1 à 3 (**annexe page 10 à rendre avec la copie**) correspondent chacun à un état du système lors de son évolution.
 - a) Calculer le quotient de réaction associé à l'équation de réaction (1) à l'état initial. Quel histogramme correspond à cet état ? Justifier.
 - b) Énoncer le critère d'évolution spontanée d'un système chimique. Prévoir dans quel sens évolue spontanément le système.
 - c) Calculer les quotients de réaction $Q_{r,1}$ et $Q_{r,3}$ correspondant aux états E_1 et E_3 (figures 1 et 3, **annexe page 10**).

- d) Les deux états E_1 et E_3 peuvent-ils correspondre à des états intermédiaires du système entre l'état initial et l'état final ? Justifier.

4) L'avancement de la transformation à l'état final est égal à $1,00 \times 10^{-2}$ mol.

- a) Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système (annexe page 10) et déterminer les quantités de matière à l'état final.
- b) Compléter l'histogramme donnant les concentrations en ions fer(II) et en ions zinc(II) dans l'état final (figure 4 de l'annexe page 10).

B – EXPERIENCE 2 – L'ELECTROLYSE

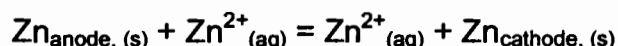
On réalise le montage représenté figure 5, annexe page 10. Le générateur de tension continue permet de faire circuler un courant électrique d'intensité I .

- 1) L'interrupteur est fermé. On observe alors sur l'électrode de fer la formation d'un dépôt métallique et un dégagement de dihydrogène.
- a) Représenter le sens de circulation des porteurs de charges. On précisera leurs noms, dans la solution et dans les fils de connexion.
- b) En vous aidant des couples donnés et des observations, écrire les demi-équations se produisant à l'électrode de fer. Cette électrode est-elle l'anode ou la cathode ? Justifier.
- c) Quel est l'intérêt pratique de ce dépôt métallique sur l'électrode de fer ?
- d) Comment évolue la masse de l'électrode de zinc ? Justifier votre réponse en écrivant la demi-équation qui se produit à l'électrode de zinc.

- 2) On suppose maintenant que seul le couple $(\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Zn}_{(\text{s})})$ intervient au cours de l'électrolyse.

Le générateur délivre une intensité du courant $I = 0,5 \text{ A}$ pendant $\Delta t = 10 \text{ min}$.

- a) Montrer que l'équation correspondant au bilan de l'électrolyse peut s'écrire :

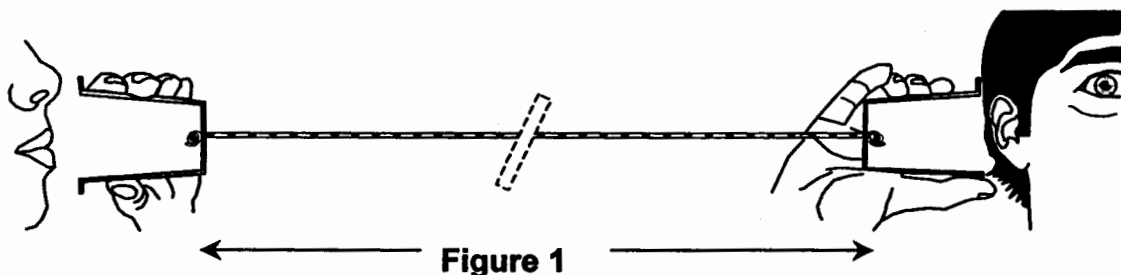


Cette électrolyse est dite « à anode soluble ».

- b) Calculer la quantité d'électricité Q échangée pendant 10 mn.
En déduire la quantité de matière d'électrons échangée n_e .
- c) Quelle relation existe-t-il entre la quantité de matière de zinc ayant disparu $n_{\text{Zn, disp}}$ et la quantité de matière n_e d'électrons qui a circulé ?
- d) Calculer la variation de masse de l'électrode de zinc.

EXERCICE II : LE TELEPHONE « POT DE YAOURT » (5 points)

A l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien plus archaïque...



L'onde sonore produite par le premier interlocuteur fait vibrer le fond du pot de yaourt, le mouvement de va et vient de celui-ci, imperceptible à l'œil, crée une perturbation qui se propage le long du fil. Cette perturbation fait vibrer le fond du second pot de yaourt et l'énergie véhiculée par le fil peut être ainsi restituée sous la forme d'une onde sonore perceptible par un second protagoniste.

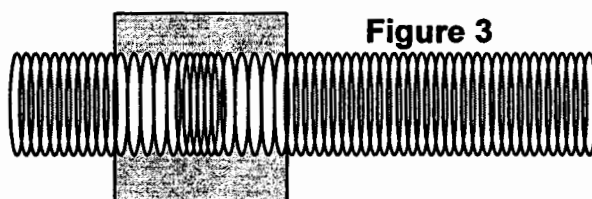
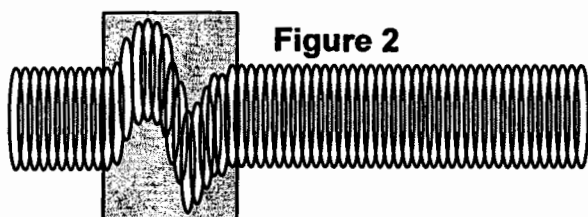
Données : célérité du son dans l'air à 25°C $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$

A – A PROPOS DES ONDES

1. Identifier la chaîne des différents milieux de propagation des ondes mécaniques au sein du dispositif : de la bouche de la personne qui parle, à l'oreille de la personne qui écoute (figure 1).

Ce fil légèrement élastique peut être modélisé par un ressort à spires non jointives.

Les schémas suivants illustrent les conséquences de deux modes de déformation d'un ressort : l'écartement d'une extrémité du ressort selon une direction perpendiculaire à l'axe de celui-ci produit une onde de cisaillement (figure 2), alors qu'une déformation selon l'axe du ressort produit une onde de compression (figure 3).



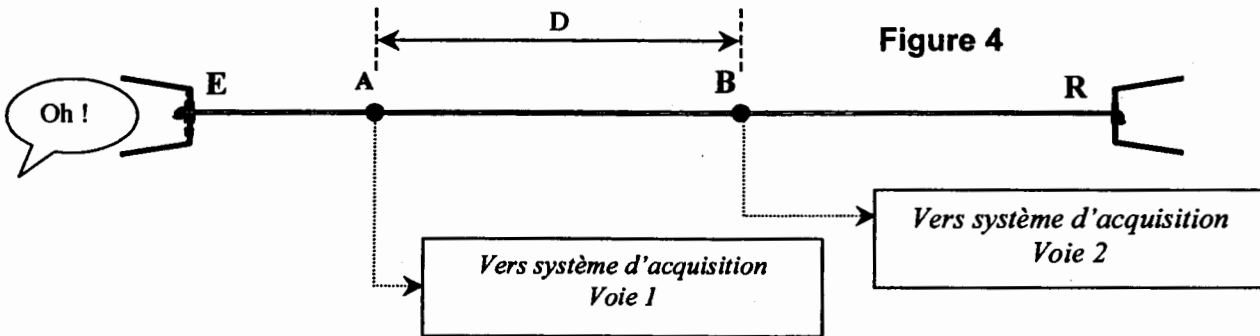
2. Attribuer, à chacune des situations représentées sur les figures 2 et 3, les termes d'onde longitudinale et d'onde transversale. Justifier votre réponse.

Seul le second mode de déformation (figure 3) correspond au phénomène observé sur le fil du dispositif étudié par la suite.

B – CELERITE DE L'ONDE QUI SE PROPAGE LE LONG DU FIL

A 25 °C, on réalise le montage suivant (figure 4), afin de mesurer la célérité des ondes sur le fil du dispositif. Deux capteurs, reliés en deux points A et B distants de $D = 20$ m sur le fil, détectent successivement le passage d'une perturbation générée par un son bref à l'entrée du pot de yaourt émetteur E.

Les capteurs enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps.



1. A partir de l'enregistrement (figure 5), déterminer avec quel retard τ , par rapport au point A, le point B est atteint par le signal.

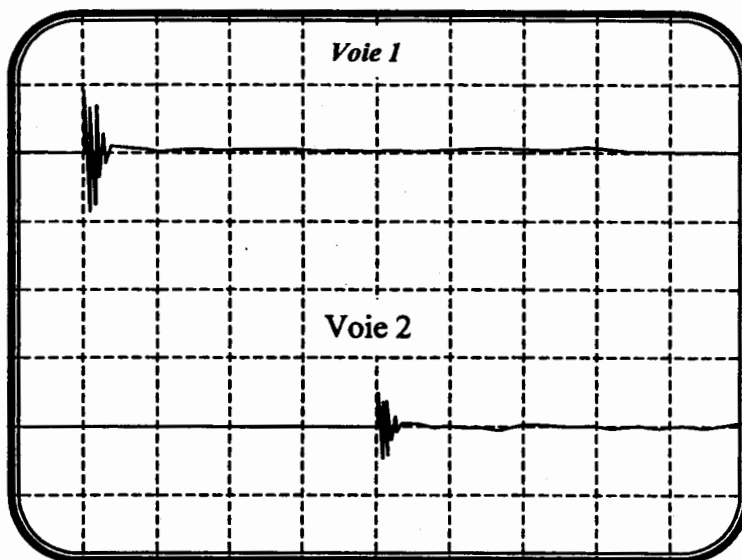


Figure 5

Sensibilité verticale 1 mV / div
Sensibilité horizontale 5 ms / div

2. Donner l'expression de la célérité v de l'onde sur ce fil en fonction de D et τ .
Calculer sa valeur.
Comparer cette valeur à celle de la célérité du son dans l'air à 25°C. Quelle propriété justifie ce résultat ?

Le fil ER de longueur $L = 50$ m est assimilé à un ressort de constante de raideur $k = 20 \text{ kg.s}^{-2}$ et de masse linéique $\mu = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}$. Dans le cas d'un fil, le produit $k.L$ est une constante caractéristique du milieu de propagation.

3. Un modèle simple de la célérité v d'une onde de ce type dans ce fil correspond à l'une des expressions suivantes :

$$(1) \quad v = \sqrt{\frac{\mu}{k.L}}$$

$$(2) \quad v = \sqrt{\frac{k.L}{\mu}}$$

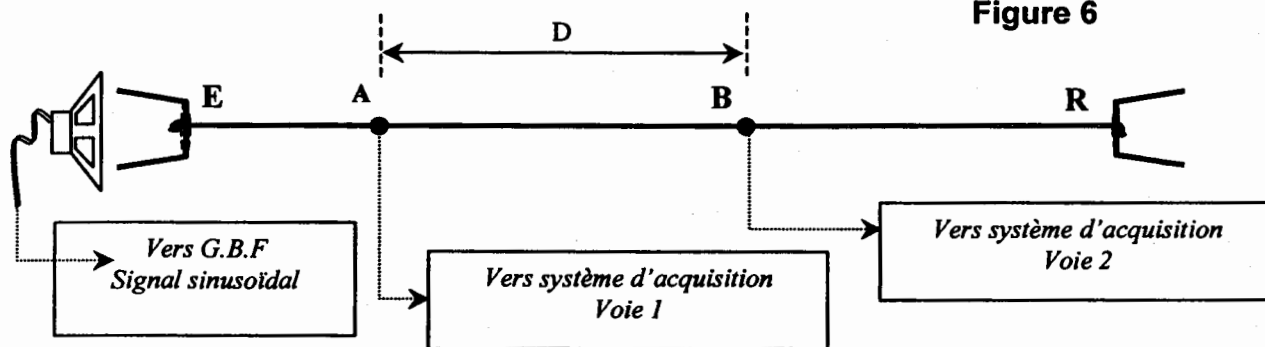
$$(3) \quad v = \frac{k.L}{\mu}$$

Retrouver la bonne expression parmi celles proposées en effectuant une analyse dimensionnelle.

4. Calculer la célérité de l'onde sur le fil ER.

Une autre méthode, permettant de déterminer la célérité v de l'onde se propageant dans le fil, consiste à placer, devant le pot de yaourt émetteur, un haut parleur (figure 6) qui émet des ondes sonores sinusoïdales de fréquence f_E . Les ondes sinusoïdales qui se propagent dans le fil ont la même fréquence.

Figure 6



Lorsque la distance D est égale à 20,0 m, on obtient l'enregistrement de la figure 7.

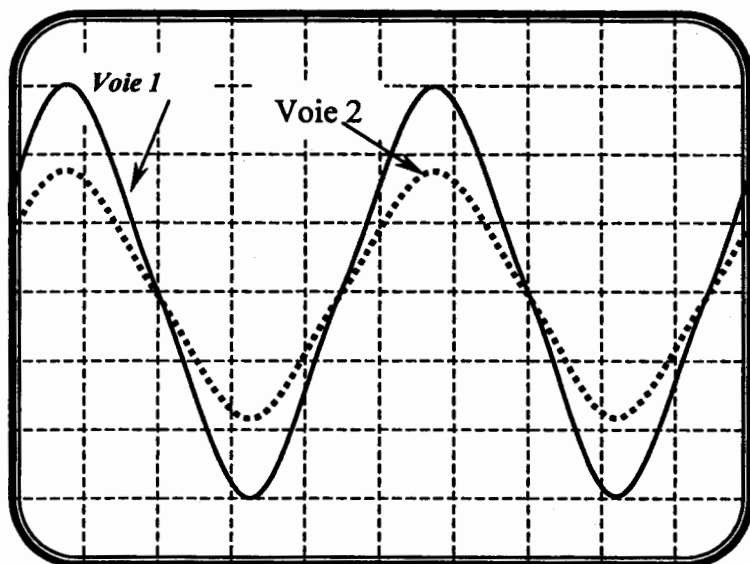


Figure 7

Sensibilité verticale 1 mV / div pour les deux voies
Sensibilité horizontale 1 ms / div

5. Comment peut-on expliquer que l'amplitude du signal au point B (voie 2) soit plus faible que l'amplitude du signal au point A (voie 1) ?
6. A partir de l'enregistrement de la figure 7, déterminer la fréquence de l'onde qui se propage dans le fil.
7. Lorsque l'on éloigne le point B, du point A, on constate que les signaux se retrouvent dans la même configuration pour les valeurs de la distance :

$$D = 25,0 \text{ m}, D = 30,0 \text{ m}, D = 35,0 \text{ m} \dots$$

- a) En déduire la valeur de la longueur d'onde λ associée à l'onde qui se propage dans le fil, puis la célérité v de cette onde.
 - b) Sur la figure de l'annexe II page 11 à rendre avec la copie, représenter l'allure de la courbe que l'on observerait sur la voie 2 si la distance D était égale à 27,5 m.
8. La voix est un signal complexe constitué d'ondes sonores de fréquences différentes. A l'écoute des signaux transmis, le fil ne semble pas être un milieu de propagation notablement dispersif.
Qu'est-ce qu'un milieu dispersif ? Quelle serait la conséquence sur les signaux reçus si le fil qui constitue le dispositif était un milieu de propagation très dispersif ?

L'antenne d'un téléphone portable, émet ou reçoit des ondes électromagnétiques qui ont les mêmes propriétés que la lumière.

9. Quelle différence fondamentale existe-t-il concernant la propagation des ondes du téléphone « pot de yaourt » et celles d'un téléphone portable ?

EXERCICE III – LA GRÊLE (4 points)

La grêle se forme dans les cumulo-nimbus situés entre 1 000 km et 10 000 km d'altitude où la température est très basse, jusqu'à -40°C . Le grêlon tombe lorsqu'il n'est plus maintenu au sein du nuage. Au sol sa vitesse peut atteindre 160 km/h.

On étudie un grêlon de masse 13 g qui tombe d'un point O d'altitude 1 500 m sans vitesse initiale. Il peut être assimilé à une sphère de diamètre 3,0 cm.

Le point O sera pris comme origine d'un axe Oz orienté positivement vers le bas. L'intensité de la pesanteur sera considérée comme constante et de valeur $g_0 = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$.

Données : volume d'une sphère $V = \frac{4}{3}\pi.r^3$; masse volumique de l'air $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$.

A - CHUTE LIBRE

On admettra que le grêlon tombe en chute libre.

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires donnant la vitesse et la position du centre d'inertie G du grêlon en fonction de la durée t de la chute.
2. Calculer la valeur de la vitesse lorsqu'il atteint le sol, ce résultat est-il vraisemblable ? Justifier.

B - CHUTE REELLE

En réalité le grêlon est soumis à deux autres forces, la poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ et la force de frottement fluide $\vec{F}$ proportionnelle au carré de la vitesse telle que $F = K.v^2$.

1. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité du coefficient K dans le Système International.
2. Donner l'expression de la valeur de la poussée d'Archimède ; la calculer et la comparer à celle du poids. Conclure.
3. On néglige la poussée d'Archimède.

a) Établir l'équation différentielle du mouvement.

Montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme $\frac{dv}{dt} = A - B.v^2$

- b) On veut résoudre cette équation différentielle par une méthode numérique : la méthode d'Euler.

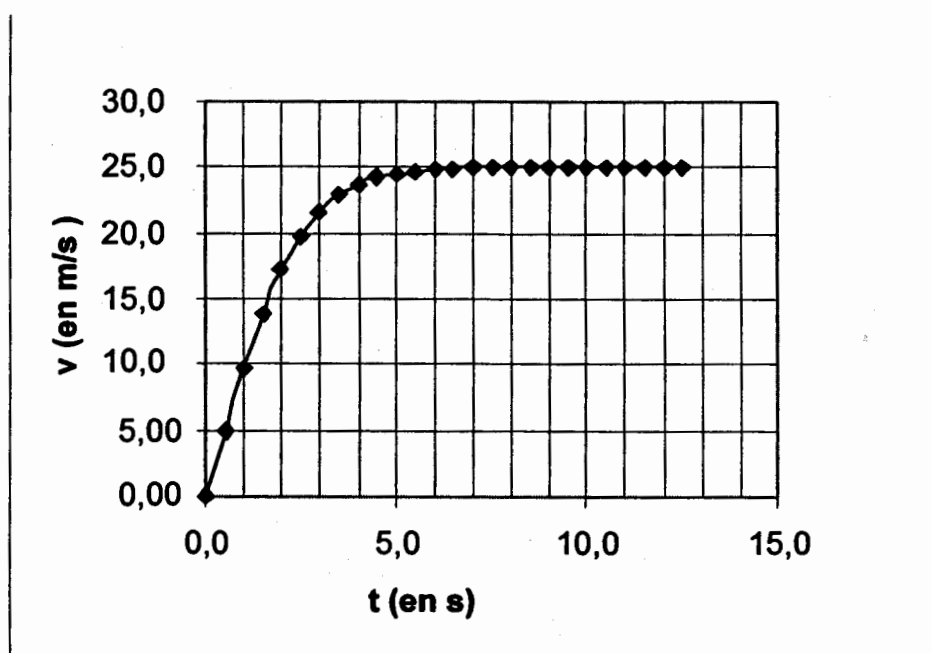
Le tableau suivant est un extrait d'une feuille de calcul des valeurs de la vitesse (v) et de l'accélération (a) en fonction du temps (t). Il correspond aux valeurs :

$A = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$ et $B = 1,56 \times 10^{-2} \text{ m}^{-1}$, pas de variation $\Delta t = 0,5 \text{ s}$.

$t \text{ (s)}$	$v \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$	$a \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$
0,00	0,00	9,80
0,50	4,90	9,43
1,00	9,61	8,36
1,50	13,8	6,83
2,00	17,2	a_4
2,50	v_5	3,69
3,00	21,6	2,49

Déterminer a_4 et v_5 en détaillant les calculs.

- c) Exprimer littéralement la vitesse limite atteinte par le grêlon en fonction de A et B puis calculer sa valeur numérique.
- d) La courbe d'évolution de la vitesse en fonction du temps est donnée ci-dessous. Retrouver graphiquement la valeur de la vitesse calculée au paragraphe précédent.



EXERCICE I : ANNEXE à rendre avec la copie

Figure 1

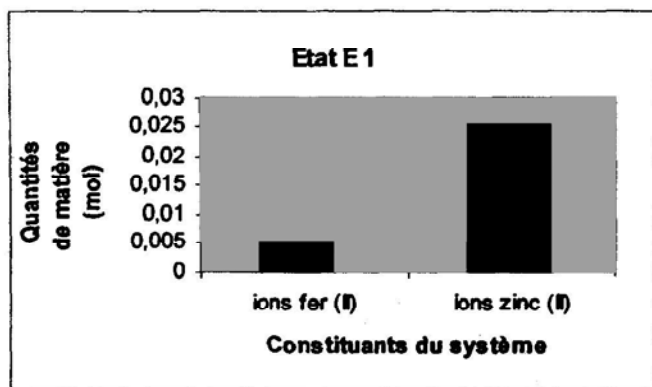


Figure 2

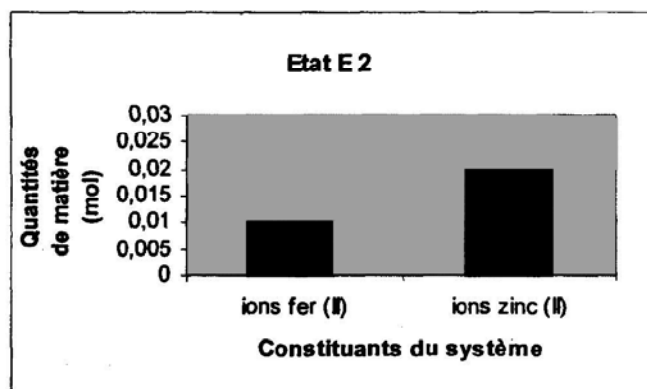


Figure 3

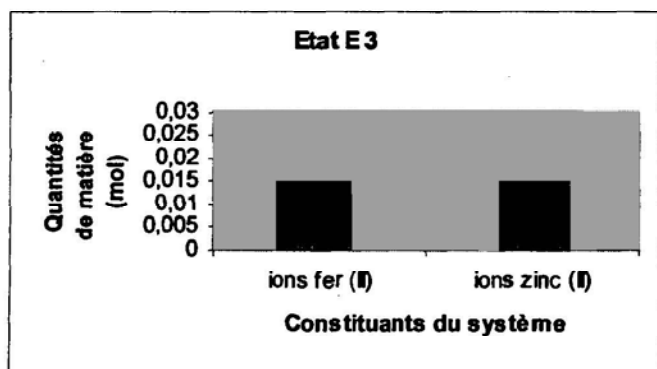
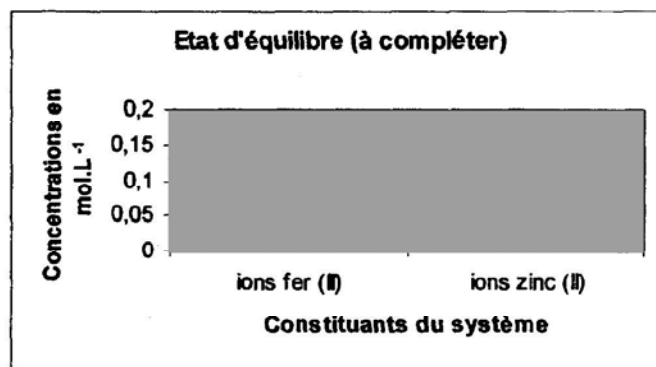
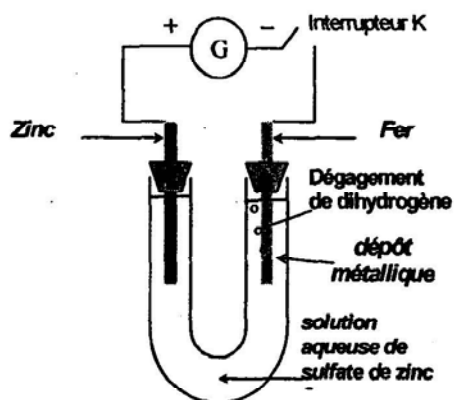


Figure 4

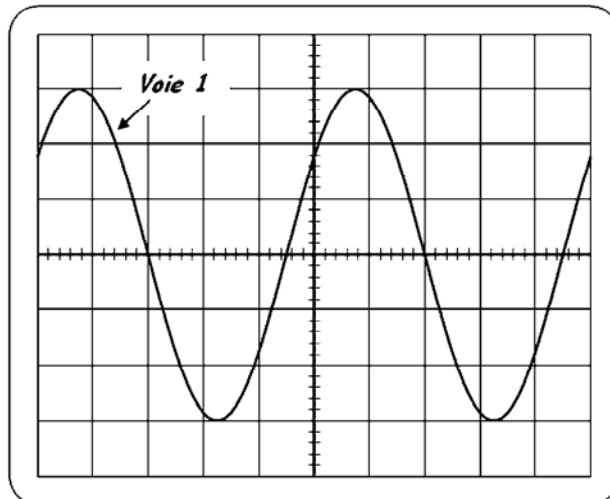


	Avancement (mol)	Equation de la réaction
Etat Initial	$x = 0$	
Etat Final	$x = x_f$	

Figure 5



EXERCICE II : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE



Sensibilité verticale 1 mV / Div pour les
deux voies
Sensibilité horizontale 1 ms / Div

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

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

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

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE N'EST PAS AUTORISÉ

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

Les pages 8, 9 et 10 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

- | | |
|---|------------|
| I. De la poudre de tara au gallate de propyle | (7 points) |
| II. Oscillateur électrique | (5 points) |
| III. Les sons chez les dauphins | (4 points) |

EXERCICE I : DE LA POUDRE DE TARA AU GALLATE DE PROPYLE (7 points)

Le gallate de propyle, de masse molaire 212 g.mol^{-1} est un composé organique de formule semi-développée : $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3 - \text{COO} - \text{C}_3\text{H}_7$.

Il est utilisé comme additif alimentaire pour ses propriétés anti-oxydantes, il est identifié par le code E310.

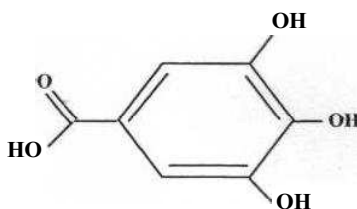
Le gallate de propyle peut être obtenu à partir de l'acide gallique dont les caractéristiques sont données ci-dessous :

L'acide gallique :

Nomenclature : Acide 3,4,5-trihydroxybenzoïque

Formule semi-développée : $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{-COOH}$

Formule topologique :



Masse molaire : $M = 170 \text{ g.mol}^{-1}$

Solide à la température ambiante ; température de fusion 253°C

Solubilité : très peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau chaude

Couple acide gallique / ion gallate : $\text{pK}_a = 3,1$

L'acide gallique est extrait du tanin contenu dans les gousses des fruits du tara, arbuste du Pérou.

A - « Extraction » de l'acide gallique

Le tanin est extrait de la poudre de tara par dissolution dans l'eau chaude et filtration.

On additionne de l'hydroxyde de sodium solide $\text{NaOH}_{(s)}$ au filtrat pour obtenir un pH de l'ordre de 11. On chauffe à reflux pendant une trentaine de minutes en présence de pierre ponce. La saponification du tanin produit l'ion gallate.

Après refroidissement dans la glace, on ajoute de l'acide chlorhydrique concentré, le pH de la solution atteint la valeur 1,5 et l'acide gallique précipite.

1. a) Compléter la légende du schéma du montage de chauffage à reflux porté **en annexe page 8 à joindre à la copie.**
- b) Indiquer l'intérêt du chauffage à reflux.
- c) Comment peut-on rapidement s'assurer que le pH atteint la valeur souhaitée ?

2. Écrire la formule semi-développée de l'ion gallate.
3. Dans cette question on notera AH l'acide gallique et A^- l'ion gallate.
 - a) Écrire l'équation modélisant la réaction de l'acide gallique avec l'eau.
 - b) Donner l'expression de la constante d'acidité K_a du couple AH/A^- .
 - c) Calculer le rapport des concentrations à l'équilibre $[AH]_{\text{éq}} / [A^-]_{\text{éq}}$ dans la solution de pH égal à 1,5. (On acceptera le résultat numérique sous forme de puissance de dix non entière).
Indiquer l'espèce prédominante.
 - d) Représenter sur un axe de pH les domaines de prédominance de AH et A^- . Justifier.
 - e) Pourquoi refroidit-on le mélange réactionnel ?
 - f) Indiquer un procédé permettant de vérifier la pureté de l'acide gallique.

B - De l'acide gallique au gallate de propyle

On réalise un mélange équimolaire d'acide gallique et d'un alcool B. Après addition d'acide sulfurique concentré, le mélange est chauffé à reflux pendant une heure. On obtient ainsi le gallate de propyle.

1. Nommer le groupe caractéristique obtenu, et l'entourer dans la formule topologique du gallate de propyle reproduite en **annexe page 8**.
2. Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool utilisé pour cette synthèse.
3.
 - a) Écrire l'équation de la réaction de synthèse du gallate de propyle.
 - b) Nommer cette réaction. Indiquer deux caractéristiques principales de cette réaction.
 - c) Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?
 - d) Quel est le rôle de la pierre ponce ?
4. Le rendement de la synthèse est de 70 %.
Quelle masse de gallate de propyle peut-on espérer obtenir à partir d'une masse $m = 17,0$ g d'acide gallique ?
5. Pour préparer le gallate de propyle a-t-on intérêt à utiliser de l'alcool en excès ? Justifier.

EXERCICE II : OSCILLATEUR ELECTRIQUE (5 points)

Les parties A et B sont indépendantes.

A - Étude d'un condensateur

1. Un générateur idéal de tension constante notée E alimente un condensateur de capacité C en série avec un conducteur ohmique de résistance R .

Le condensateur étant initialement déchargé, on souhaite visualiser, à l'aide d'un oscilloscope numérique, la tension aux bornes du générateur sur la voie A et la tension aux bornes du condensateur sur la voie B, lors de la fermeture du circuit.

Compléter le schéma du montage (**figure 1 de l'annexe page 9 à rendre avec la copie**) en représentant les symboles des deux dipôles (condensateur et conducteur ohmique) et les flèches des tensions visualisées sur chacune des voies.

2. L'écran de l'oscilloscope est représenté sur la **figure 2 de l'annexe page 9**. Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

sensibilité verticale : 2 V/div ;
base de temps : 0,5 ms/div.

- a) A quelle voie de l'oscilloscope correspond chacune des deux courbes ? Justifier.
- b) Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, la valeur de la tension E délivrée par le générateur.
- c) Donner l'expression de la constante de temps τ du dipôle (R, C). Montrer que τ a la dimension d'un temps.
- d) Déterminer à l'aide de l'oscillogramme de la figure 2 la valeur de τ en expliquant la méthode utilisée.

B - Étude de l'association d'un condensateur et d'une bobine

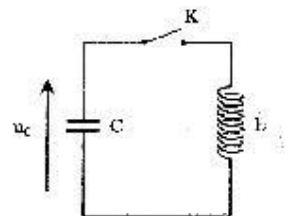
On réalise maintenant le montage schématisé ci-contre .

Le condensateur de capacité C est initialement chargé.

La tension à ses bornes est égale à 5,0 V.

La bobine d'inductance L a une résistance négligeable.

Ainsi on considère que la résistance totale du circuit est négligeable.



1. Établir l'équation différentielle que vérifie la tension u_c aux bornes du condensateur après la fermeture de l'interrupteur K .
2. On rappelle que la période propre d'un dipôle (L, C) est $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.
Pour le dipôle étudié, la valeur calculée est $T_0 = 4,0 \times 10^{-3}$ s.

Un ordinateur muni d'une carte d'acquisition permet de visualiser l'évolution de la tension aux bornes du condensateur u_c . Le début de l'enregistrement est synchronisé avec la fermeture de l'interrupteur ($t = 0$).

- a) Représenter, sur la **figure 3 de l'annexe page 10 à rendre avec la copie**, l'allure de la tension observée sur l'écran.
- b) On remplace le condensateur par un autre de capacité $C = 4 C$, en conservant la même bobine.

Exprimer la nouvelle période propre T_0 en fonction uniquement de T_0 .

- c) Donner les expressions des énergies emmagasinées par le condensateur et par la bobine.

Laquelle de ces deux énergies est nulle à $t = 0$? Justifier.

A quelle date, l'autre énergie sera-t-elle nulle pour la première fois ?

3. En réalité, la résistance totale du circuit est faible mais pas négligeable.

- a) Quelle conséquence cela a-t-il d'un point de vue énergétique ? Justifier.
- b) Comment qualifie-t-on ce régime ?

EXERCICE III : LES SONS CHEZ LES DAUPHINS (4 points)

Beaucoup d'animaux tels que les dauphins, les éléphants, et les chauve-souris utilisent des « sons » pour communiquer entre eux, chasser leur proie ou pour se localiser. Le cas des dauphins est particulièrement intéressant étant donné leur capacité à utiliser ce mode de « langage » presque à l'égal des humains comme le disent certains scientifiques.

A - Généralités sur les sons

Un son est un phénomène physique lié à la transmission d'un mouvement vibratoire. Tout objet susceptible de vibrer peut générer un son aussi longtemps que les vibrations sont entretenues. Pour entendre un son, il faut que les vibrations soient transportées jusqu'au récepteur par un milieu, par exemple l'air mais aussi les liquides et les solides. Les molécules du milieu qui reçoivent une impulsion sont mises en mouvement dans une certaine direction. Elle rencontrent d'autres molécules qu'elles poussent devant elles en formant ainsi une zone de compression. A la compression succède une détente et ainsi de suite : il s'établit alors une série d'oscillations qui se transmettent de proche en proche.

1. Définir une onde mécanique.
2. Un modèle permettant d'étudier la propagation des sons consiste à découper le milieu de propagation en tranches identiques susceptibles de se comprimer et de se détendre. On fait correspondre à chaque tranche un chariot et un ressort (**voir figure 1 annexe page 11**).

Une brève impulsion sur le premier chariot permet de simuler la propagation d'une onde.

- a) D'après le modèle, l'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.
- b) De quelle propriété du milieu, modélisée par le ressort, la célérité d'une onde mécanique dépend-elle ?
- c) De quelle propriété du milieu, modélisée par la masse d'un chariot, la célérité d'une onde mécanique dépend-elle ?

B - Le biosonar des dauphins : écholocalisation

Le dauphin est un mammifère de la famille des cétacés. Il perçoit, comme l'homme, les sons ayant une fréquence de 20 Hz à 20 kHz. Il est aussi capable d'émettre et de capter des ultrasons lui permettant de se localiser par écho grâce à un sonar biologique.

1. A quelles fréquences se situent les ultrasons ?
2. Pour étudier expérimentalement les ultrasons produits par les dauphins, on dispose d'un émetteur et de deux récepteurs à ultrasons que l'on place dans un récipient rempli d'eau. L'émetteur génère une onde ultrasonore progressive et sinusoïdale. Un oscilloscope permet d'enregistrer les signaux détectés par chaque récepteur séparé d'une distance d égale à 12 mm, le récepteur 1 étant le plus proche de l'émetteur. On obtient l'oscillogramme de la **figure 2 donné en annexe page 11**.

- a) Déterminer la fréquence des ondes ultrasonores émises.
- b) Quel est le retard que présente la détection des ondes au niveau du récepteur 2 par rapport au récepteur 1, sachant que ce retard est inférieur à la période temporelle. En déduire la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.
- c) Définir puis calculer la longueur d'onde des ondes ultrasonores dans l'eau.

Les dauphins n'émettent pas des ultrasons en continu mais des salves ultrasonores très brèves et puissantes appelées « clics ». Ces clics sont émis par séries formant un large faisceau appelé « trains de clics ». La durée d'un train de clics et le nombre de clics contenus dans le train dépendent de leur fonction : localisation du dauphin ou recherche de nourriture.

On suppose que les clics d'un même train sont émis à intervalles de temps réguliers et ont la même fréquence.

3. La **figure 3 (annexe page 12)** est un exemple de clic. La **figure 4 (annexe page 12)** représente le train de clics correspondant où les clics sont représentés par des traits verticaux.

Comparer la durée totale d'un clic et la durée entre deux clics d'un train.

Justifier la représentation d'un train de clics (**figure 4**).

4. Afin de se localiser, le dauphin émet d'autres clics de fréquence 50 kHz et de portée de plusieurs centaines de mètres. Ces clics, espacés de 220 ms se réfléchissent sur le fond marin ou les rochers et sont captés à leur retour par le dauphin. La perception du retard de l'écho lui fournit des informations concernant l'aspect du fond marin ou la présence d'une masse importante (bateau ou nourriture).

La célérité des ultrasons dans l'eau salée à 10 m de profondeur est de 1530 m.s^{-1} .

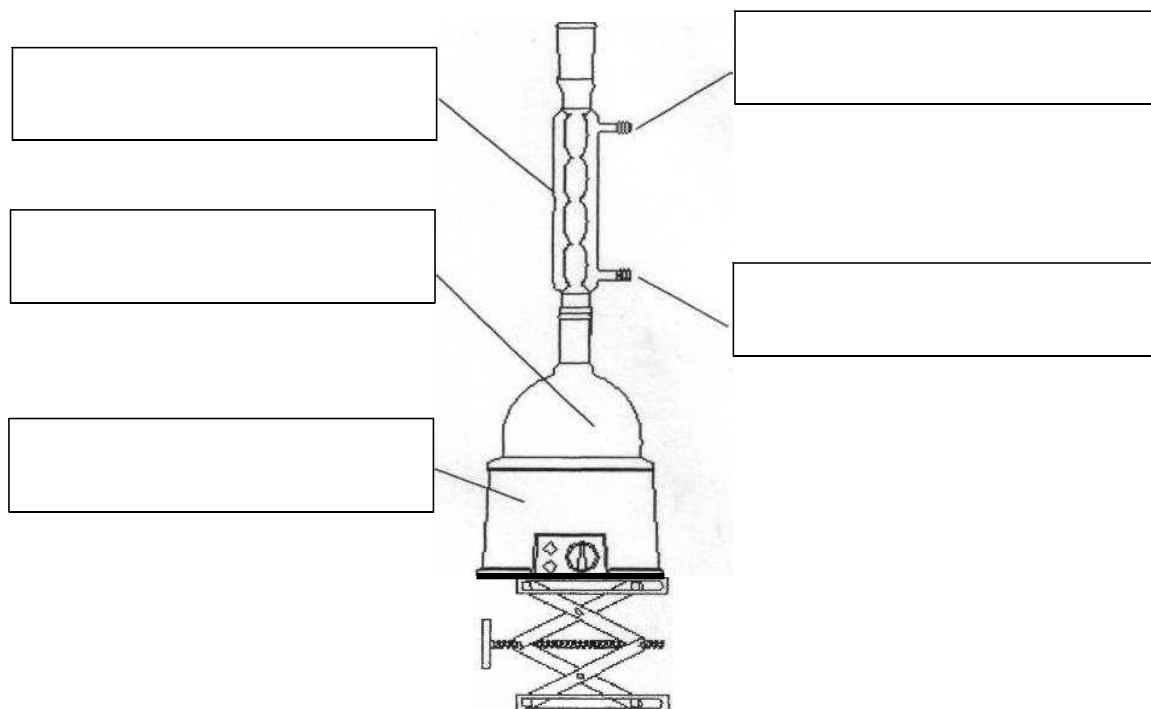
- a) La **figure 5 (annexe page 12)** montre, pour un même train, les clics émis et reçus par écho.

Déterminer l'intervalle de temps Δt séparant l'émission d'un clic et la réception de son écho, sachant que ce retard est inférieur à la durée entre deux clics.

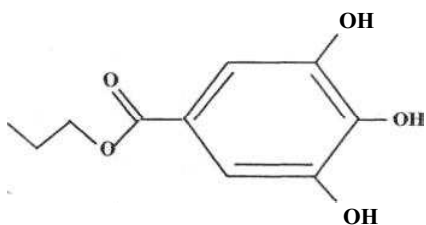
- b) En déduire la distance H à laquelle se trouve le dauphin du fond marin.

EXERCICE I : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Le montage de chauffage à reflux



Formule topologique du gallate de propyle :



EXERCICE II : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

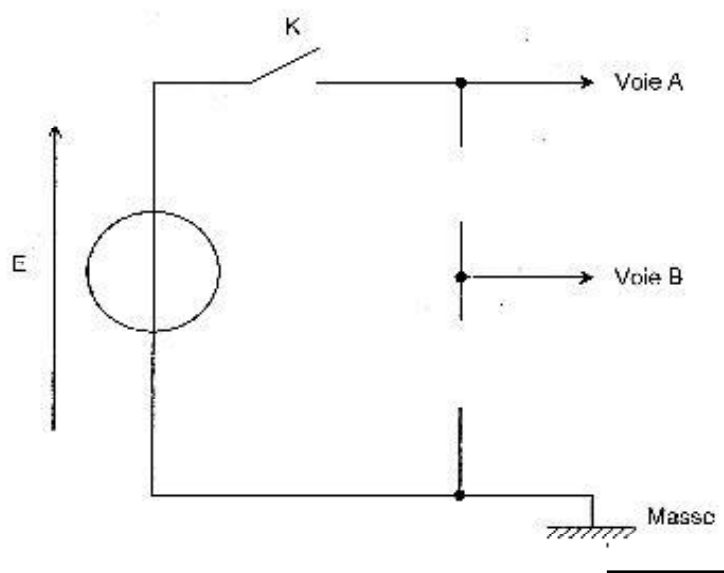


Figure 1

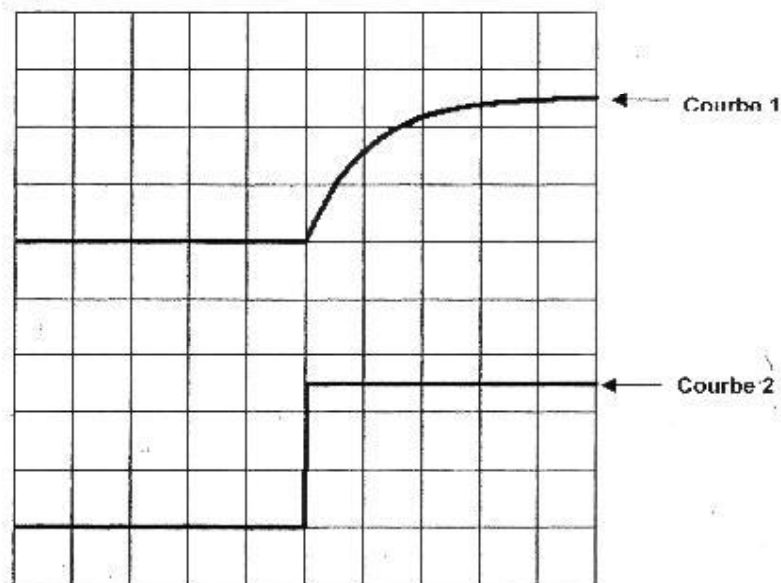


Figure 2

EXERCICE II (suite) : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

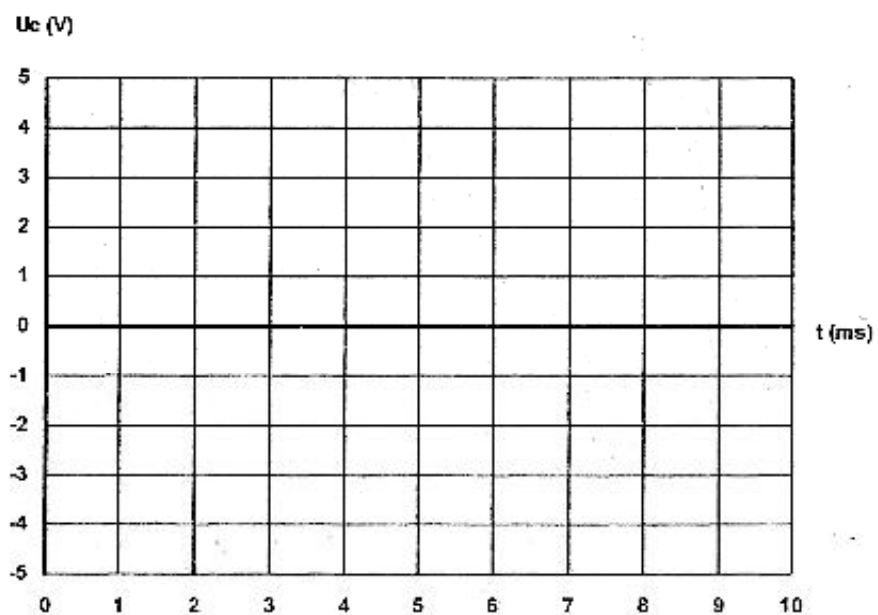


Figure 3

Figure 1

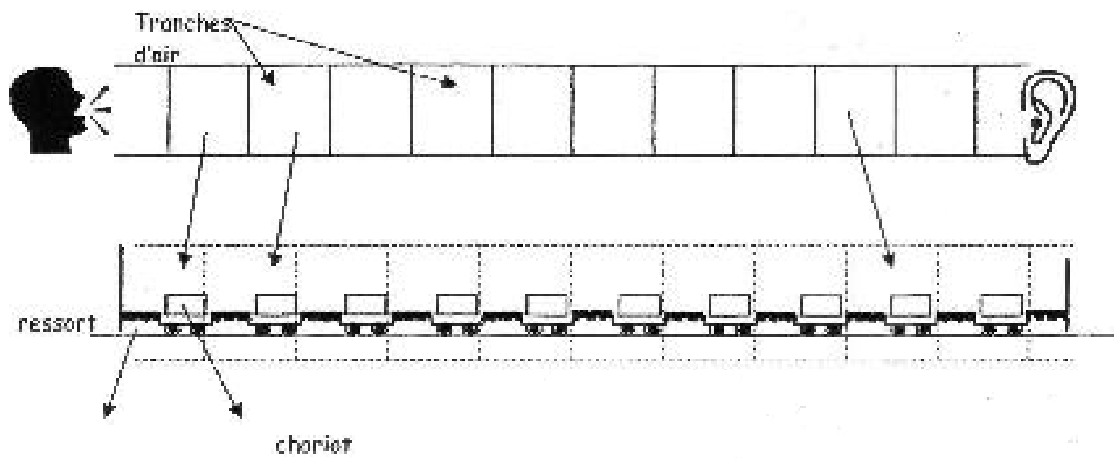
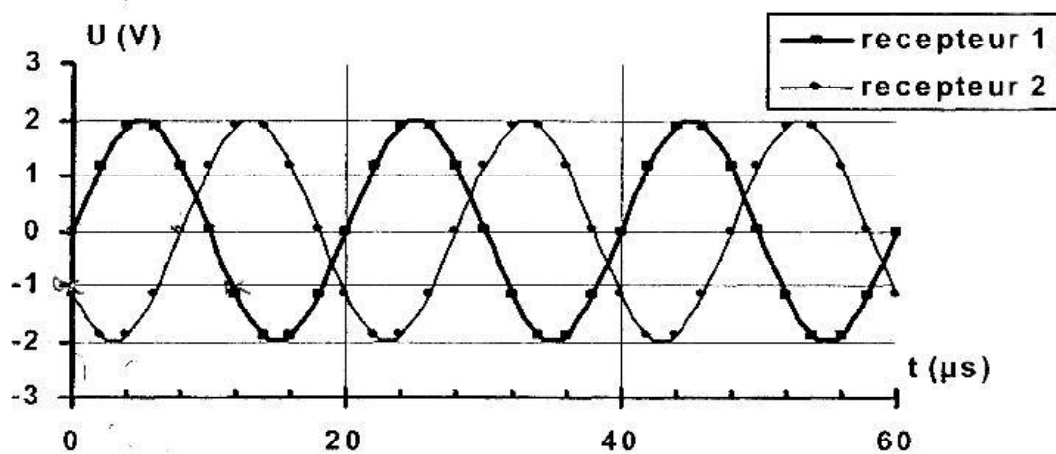


Figure 2



EXERCICE III : ANNEXE (suite)

Figure 3 : un clic

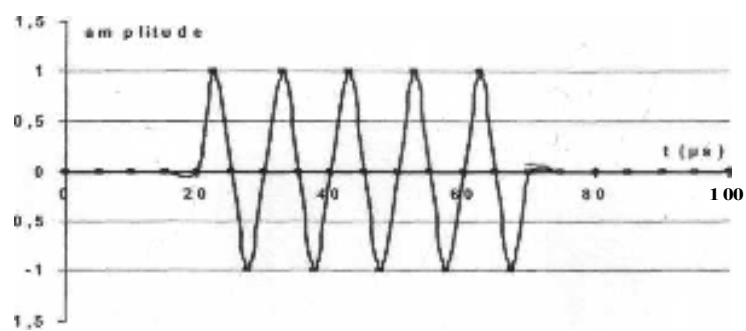


Figure 4 : train de clics

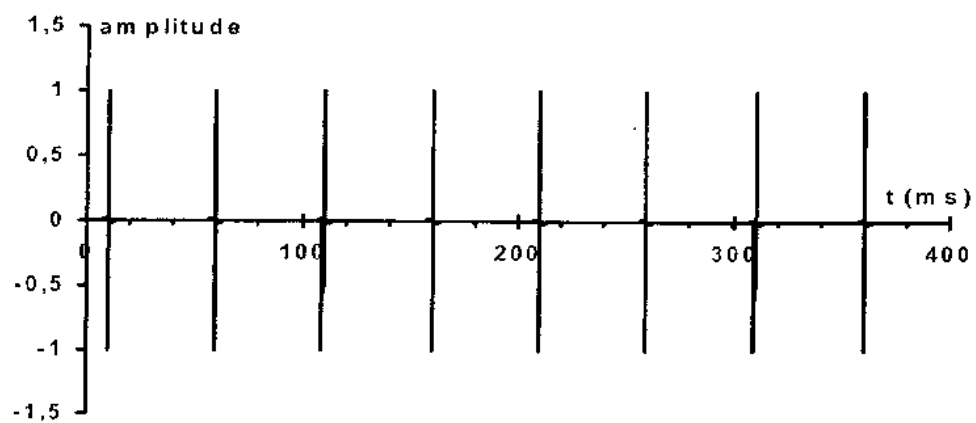
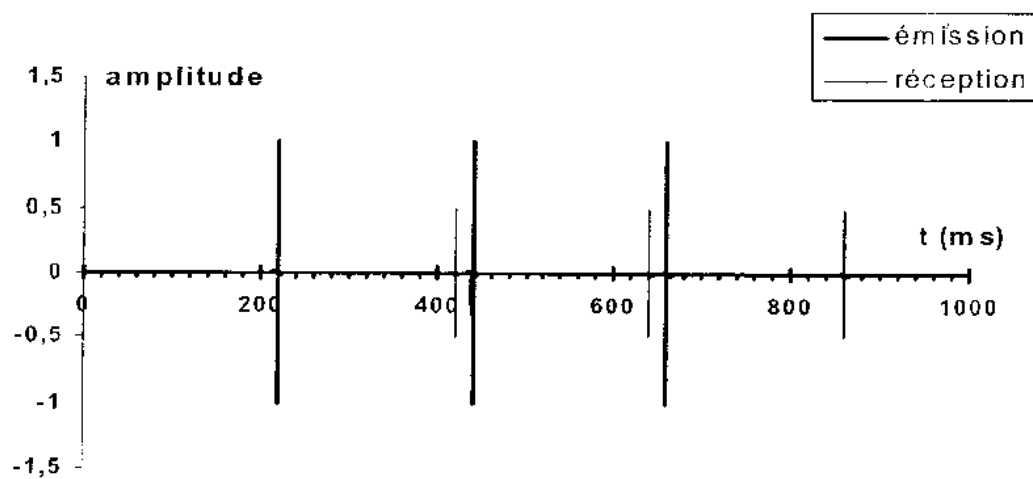


Figure 5 : localisation



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

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 deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci. Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

- I. Modélisation d'une alarme (4 points)
- II. Quatre satellites artificiels parmi bien d'autres (5,5 points)
- III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6,5 points)

EXERCICE I. MODÉLISATION D'UNE ALARME (4 points)

Un élève, dans le cadre de travaux personnels, souhaite étudier un système d'alarme.

Après avoir modélisé la mise sous tension du circuit de commande de la sirène (première partie de l'exercice), il cherche à savoir si des phénomènes inductifs peuvent provoquer le déclenchement intempestif de la sirène (deuxième partie de l'exercice).

I. Première partie : fonctionnement simplifié d'une alarme d'appartement

Après avoir mis sous tension l'alarme d'un appartement, il faut pouvoir disposer d'une durée suffisante pour sortir sans la déclencher. Pour cela certains dispositifs utilisent la charge et la décharge d'un condensateur.

Le circuit est alimenté par une batterie d'accumulateurs de force électromotrice (f.e.m.) E .

Le schéma simplifié de l'alarme est le suivant.

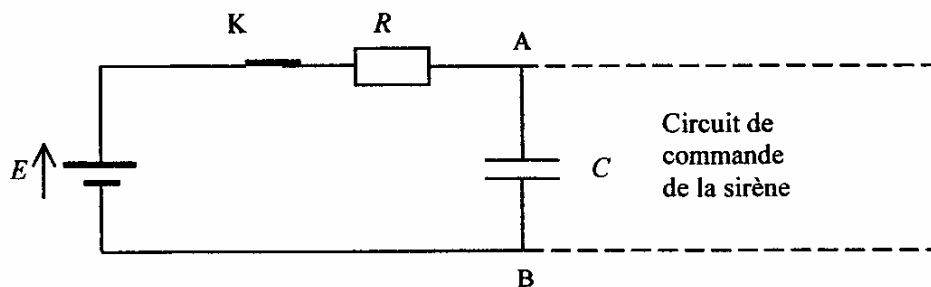


Schéma 1

$$R = 47 \text{ k}\Omega; \quad C = 1,1 \times 10^3 \text{ }\mu\text{F}; \quad E = 9,0 \text{ V}$$

La mise sous tension de l'alarme correspond à la fermeture de l'interrupteur K .

Le circuit de commande de la sirène est tel qu'à la fermeture de la porte de l'appartement, le condensateur est mis en court-circuit (ses armatures sont alors reliées par un fil conducteur non représenté sur le schéma).

1. Étude de la charge du condensateur dans le circuit RC

Pour étudier la charge du condensateur de capacité C , l'élève visualise la tension $u_{AB} = f(t)$ à ses bornes à l'aide d'une interface reliée à un ordinateur. Le circuit de commande de la sirène n'est pas relié au condensateur lors de cette expérience.

L'acquisition commence lors de la fermeture de l'interrupteur (K), le condensateur étant préalablement déchargé.

L'élève obtient la courbe $u_{AB} = f(t)$ représentée PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (figure 2).

1.1. Indiquer sur la Figure 1 PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE les branchements de l'interface pour visualiser $u_{AB} = f(t)$.

L'entrée et la masse de l'interface sont respectivement équivalents à une voie Y et à la masse d'un oscilloscope.

1.2. En utilisant une méthode au choix, déterminer, à partir de la courbe $u_{AB} = f(t)$ (Figure 2 PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE), la constante de temps τ de ce circuit. La construction qui permet sa détermination doit figurer sur la courbe.

1.3. Donner l'expression de la constante de temps τ en fonction des caractéristiques du circuit et vérifier par le calcul la valeur trouvée à la question 1.2.

2. Déclenchement de l'alarme

Ce circuit commande une sirène (voir Schéma 1) qui se déclenche dès que la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur de 8 V .

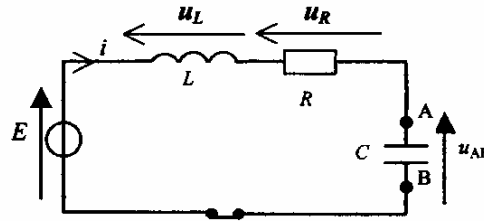
2.1. À l'aide de la courbe $u_{AB} = f(t)$ donnée Figure 2 PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, déterminer la durée Δt dont dispose l'habitant pour quitter l'appartement et fermer la porte, en indiquant clairement cette durée sur le graphe.

2.2. Expliquer pourquoi le fait de fermer la porte empêche l'alarme de se déclencher.

II. Deuxième partie : l'alarme peut-elle se déclencher de manière intempestive ?

Des phénomènes inductifs peuvent apparaître dans le circuit.

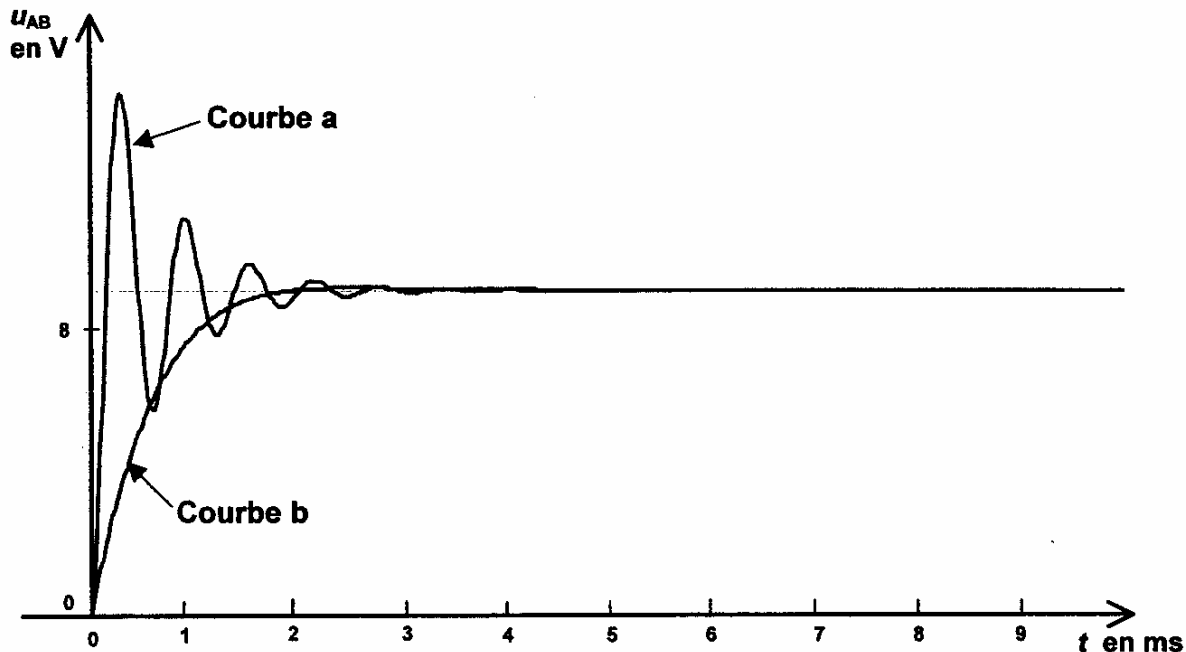
Celui-ci est alors analogue à un circuit RLC série. Pour comprendre l'influence de l'inductance l'élève réalise, au laboratoire, le montage ci-contre, avec les composants dont les caractéristiques sont données au schéma 2.



$$E = 9,0 \text{ V} \quad L = 0,10 \text{ H} \quad C = 0,10 \text{ }\mu\text{F}$$

Schéma 2

L'élève enregistre comme dans la première partie de l'exercice la tension $u_{AB} = f(t)$ aux bornes du condensateur, pour deux valeurs de résistance $R_1 = 160 \text{ }\Omega$ et $R_2 = 2,4 \text{ k}\Omega$. Il obtient les courbes a et b ci-dessous.



1. Donner les noms des régimes associés aux courbes a et b. Indiquer pour chacun d'eux la valeur donnée à la résistance R , en précisant la raison de ce choix.

Pour étudier les régimes de charge du condensateur, on appliquera les mêmes conclusions que dans le cas de la décharge du condensateur en série avec une bobine et une résistance.

2. À partir de ces courbes, montrer que l'intensité du courant dans le circuit s'annule au bout d'une durée suffisamment longue.

3. En appliquant la loi des tensions, trouver la valeur finale de la tension u_{AB} .

4. Quel inconvénient présenterait le régime associé à la courbe (a) si cette modélisation correspondait au circuit de déclenchement de l'alarme précédente ?

5. Dans un circuit de capacité C , d'inductance L et de résistance R , on évite les oscillations si la condition suivante est vérifiée : $\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \geq 1$. La valeur de l'inductance dans le circuit d'alarme est

supposée inférieure à 1 mH .

Dire, en justifiant la réponse, si des oscillations peuvent apparaître dans le circuit d'alarme étudié dans la première partie, immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K .

EXERCICE II. QUATRE SATELLITES TERRESTRES ARTIFICIELS PARMIBIEN D'AUTRES (5,5 POINTS)
--

Passionné d'astronomie, un élève a collecté sur le réseau Internet de nombreuses informations concernant les satellites artificiels terrestres. Il met en œuvre ses connaissances de physique pour les vérifier et les approfondir.

Dans tout l'exercice, on notera :

Masse de la Terre : M_T (répartition de masse à symétrie sphérique de centre O)

Rayon de la Terre : R_T

Masse du satellite étudié : m_S

Altitude du satellite étudié : h

Constante de gravitation universelle : G

Les questions 2 et 3 sont indépendantes.

1. Le premier satellite artificiel.

Si la possibilité théorique de mettre un satellite sur orbite autour de la Terre fut signalée en 1687 par Isaac Newton, il a fallu attendre le 4 octobre 1957 pour voir le lancement du premier satellite artificiel, Spoutnik 1, par les soviétiques.

1.1. Exprimer vectoriellement la force exercée par la Terre sur Spoutnik 1, supposé ponctuel, et la représenter sur un schéma.

1.2. *L'étude se fait dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.*

En appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite.

2. Les satellites artificiels à orbites circulaires.

Le télescope spatial Hubble, qui a permis de nombreuses découvertes en astronomie depuis son lancement en 1990, est en orbite circulaire à 600 km d'altitude et il effectue un tour complet de la Terre en 100 minutes.

2.1. Étude du mouvement du satellite Hubble dans un référentiel géocentrique

2.1.1. En reprenant les résultats de la partie 1, montrer sans calcul que le mouvement circulaire de Hubble est uniforme.

2.1.2. Exprimer littéralement sa vitesse en fonction des grandeurs M_T , R_T , h et G .

2.1.3. Exprimer la période T de son mouvement en fonction des grandeurs précédentes puis retrouver la troisième loi de Kepler appliquée à ce mouvement circulaire (l'énoncé de cette loi n'est pas demandé ici).

2.2. Cas d'un satellite géostationnaire

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

2.2.1. Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ?

2.2.2. On propose trois trajectoires hypothétiques de satellite en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre.

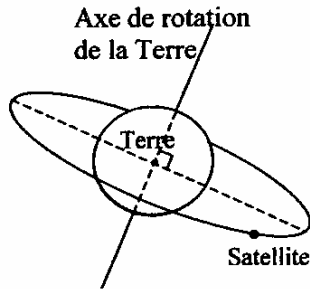


Figure 1

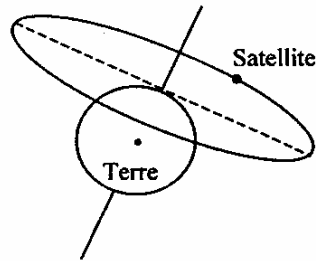


Figure 2

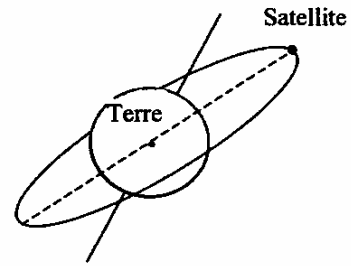


Figure 3

- Montrer que, seule, l'une de ces trajectoires est incompatible avec les lois de la mécanique.
- Quelle est la seule trajectoire qui peut correspondre au satellite géostationnaire ? Justifier la réponse.

3. Les satellites artificiels à orbites elliptiques.

Les satellites peuvent être placés sur différentes orbites, en fonction de leur mission. Un incident lors de leur satellisation peut modifier l'orbite initialement prévue. Hipparcos, un satellite d'astrométrie lancé par la fusée Ariane le 8 août 1989, n'a jamais atteint son orbite prévue. Un moteur n'ayant pas fonctionné, il est resté sur une orbite elliptique entre 36 000 km et 500 km d'altitude.

3.1. Les satellites artificiels obéissent aux lois de Kepler.

La deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires », précise que « des aires balayées par le rayon, reliant le satellite à l'astre attracteur, pendant des durées égales, sont égales ».

Énoncer les deux autres lois dans le cas général d'une orbite elliptique.

3.2. Sans souci exagéré d'échelle ni d'exactitude de la courbe mathématique, dessiner l'allure de l'orbite du satellite Hipparcos. Placer sur ce schéma le centre d'inertie de la Terre et les points A et P correspondant respectivement aux valeurs 36 000 km et 500 km données dans le texte.

3.3. En appliquant la loi des aires au schéma précédent montrer, sans calcul, que la vitesse d'Hipparcos sur son orbite n'est pas constante.

3.4. Préciser en quels points de son orbite sa vitesse est maximale, minimale.

4. Les missions des satellites artificiels.

Aujourd'hui, plus de 2 600 satellites gravitent autour de la Terre. Ils interviennent dans de nombreux domaines : téléphonie, télévision, localisation, géodésie, télédétection, météorologie, astronomie ... Leur spectre d'observation est vaste, optique, radar, infrarouge, ultraviolet, écoute de signaux radioélectriques ...

4.1. Sachant que le spectre optique correspond à la lumière visible, donner les limites des longueurs d'onde dans le vide de ce spectre et situer l'infrarouge et l'ultraviolet .

4.2. La célérité de la lumière dans le vide est $3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$, en déduire les limites en fréquence de la lumière visible.

4.3. Pourquoi doit on préciser « dans le vide » pour donner les valeurs des longueurs d'onde ?

EXERCICE III. LES INDICATEURS COLORES NATURELS DE LA CUISINE À LA CHIMIE (6,5 points)

La première utilisation d'un indicateur coloré pour les titrages acido-basiques remonte à 1767 par W. Lewis. Il employait un extrait de tournesol (...).

On utilisait à l'époque des extraits de plantes qui changent de couleur avec l'acidité du milieu (...).

On peut en citer quelques-uns parmi les plus connus et les meilleurs :

- l'artichaut (...)

- la betterave rouge (...)

- le chou rouge, de loin l'extrait le plus intéressant car sa couleur change nettement suivant la valeur du pH :

pH	0-3	4-6	7-8	9-12	13-14
couleur	rouge	violet	bleu	vert	jaune

d'après Chimie des couleurs et des odeurs

1. Des indicateurs colorés en cuisine.

Le chou rouge est un légume riche en fibres et en vitamines, qui se consomme aussi bien en salade que cuit.

Mais la cuisson du chou rouge peut réserver des surprises : chou rouge et eau de cuisson deviennent rapidement bleus. Pour rendre au chou sa couleur violette, on peut ajouter un filet de citron ou du vinaigre.

Après avoir égoutté le chou, une autre modification de couleur peut surprendre le cuisinier : versée dans un évier contenant un détergent, l'eau de cuisson devient verte.

En utilisant les textes ci-dessus

1.1. Donner la propriété essentielle d'un indicateur coloré acido basique.

1.2. Préciser le caractère acide ou basique du vinaigre et du détergent.

2. Des indicateurs colorés pour les titrages.

De nos jours, les indicateurs colorés sont toujours largement utilisés pour les titrages. La pH-métrie est une autre technique de titrage acido-basique qui permet en outre de choisir convenablement un indicateur coloré acido-basique pour ces mêmes titrages.

Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse au titrage de l'acide éthanoïque de formule $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$ (noté par la suite HA) contenu dans un vinaigre commercial incolore.

La base conjuguée de cet acide sera notée A^- .

2.1. Dilution du vinaigre.

Le vinaigre commercial étant trop concentré pour être titré par la solution d'hydroxyde de sodium disponible au laboratoire, on le dilue dix fois. On dispose pour cela de la verrerie suivante :

Éprouvettes :	5 mL	10 mL	25 mL	50 mL	100 mL
Pipettes jaugées :	1,0 mL	5,0 mL	10,0 mL	20,0 mL	
Fioles jaugées :	150,0 mL	200,0 mL	250,0 mL	500,0 mL	

Choisir dans cette liste la verrerie la plus appropriée pour effectuer la dilution. Justifier.

2.2. Réaction de titrage.

On titre un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée de vinaigre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On ajoute un volume $V_{\text{eau}} = 60 \text{ mL}$ afin d'immerger les électrodes du pH-mètre après agitation. Le suivi pH-métrique de la transformation permet de construire la courbe fournie dans l'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Cette partie a pour but de vérifier que la transformation associée à la réaction de titrage est totale. Pour cela, on déterminera son taux d'avancement final pour un volume $V_B = 6,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

Donnée : produit ionique de l'eau à 25°C $K_e = 10^{-14}$

2.2.1. Écrire l'équation associée à la réaction de titrage.

2.2.2. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer le réactif limitant.

2.2.3. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer l'avancement maximal x_{max} . On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.4. Après avoir relevé la valeur du pH du mélange obtenu, déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde restante après la transformation $(n_{\text{HO}^-})_f$ dans le volume total de mélange réactionnel.

2.2.5. Déterminer le taux d'avancement final et conclure.

2.3. Détermination par titrage de la concentration molaire en acide éthanóïque apporté du vinaigre.

2.3.1. Déterminer graphiquement sur l'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Préciser la démarche utilisée.

2.3.2. Déterminer la valeur de la concentration molaire en acide éthanóïque apporté c_A dans le vinaigre dilué et en déduire la valeur de la concentration molaire en acide éthanóïque apporté c_0 du vinaigre commercial.

2.4. Retour historique ...

On souhaite réaliser un titrage colorimétrique de l'acide éthanóïque contenu dans le vinaigre dilué avec un des deux extraits naturels (artichaut et betterave rouge) utilisés au dix huitième siècle.

Pour chaque indicateur coloré, on considère que les teintes sont dues à la prédominance d'une espèce chimique, notée HA_{Ind} pour sa forme acide et A_{Ind}^- pour sa forme basique. Le pK_A des couples $HA_{\text{Ind}}/A_{\text{Ind}}^-$ sera noté pK_i .

On donne les valeurs des pK_i à 25°C :

artichaut : $(pK_i)_1 = 7,5$

betterave rouge : $(pK_i)_2 = 11,5$

	<i>Artichaut</i>	<i>Betterave</i>
pK_i	7,5	11,5
Teinte pour HA_{ind} dominant	incolore	rouge
Teinte pour A_{ind}^- dominant	jaune	jaune

2.4.1. En utilisant l'expression de la constante d'acidité K_i , montrer que la relation suivante est vérifiée :

$$\frac{[A_{ind}^-]_{eq}}{[HA_{ind}]_{eq}} = 10^{pH - pK_i}$$

On s'interroge sur les couleurs que prendrait le mélange réactionnel lors du titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque en présence d'une petite quantité de l'un ou l'autre de ces extraits naturels.

2.4.2. La courbe pH-métrique montre que, pour $V_B = 9,8$ mL, le pH de la solution est voisin de 6,5 et que, pour $V_B = 10,1$ mL, il est voisin de 10,5.

Pour chaque extrait naturel et pour chacun de ces deux volumes V_B , déterminer la valeur du

rapport $\frac{[A_{ind}^-]_{eq}}{[HA_{ind}]_{eq}}$ puis compléter la ligne correspondante du tableau de l'ANNEXE EN PAGE

A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

2.4.3. En déduire les couleurs observées dans chaque cas. Compléter la ligne correspondante du tableau de l'ANNEXE EN PAGE **A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

2.4.4. Conclure sur l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage.

2.4.5. Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?

EXERCICE I

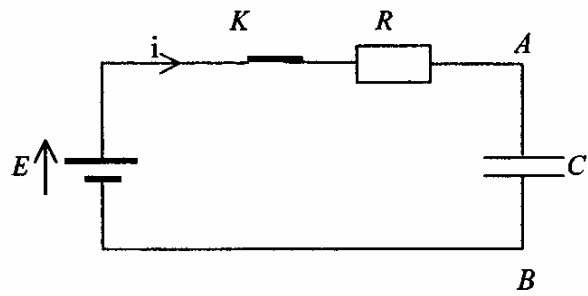


Figure 1

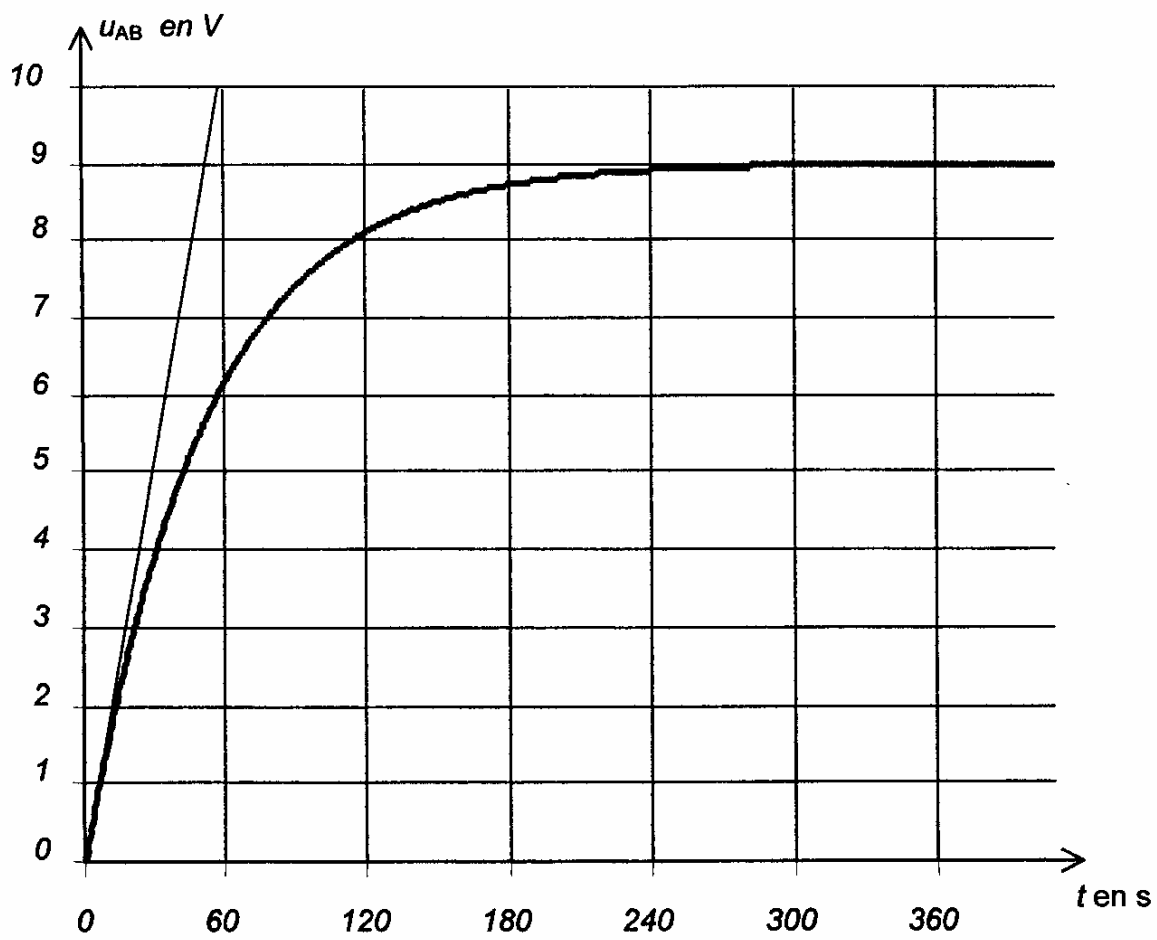
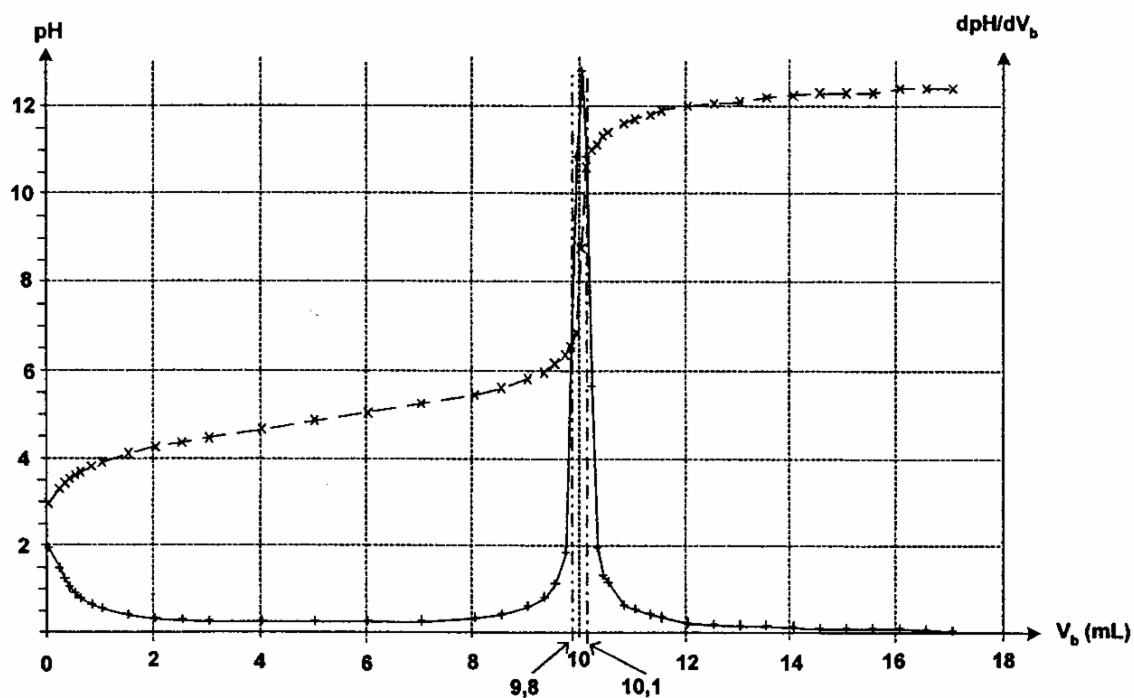


Figure 2

EXERCICE III

COURBE pH-MÉTRIQUE



TABLEAU

	Artichaut		Betterave	
	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ mL	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ mL
$\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$				
Couleur				

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10 y compris celle-ci.

Les pages 9/10 et 10/10 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

- | | |
|--|--------------|
| I. Étude d'un circuit RC – Principe de fonctionnement d'une minuterie. | (7,5 points) |
| II. Parlons CD. | (4,5 points) |
| III. Étude d'un produit ménager. | (4 points) |

EXERCICE I : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE MINUTERIE (7,5 points)

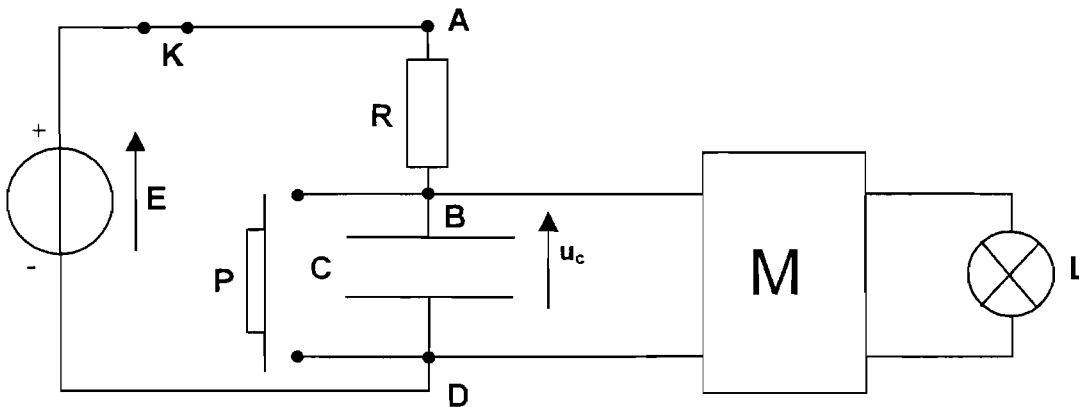
L'objet de cet exercice est d'étudier le principe de fonctionnement d'une minuterie permettant d'éteindre une lampe automatiquement au bout d'une durée t_0 réglable.

Le montage du circuit électrique est constitué :

- d'un générateur idéal de tension, de force électromotrice $E = 30 \text{ V}$.
- d'un interrupteur K .
- d'un conducteur ohmique de résistance R .
- d'un condensateur de capacité C .
- d'un bouton poussoir P qui joue le rôle d'un interrupteur ; il est fermé seulement quand on appuie dessus.
- d'un composant électronique M qui permet l'allumage de la lampe L tant que la tension aux bornes du condensateur est inférieure à une tension limite, caractéristique du composant, notée U_ℓ (dans tout l'exercice on fixera U_ℓ à une valeur constante égale à 20 V).

Le composant électronique M possède une alimentation électrique propre (non représentée sur le schéma) qui lui fournit l'énergie nécessaire à l'allumage de la lampe.

De ce fait, on admettra que le composant électronique M ne perturbe pas le fonctionnement du circuit RC, c'est-à-dire que la tension aux bornes du condensateur est identique que M soit présent ou non dans le circuit.



I – Étude du circuit RC

A l'instant initial ($t = 0 \text{ s}$), le condensateur est déchargé. On ferme l'interrupteur K , le bouton poussoir P est relâché (voir schéma ci-dessus).

1. On souhaite visualiser les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur en fonction du temps à l'aide d'un oscilloscope à mémoire.
Indiquer les branchements à réaliser (voie 1 et masse) sur le schéma du **document 1 de l'annexe 1 page 9 à rendre avec la copie**.
2. Montrer que l'équation différentielle donnant les variations de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est de la forme :

$$u_c(t) + RC \frac{du_c(t)}{dt} = E$$

3. a) En vérifiant que la fonction du temps $u_c(t) = A (1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle précédente montrer que $A = E$ et $\tau = RC$.
- b) Quelle est la valeur de u_c en régime permanent ?
- c) Quel est le nom donné à la constante τ ?
A l'aide d'une analyse dimensionnelle, donner l'unité de la constante τ .
4. La représentation graphique de la fonction $u_c(t)$ est donnée dans le **document 2 de l'annexe 1 page 9, à rendre avec la copie**.
Faire apparaître sur ce graphe sans aucune justification :
- la tension E ,
 - la constante τ ,
 - les régimes permanent et transitoire.
5. Calculer la valeur de la constante τ pour $R = 100 \text{ k}\Omega$ et $C = 200 \text{ }\mu\text{F}$.
6. a) Donner l'expression littérale de la date t_0 à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite U_ℓ en fonction de U_ℓ , E et τ . (t_0 est la durée d'allumage de la lampe).
- b) Calculer la valeur de t_0 et vérifier la validité du résultat à l'aide du graphe $u_c(t)$ fourni dans le **document 2 de l'annexe 1 page 9 à rendre avec la copie**.
- c) On a fixé U_ℓ à 20 V pour obtenir une durée d'allumage t_0 voisine de τ . Pour quelle raison choisir t_0 très supérieur à τ n'aurait pas été judicieux pour un tel montage ?
7. Quel(s) paramètre(s) du montage peut-on modifier sans changer le générateur afin d'augmenter la durée d'allumage de la lampe ?
En fixant $C = 200 \text{ }\mu\text{F}$ quelle valeur doit-on donner à la résistance R pour obtenir une constante de temps d'une minute ?
8. On appuie sur le bouton poussoir. Que vaut la tension aux bornes du condensateur ?
La comparer à U_ℓ . Que se passe-t-il pour la lampe dans les cas suivants :
- a) la lampe est déjà allumée ?
- b) la lampe est éteinte ?

II – Méthode d'Euler

On se propose maintenant de résoudre numériquement l'équation différentielle établie à la question I-2, R et C conservant les valeurs $R = 100 \text{ k}\Omega$ et $C = 200 \text{ }\mu\text{F}$.

1. A partir de cette équation différentielle, donner la relation entre la dérivée $\left(\frac{du_c(t)}{dt}\right)$ et la tension $u_c(t)$.

La méthode d'Euler permet de calculer successivement les valeurs de $u_c(t)$ et de $\left(\frac{du_c(t)}{dt}\right)$ à un intervalle de temps régulier Δt appelé le pas.

En prenant un pas suffisamment petit on peut écrire la relation :

$$u_c(t + \Delta t) = u_c(t) + \left(\frac{du_c(t)}{dt} \right) \cdot \Delta t.$$

Pour cette étude, on prend un pas égal à : $\Delta t = 2 \text{ s}$.

2. En utilisant l'expression littérale ci-dessus, compléter dans le tableau donné en annexe (**document 3, annexe 1 page 9**) les colonnes correspondant aux dates $t = 2 \text{ s}$ et $t = 4 \text{ s}$.
3. **Le document 4 de l'annexe 2 page 10** représente un agrandissement de la courbe $u_c(t)$ du document 2. Tracer sur ce document **à rendre avec la copie**, la partie du graphe $u_c(t)$ correspondant à ce tableau. Que constatez-vous ?
4. On peut améliorer la précision de la méthode d'Euler en modifiant la valeur du pas Δt .
Quelle modification pourrait-on apporter à la valeur du pas Δt ?
Quel serait l'inconvénient de cette modification ?

EXERCICE II : PARLONS CD (4,5 points)

I – Lumière émise par un laser

On dispose d'une diode laser S émettant un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,790 \mu\text{m}$

1. Quelle est la couleur de la lumière émise par cette diode laser ?
2. La lumière émise résulte d'une transition entre deux niveaux d'énergie E_1 et E_2 tels que $E_2 < E_1$.
Calculer en électronvolts l'écart énergétique $E = E_1 - E_2$ entre ces deux niveaux.

Données : Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$,
Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$,
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

II – Caractère ondulatoire de la lumière

La lumière émise par la source S traverse une fente fine rectangulaire verticale de largeur $d = 0,10 \text{ mm}$.

Un phénomène dû à la nature ondulatoire de la lumière est observé sur un écran placé à une distance $D = 2,0 \text{ m}$ de la fente.

1. Quel est le nom de ce phénomène ?
2. Décrire qualitativement ce que l'on observe sur l'écran.
3. Toutes les autres grandeurs restant inchangées, comment est modifiée la figure observée sur l'écran si :
 - a) on diminue la largeur de la fente ?
 - b) on diminue la longueur d'onde ?

Justifier les réponses.

III – Application à la lecture d'un CD

Dans un lecteur CD on lit des informations gravées sur le disque sous forme de petites cuvettes réfléchissantes dont le diamètre limite le nombre d'informations. Actuellement on éclaire le disque avec une diode laser de longueur d'onde $\lambda = 0,790 \mu\text{m}$.

Prochainement, on va commercialiser des lecteurs utilisant une diode laser émettant une longueur d'onde dans le bleu (lecteurs « blu-ray disc »).

D'après la question II 3.b) quel intérêt présente ce changement de longueur d'onde ?

IV – Gravure d'un CD

La duplication en grande quantité d'un disque compact se fait par pressage de polycarbonate fondu à l'aide d'une matrice en nickel.

Le procédé se déroule en trois étapes :

1^{ère} étape : Fabrication du *glassmaster*

Elle consiste à graver le disque de base (*glassmaster*) à partir duquel on va réaliser une duplication en série. On recouvre ensuite le *glassmaster* gravé d'une fine couche d'argent. On obtient alors le *glassmaster* métallisé.

2^e étape : Galvanoplastie

Elle consiste à créer une matrice, image symétrique du *glassmaster*. Ce dernier, étant devenu conducteur après le dépôt d'argent, est immergé pendant 2 heures dans une solution acide de sulfamate de nickel où il va subir une électrolyse, l'autre électrode étant du nickel.

Le but de cette opération est de créer un dépôt de nickel sur le *glassmaster*.

On sépare ensuite cette couche de nickel et on obtient une matrice, *le père*, qui est une image symétrique parfaite du *glassmaster*.

3^e étape : Le pressage

On place *le père* dans le moule d'une presse qui permet de dupliquer le disque en grand nombre.

Les questions qui suivent ne portent que sur la 2^e étape (galvanoplastie).

1. Sur le schéma de l'électrolyse donné en **annexe 2 page 10 à rendre avec la copie**, préciser le sens du courant et la polarité des bornes du générateur, en justifiant votre réponse.
2. Nommer les électrodes et préciser les équations des réactions qui s'y déroulent.
3. Le père obtenu est un disque de nickel de 23,0 cm de diamètre et de $3,05 \times 10^{-1}$ mm d'épaisseur.
 - a) Vérifier que la masse du père est $m = 113$ g.
 - b) En déduire la quantité de matière de nickel déposée lors de l'électrolyse.
4. L'électrolyse dure 2 heures. Quelle doit être la valeur de l'intensité du courant qui circule dans le circuit ?

Données :	Couple oxydant réducteur :	Ni^{2+}/Ni
	Masse volumique du nickel :	$\rho = 8,90 \text{ g.cm}^{-3}$
	Masse molaire du nickel :	$M = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$
	Charge élémentaire :	$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
	Le nombre d'Avogadro :	$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

EXERCICE III : ÉTUDE D'UN PRODUIT MÉNAGER (4 points)

L'ammoniac, NH_3 , est un gaz qui, dissout dans l'eau, donne une solution basique d'ammoniaque.

Des solutions d'ammoniaque sont vendues dans le commerce.

Ces solutions, après dilution, sont utilisées comme produit nettoyant et détachant.

On se propose d'étudier quelques propriétés de l'ammoniac dissout puis de déterminer sa concentration dans un de ces produits.

Données relatives à l'exercice :

Masse molaire de l'ammoniac : $M_{\text{NH}_3} = 17 \text{ g.mol}^{-1}$,

Constante d'acidité du couple ion ammonium/ammoniac à 25°C : $K_{\text{A}1} = 6,3 \times 10^{-10}$,

Constante d'acidité du couple $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$ à 25°C : $K_{\text{A}2} = 1,0 \times 10^{-14}$.

I – NH_3 (aq).

1. L'ammoniac est une base en solution aqueuse.

- Donner la définition d'une base selon Brönsted
- Ecrire l'équation de réaction entre l'ammoniac et l'eau.
- Exprimer et calculer la constante d'équilibre de cette réaction.

2. On dissout dans un volume d'eau V égal à 250 mL une quantité de matière n d'ammoniac égale à $2,5 \times 10^{-3}$ mol. Le pH de la solution S obtenue vaut 10,6.

- Calculer la concentration c en soluté ammoniac apporté.
- Calculer la concentration en ion oxonium, H_3O^+ , dans la solution.
- En déduire la concentration en ion hydroxyde, HO^- , dans la solution.
- Montrer que le taux d'avancement final τ peut s'écrire $\tau = \frac{[\text{HO}^-]_f}{c}$, puis le calculer. (On pourra utiliser un tableau descriptif de l'évolution du système).
- Que peut-on dire de la transformation ?

II – Détermination de la concentration en ammoniac de la solution commerciale

1. Dilution de la solution commerciale

Afin de déterminer la concentration c_0 de la solution commerciale, on propose de réaliser un titrage acido-basique de la solution commerciale. Celle-ci étant très concentrée, on fabrique par dilution, une solution S_1 de concentration c_1 mille fois plus petite.

Parmi les lots de verrerie proposés, choisir, en justifiant, celui que l'on doit utiliser pour réaliser au mieux cette dilution.

Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
Pipette jaugée 1 mL Becher 100 mL Becher 50 mL	Pipette graduée 10 mL Fiole jaugée 1L Becher 50 mL	Pipette jaugée 1 mL Fiole jaugée 1L Becher 50 mL	Pipette jaugée 10 mL Fiole jaugée 1L Becher 50 mL

2. Titration acido-basique de la solution diluée.

On réalise un titrage pH-métrique de $V_1 = 20,0$ mL de solution diluée S_1 par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $c_A = 1,50 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équation support du titrage est : $\text{NH}_{3(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} = \text{NH}_4^+_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$.

Pour obtenir l'équivalence il a fallu verser un volume $V_{AE} = 14,3$ mL d'acide chlorhydrique.

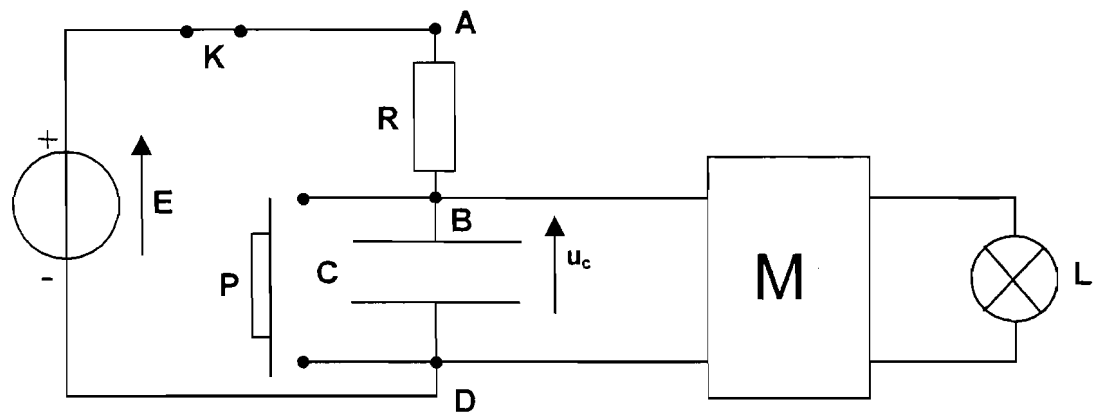
On note que le pH à l'équivalence vaut 5,7.

- Définir l'équivalence d'un titrage.
- Établir la relation à l'équivalence entre c_1 , c_A , V_1 , V_{AE} où V_{AE} est le volume de solution acide versé à l'équivalence. (On pourra utiliser un tableau descriptif de l'évolution du système chimique).
- En déduire c_1 puis c_0 .
- Parmi les indicateurs colorés suivants, choisir, en justifiant, celui qui pourrait être utilisé pour réaliser ce titrage de façon colorimétrique.

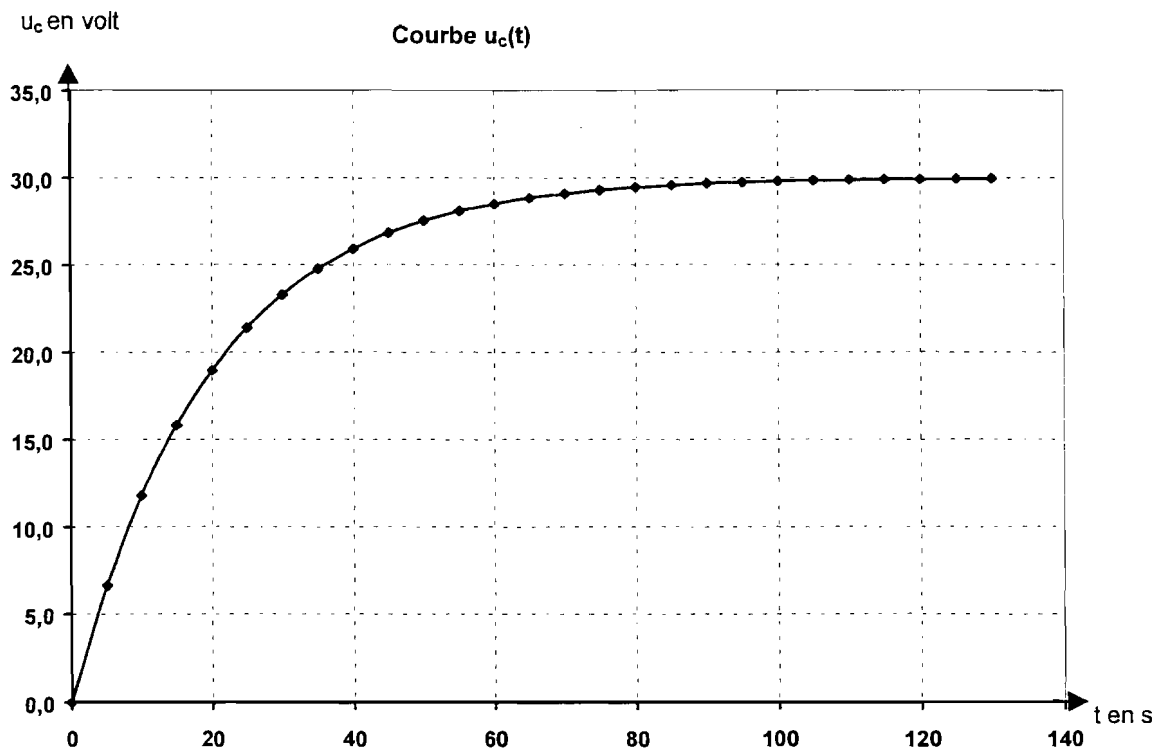
Indicateur coloré	Couleur forme acide	Zone de virage	Couleur forme basique
hélianthine	rouge	3,1 – 4,4	jaune
Rouge de chlorophénol	jaune	5,2 – 6,8	rouge
Bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu
phénolphtaléine	incolore	8,2 - 10	Rouge violacé

ANNEXE 1 : A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE I :
Document 1



Document 2

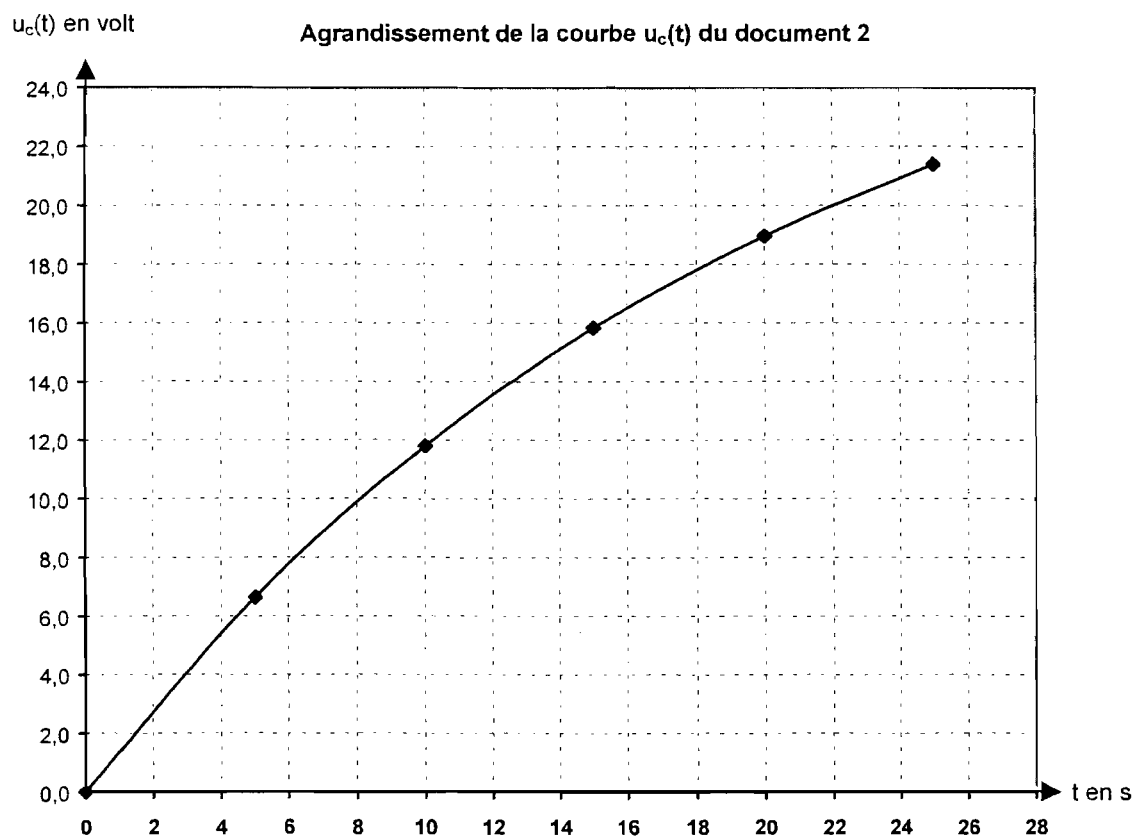


Document 3

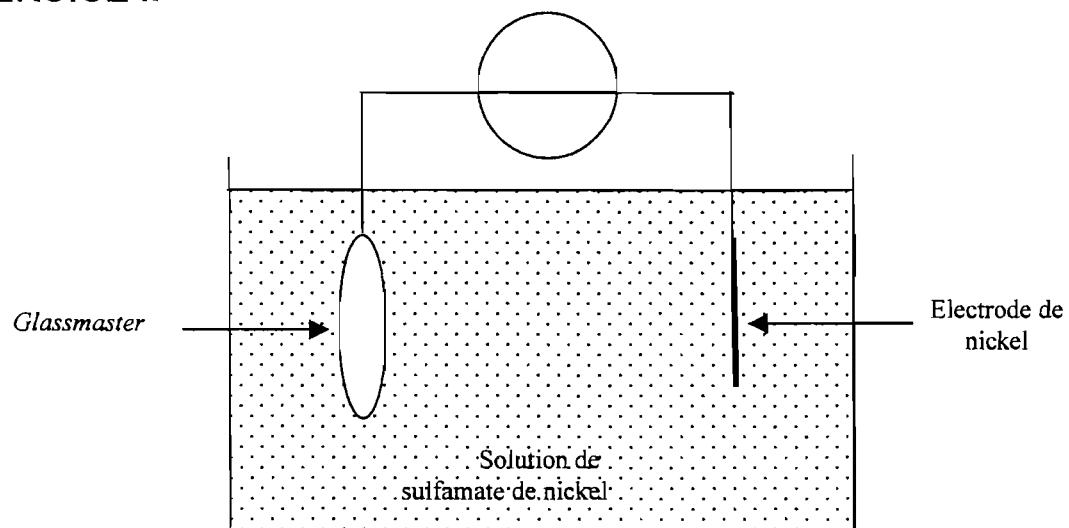
t (s)	0	2	4	6	8	10	12	...	20
u _c (t)	0			8,14	10,3	12,3	14,1	...	19,6
$\left(\frac{du_c(t)}{dt}\right)$	1,50			1,09	0,99	0,89	0,80	...	0,52

ANNEXE 2 : A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE I : Document 4



EXERCICE II



OBLIGATOIRE

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE - CHIMIE

SÉRIE S

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

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE
11 pages numérotées de 1 à 11.

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

- Exercice 1 : Recherche d'un modèle de force de frottement (6 points)
- Exercice 2 : Evolution de la réaction de l'ammoniac avec l'eau (6 points)
- Exercice 3 : Scintigraphie thyroïdienne (4 points)

L'annexe page 9/11 est à remettre avec la copie.

CODE ÉPREUVE :		EXAMEN : Bac	SPECIALITE : Série S	
Session 2005	<u>SUJET</u>	ÉPREUVE : Sciences Physiques		
Durée : 3 h 30		Coefficient : 6		Page : 1/11

EXERCICE 1 : RECHERCHE D'UN MODELE DE FORCE DE FROTTEMENT (5,5 POINTS)

Données pour l'exercice :

- Volume de la bille en acier : $V = 0,52 \text{ cm}^3$
- Masse volumique de l'acier : $\rho_A = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Masse volumique de l'huile : $\rho_H = 920 \text{ kg/m}^3$
- Accélération de la pesanteur au lieu de l'expérience : $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

On réalise la chronophotographie de la chute d'une bille sphérique en acier dans l'huile. Pour ce faire, on filme la bille dans une éprouvette remplie d'huile, avec un caméscope numérique au rythme de 50 images par seconde. Grâce à un traitement adéquat des images, on obtient le document 1 (page 4). On repère ensuite la position, sur chaque image, du centre d'inertie de la bille : M_0 correspond à sa position initiale, celle-ci étant lâchée, à un instant t_0 pris comme origine des dates, sans vitesse initiale.

A. Exploitation de l'enregistrement

- A-1.** En vous aidant des documents 1 et 2 (page 4 et 5), préciser les caractéristiques du mouvement de la bille entre les positions M_{15} et M_{21} . Quelle est la loi de Newton ainsi illustrée?
- A-2.** A partir des conditions de prise de vue données ci-dessus, justifier les valeurs qui apparaissent dans la colonne temps **t (ms)** du tableau du document 2.

B. Étude cinématique

Le point M_0 étant pris comme origine des espaces et des temps ($y = 0$ et $t = 0$), on repère les différentes hauteurs réelles de chute de la bille dans l'huile, notées **y**, aux dates **t** correspondantes. On calcule alors les vitesses correspondantes. Les différentes grandeurs sont notées dans le tableau du document 2.

- B-1.** Calculer la vitesse de la bille pour la position M_6 .
- B-2.** Calculer l'accélération de la bille pour la position M_{18} . Le résultat obtenu est-il compatible avec celui obtenu au A-1 ? Argumenter la réponse.

N.B. : Pour les questions B-1 et B-2, on aura soin de préciser scrupuleusement la méthode employée pour déterminer les valeurs de la vitesse et de l'accélération aux points demandés.

C. Étude dynamique

- C-1.** Sur un schéma, faire figurer, sans souci d'échelle, toutes les forces s'exerçant au centre d'inertie G de la bille tombant dans l'huile.
- C-2.** Calculer la masse **m** de la bille.
- C-3.** Donner l'expression littérale de la poussée d'Archimède, P_A , s'exerçant sur la bille plongée dans l'huile. Calculer sa valeur.

D. Équation différentielle du mouvement de la bille

Soit f l'intensité de la force de frottement à laquelle est soumise la bille en mouvement dans l'huile.

D-1. Par application du théorème du centre d'inertie que l'on énoncera, établir que le mouvement de la bille obéit à une équation différentielle du type : $\frac{dv}{dt} + \frac{f}{m} = A$, où A est une constante et v la vitesse de la bille.

D-2. Donner l'expression littérale de A puis calculer sa valeur. Préciser son unité.

E. Recherche de modèles pour la force de frottement

On se propose de déterminer expérimentalement si l'intensité de la force de frottement f à laquelle est soumise la bille en mouvement dans l'huile est de la forme $f = k_1 \cdot v$ ou $f = k_2 \cdot v^2$, k_1 et k_2 étant des constantes, et v étant la vitesse de la bille.

On utilise un tableur pour représenter la vitesse de la bille en fonction du temps. On obtient le graphe du document 3 (page 6) : les points expérimentaux obtenus y sont représentés sous forme de losange. On détermine ainsi la valeur de la vitesse limite de chute de la bille : $v_{\text{lim}} = 0,95 \text{ m/s}$.

E-1. Première hypothèse : $f = k_1 \cdot v$.

E-1. a) Montrer que l'équation différentielle précédente peut alors se mettre sous la forme : $\frac{dv}{dt} + B_1 \cdot v = A$ où A est la constante déterminée dans la partie D.

E-1. b) Lorsque la vitesse de la bille atteint la vitesse limite v_{lim} , que devient le terme $\frac{dv}{dt}$ de l'équation différentielle précédente ? En déduire l'expression littérale de B_1 en fonction de A et v_{lim} . Calculer alors la valeur de la constante k_1 , et préciser son unité.

E-2. Deuxième hypothèse : $f = k_2 \cdot v^2$.

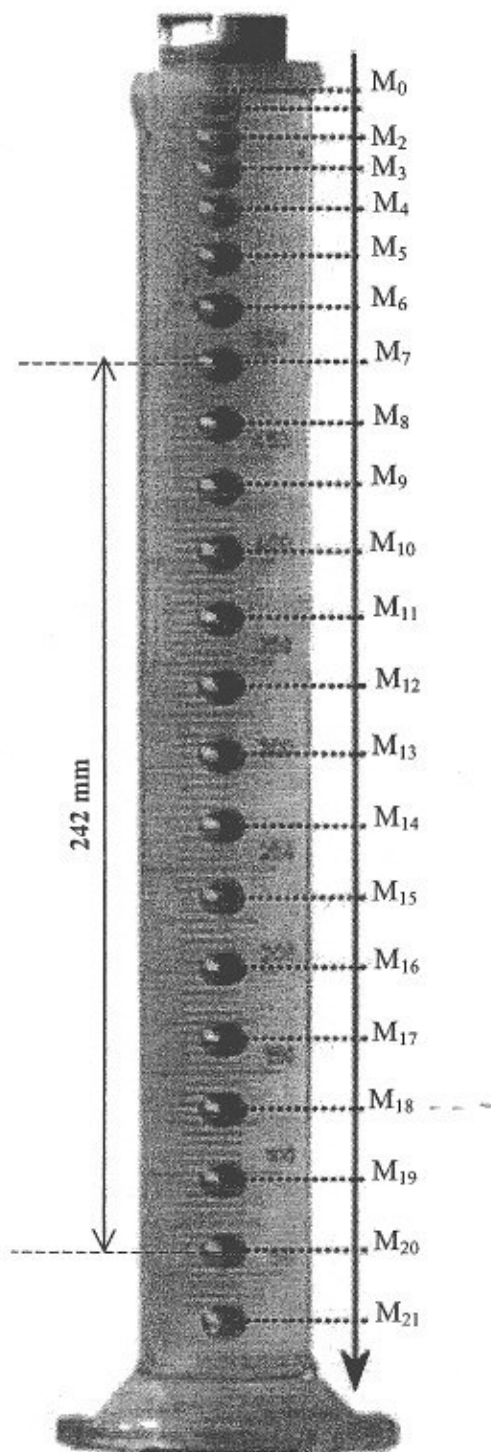
Dans ce cas, l'équation différentielle se met sous la forme : $\frac{dv}{dt} + B_2 \cdot v^2 = A$

Déterminer l'expression littérale de B_2 en fonction de A et v_{lim} . Calculer alors la valeur de la constante k_2 et préciser son unité.

E-3. Comparaison des deux modèles précédents :

Grâce au tableur et à la méthode d'Euler, on détermine les courbes théoriques correspondant aux deux modèles précédents. Le premier modèle noté « **modèle n°1** » sur le document 3 (page 6) correspond à l'hypothèse d'une force de frottement du type $f = k_1 \cdot v$. Le second modèle noté « **modèle n°2** » correspond à l'hypothèse d'une force de frottement du type $f = k_2 \cdot v^2$.

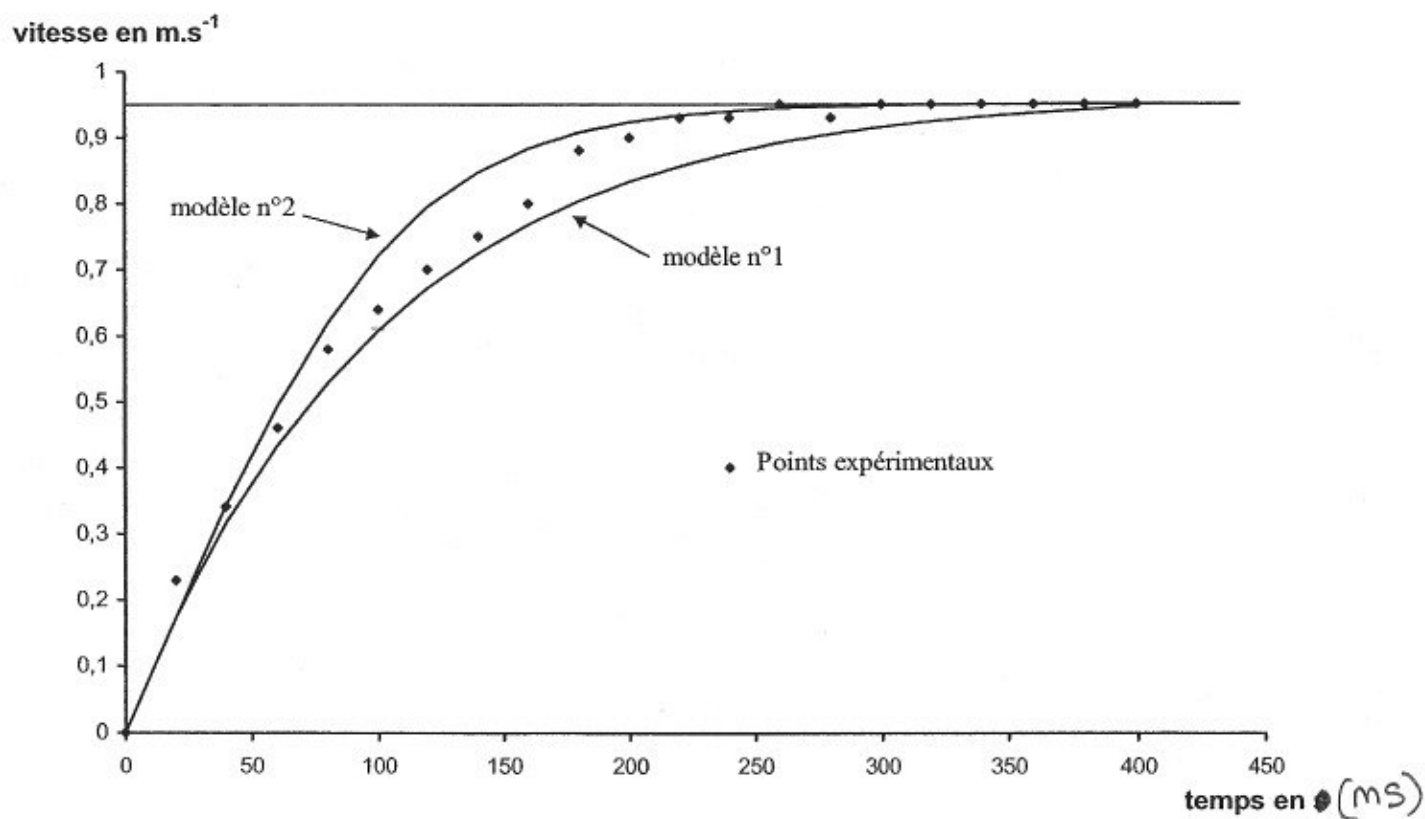
En vous aidant du document 3, préciser les domaines de vitesse, sous forme d'un encadrement, pour lesquels chacun des deux modèles précédents semble coïncider le mieux avec les points expérimentaux.



Document 1 : chronophotographie de la chute d'une bille d'acier dans l'huile.

Positions de la bille	t (ms)	y (mm)	v (m/s)
M0	0	0,0	0,00
M1	20	4,5	0,23
M2	40	9,0	0,34
M3	60	18,0	0,46
M4	80	27,5	0,58
M5	100	41,0	0,64
M6	120	53,0	
M7	140	69,0	0,75
M8	160	83,0	0,80
M9	180	101,0	0,88
M10	200	118,0	0,90
M11	220	137,0	0,93
M12	240	155,0	0,93
M13	260	174,0	0,95
M14	280	193,0	0,93
M15	300	211,0	0,95
M16	320	231,0	0,95
M17	340	249,0	0,95
M18	360	269,0	0,95
M19	380	287,0	0,95
M20	400	307,0	0,95
M21	420	325,0	

Document 2 : tableau donnant la vitesse de la bille suivant sa position



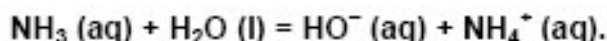
Document 3 : Courbes théoriques et points expérimentaux.

EXERCICE 2 : EVOLUTION DE LA REACTION DE L'AMMONIAC AVEC L'EAU

Une bouteille d'ammoniaque du commerce comporte l'indication 22 ° Bé, ce qui correspond à une concentration molaire $C_0 = 10,9 \text{ mol.L}^{-1}$.

Cette solution sera nommée S_0 .

Dans une solution aqueuse d'ammoniac, l'équilibre entre l'ammoniac NH_3 et les ions ammonium NH_4^+ s'écrit :



Données (valeurs à 25 °C):

Quotient de la réaction de l'ammoniac avec l'eau à l'équilibre : $Q_{r,\text{eq}} = 1,58 \cdot 10^{-5}$

Produit ionique de l'eau : $K_e = 1,00 \cdot 10^{-14}$

1^{ère} partie : Détermination du quotient de réaction par pHmétrie :

La « basicité » de la solution S_0 étant trop élevée pour être mesurée directement au pHmètre, on prépare 50,0 mL d'une solution diluée S_1 de concentration $C_1 = C_0 / 10$.

Le pH mesuré de S_1 est 11,62.

- 1) Quel volume de la solution S_0 doit-on prélever pour préparer la solution S_1 ?
- 2) Proposer un mode opératoire pour préparer la solution S_1 .
- 3) Montrer que la concentration en ion hydroxyde dans la solution S_1 est :
 $[\text{HO}^-]_{(S1)} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
- 4) Compléter le tableau d'avancement donné en annexe pour la réaction de l'ammoniac avec l'eau dans la solution S_1 en considérant un volume $V_1 = 1,0 \text{ L}$.
- 5) En déduire la valeur du taux d'avancement final τ_1 . Commenter le résultat obtenu.
- 6) Calculer le quotient de réaction $Q_{r,1}$ à l'état final et montrer que le système est à l'équilibre aux incertitudes de mesure près.

2^{ème} partie : Détermination du taux d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau par conductimétrie :

Valeurs des conductivités molaires ioniques à 25 °C :

$$\lambda^\circ (\text{HO}^-) = 19,9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} \quad \lambda^\circ (\text{NH}_4^+) = 7,34 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

L'expression de la conductivité d'une solution $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$ n'est valide qu'en solution très diluée. A partir de la solution S_1 d'ammoniac, on prépare une solution fille, nommée S_2 de concentration $C_2 = C_1/100 = C_0/1000$.

A) Hypothèse: On fait l'hypothèse que les quantités de matière des espèces en solution n'ont pas changé lors de la dilution.

- 1) En déduire l'expression littérale de la concentration $[\text{HO}^-]_{(\text{hvd})}$ en fonction de $[\text{HO}^-]_{(S1)}$, de même pour $[\text{NH}_4^+]_{(\text{hvd})}$ en fonction de $[\text{NH}_4^+]_{(S1)}$ et $[\text{NH}_3]_{(\text{hvd})}$ en fonction de $[\text{NH}_3]_{(S1)}$.

- 2) Montrer que le quotient de réaction $Q_{r,hyp}$ obtenu avec cette hypothèse est égal à $Q_{r,1}/100$.
- 3) Le comparer à $Q_{r,eq}$. En déduire si l'hypothèse est effectivement vérifiée. Sinon dans quel sens évolue le système lors de la dilution ? Justifier.

B) Conductimétrie:

Pour confirmer ou infirmer l'hypothèse précédente, on mesure la conductivité σ de la solution S_2 : $\sigma = 0,114 \text{ mS.cm}^{-1}$.

- 1) Donner la valeur de σ dans le système international.
- 2) Exprimer la conductivité σ de la solution S_2 en fonction des conductivités molaires ioniques et des concentrations effectives $[\text{NH}_4^+]_{(S_2)}$ et $[\text{HO}^-]_{(S_2)}$, dans cette solution.
- 3) En utilisant le tableau d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau et les données du texte en déduire $[\text{HO}^-]_{(S_2)}$.
- 4) Calculer le taux d'avancement final τ_2 de la réaction de l'ammoniac sur l'eau.
- 5) La dilution de la solution mère agit-elle sur le taux d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau ? Si oui dans quel sens. L'hypothèse émise dans la partie 1 est-elle confirmée ?

ANNEXE DE L'EXERCICE 2
(A REMETTRE AVEC LA COPIE)

Tableau d'avancement exprimé en moles pour un volume $V'_1 = 1,0 \text{ L}$.

<u>Etat</u>	<u>Avancement</u>	NH_3	+	H_2O	=	HO^-	+	NH_4^+
initial	0	$n_1 =$						
intermédiaire	x							
final	$x_f =$							
maximal	$x_{\text{max}} =$							

e
x
c
è
s

Données : Numéro atomique de l'élément iode : $Z(I) = 53$.

La thyroïde est une glande, située dans la région cervicale antérieure, appliquée contre le larynx et la partie supérieure de la trachée. La fonction principale de cette glande est la sécrétion des hormones thyroïdiennes à partir de l'iode alimentaire qui se fixe temporairement sur cette glande.

De petite taille, pesant 15 à 25 g chez l'adulte et mesurant environ 4 cm en largeur et 3 cm en hauteur, elle n'est normalement pas, ou à peine, palpable. Mais elle peut s'hypertrophier, soit de manière plus ou moins diffuse et homogène, soit de manière localisée avec la formation de **nodule(s)**. Ces nodules peuvent principalement être de deux sortes : hypofixant ou hyperfixant. Ils sont dits hypofixants s'ils fixent peu d'iode par rapport au reste de la thyroïde. Inversement, ils sont dits hyperfixants s'ils fixent plus d'iode que le reste de la thyroïde.

Ce sont ces nodules qu'il faut déceler pour traiter le patient si nécessaire. Ceci est réalisé à l'aide de traceurs radioactifs, les isotopes ^{123}I et ^{131}I , de constantes radioactives respectives $\lambda_{123} = 1,459 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ et $\lambda_{131} = 1,001 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$. Ces isotopes sont en effet des émetteurs de rayons gamma pouvant être détectés par un appareil de mesure appelé "détecteur à scintillations". La condition pour que l'appareil de mesure utilisé ici compte les rayons gamma, est que ceux-ci aient une énergie supérieure à 20 eV. Il en résulte alors une image reconstituée de l'organe étudié, sur laquelle les zones foncées représentent les zones de l'organe fortement émettrices en rayons gamma. La scintigraphie est donc une sorte de photographie.

Lorsque l'analyse est pressée, on préfère utiliser l'isotope ^{123}I qui nécessite un temps de pose de l'ordre du quart d'heure. On injecte alors, au patient, une dose de ^{131}I , d'activité $A = 7,0 \text{ MBq}$, contenu dans une solution d'iodure de sodium NaI où l'iode est le traceur radioactif. On laisse alors l'iode se fixer, soit environ 4 heures, temps au bout duquel on réalise la scintigraphie.

1) Choix de l'isotope ^{123}I :

- L'isotope ^{123}I est préparé par réaction nucléaire entre un deutérium ^2_1H de haute énergie, et du tellure $^{122}_{52}\text{Te}$. Ecrire l'équation correspondante. Préciser les lois de conservation utilisées et le nom de la particule émise.
- Calculer le temps de demi-vie des deux isotopes. Quel peut être alors l'avantage d'utiliser l'isotope ^{123}I par rapport au ^{131}I ? Justifier.

2) Administration de l'iode à un ensemble de patients.

L'hôpital commande un flacon d'une solution de Nal avec de l'iode ^{123}I , pour l'utiliser sur plusieurs patients.

Pour des raisons pratiques, les injections sont effectuées toutes les 30 minutes.

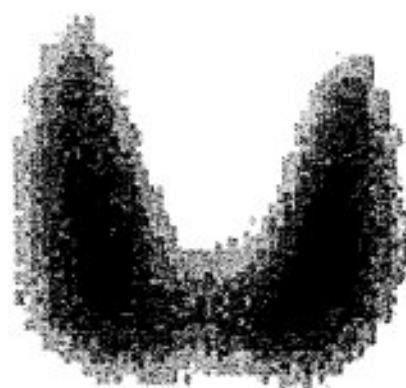
La première injection a lieu le matin à 9 h. Juste avant cette injection, l'activité du flacon de l'hôpital est de 28,5 MBq.

A chaque injection, on prélève une dose d'activité égale à 7 MBq.

- Quelle est l'activité de la solution restant dans le flacon juste après l'injection (supposée instantanée) au premier patient ?
- Calculer la valeur de $e^{-\lambda \cdot \Delta t}$, si $\Delta t = 30$ min.
En déduire l'activité du flacon à 9h30, juste avant l'injection au second patient.
- Les injections suivantes ont lieu toutes les demi-heures. Combien de patients pourront alors recevoir la dose nécessaire (7 MBq) à la réalisation d'une scintigraphie ?

3) Précaution et analyse des images obtenues.

- Quel est le nombre de noyaux radioactifs N_0 injectés à chaque patient ?
- Il est courant de réaliser une deuxième injection aux patients, afin de vérifier que le traitement a été efficace. On estime qu'entre 2 injections à un patient, il doit s'écouler environ 6 semaines afin que la première n'influence pas la scintigraphie de la deuxième. Montrer que la première injection n'a alors aucune influence sur la scintigraphie qui suit la deuxième injection.
- La scintigraphie permet d'obtenir les images ci-dessous. On y trouve notamment une thyroïde comportant un nodule, puis cette thyroïde après traitement. S'agit-il d'un nodule hyperfixant ou hypofixant ? Justifier.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Obligatoire

SESSION 2005

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

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

**L'usage de la calculatrice n'est pas autorisé.
Les valeurs numériques nécessaires sont données en début de chaque exercice.**

Ce sujet comporte 2 exercices de PHYSIQUE et 1 exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte 2 annexes.

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

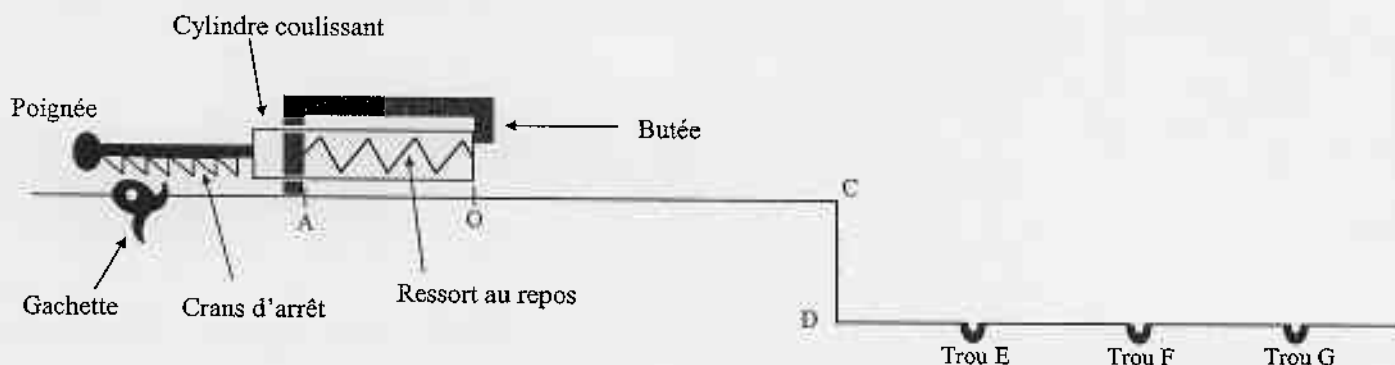
- I. Jeu de fête foraine
- II. Détermination d'une constante d'équilibre par deux méthodes
- III. Sonde thermique

Une feuille de papier millimétré est nécessaire pour l'exercice III.

Exercice n°1 (5,5 points)

JEU DE FÊTE FORAINE

Le but du jeu est d'envoyer une bille d'acier dans un trou. Pour lancer la bille, le joueur comprime un ressort, à spires non jointives, qui va la propulser lors de la détente. La bille roule ensuite sur un plan horizontal suivant la droite (AC), quitte ce plan pour chuter dans un des trous du sol. Le schéma du dispositif est représenté ci-dessous : (schéma non à l'échelle).



Étudions le mouvement de la bille, objet ponctuel, dans un référentiel terrestre supposé galiléen. On néglige les frottements.

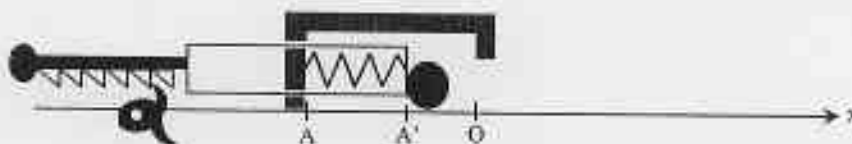
Données :

- intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- masse de la bille : $m = 10 \text{ g}$
- constante de raideur du ressort : $k = 25 \text{ N.m}^{-1}$
- masse du ressort : négligeable devant la masse de la bille.

Aide mathématique : $\sqrt{10^n} = 10^{\frac{n}{2}}$

1. PROPULSION DE LA BILLE

Initialement, le ressort est au repos. Le joueur tire la poignée (compression du ressort) et la bloque avec la gâchette. Il place la bille contre le cylindre en A', abscisse $x_{A'} = -10 \text{ cm}$ sur l'axe (Ox).



- 1.1. Exprimer et calculer l'énergie potentielle élastique $E_{pe}(A')$ acquise par le ressort une fois comprimé. (Donner la valeur de $E_{pe}(A')$ avec deux chiffres significatifs)

Le joueur appuie sur la gâchette, le ressort se détend et reprend sa position initiale ; le cylindre arrête son mouvement sur la butée. La bille reste en contact avec le cylindre durant la détente jusqu'au point O. La bille se déplaçant sur un plan horizontal, son énergie potentielle de pesanteur est constante et on la prendra égale à zéro.

- 1.2. Quelle forme d'énergie acquiert la bille lors de la détente du ressort ?
Donner son expression littérale en précisant les unités.

- 1.3. Donner l'expression littérale de l'énergie mécanique du système {ressort-bille}.

5PYOSAG1

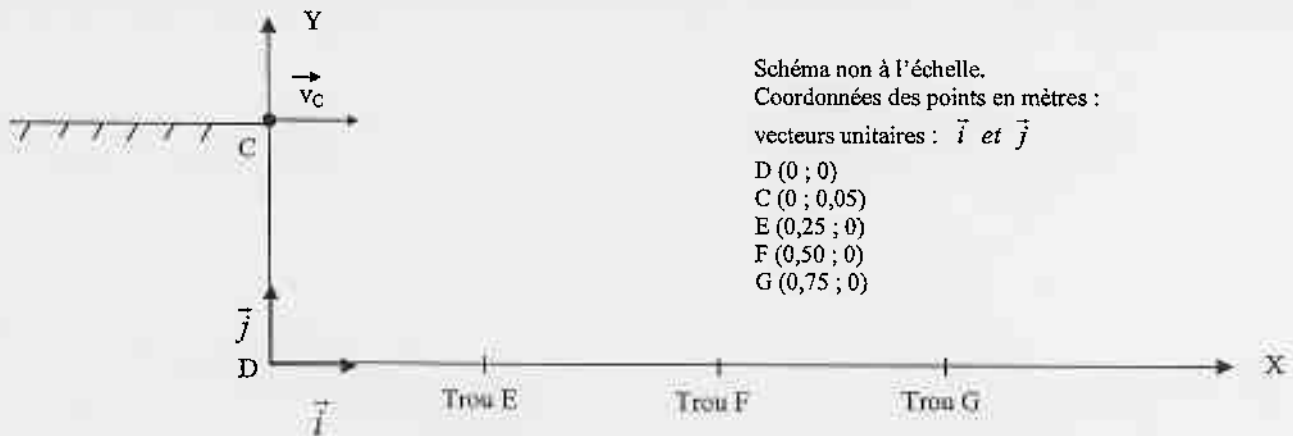
- 1.4. Que peut-on dire de l'énergie mécanique sachant que les frottements sont négligeables ?
- 1.5. Quelle est la valeur de l'énergie cinétique de la bille arrivée au point O ? Justifier la réponse.
- 1.6. Déduire l'expression littérale de la vitesse v . Calculer la valeur de la vitesse de la bille v_O au point O.

La bille se déplace ensuite jusqu'au point C suivant la droite (OC).

- 1.7. La vitesse de la bille en C est-elle égale à la vitesse v_O ? Justifier la réponse.

2. CHUTE DE LA BILLE

La bille quitte à la date $t = 0$ le plan en C avec une vitesse v_C égale à $5,0 \text{ m.s}^{-1}$ et de direction horizontale.



- 2.1. Établir l'expression vectorielle de l'accélération de la bille à partir du bilan des forces.
- 2.2. Donner les composantes du vecteur accélération dans le repère orthonormé (D,X,Y).
- 2.3. Établir les équations-horaires littérales $X(t)$ et $Y(t)$ du mouvement.
- 2.4. Déterminer les expressions littérale et numérique de l'équation $Y(X)$ de la trajectoire de la bille.
- 2.5. En déduire l'abscisse du trou dans lequel tombe la bille.

Exercice n°2 (6,5 points)

DÉTERMINATION D'UNE CONSTANTE D'ÉQUILIBRE PAR DEUX MÉTHODES

Quelques valeurs numériques pouvant aider à la résolution des calculs :

$\log(2,0 \cdot 10^{-4}) = -3,7$	$\frac{2}{2,3} = 0,87$	$\frac{2}{2,7} = 0,74$	$\frac{2}{3} = 0,67$	$(10^a)^b = 10^{ab}$
$1,0 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-4}$	$(1,25)^2 = 1,56 \approx 1,6$	$\frac{4}{2,5} = 1,6$	$\frac{5}{4} = 1,25$	$\frac{100}{1,25} = 80$

1. LA TRANSFORMATION CHIMIQUE ÉTUDIÉE

L'acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$, également appelé acide acétique, réagit de façon limitée avec l'eau selon l'équation chimique : $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} = \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$

- 1.1. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.
- 1.2. Dans l'équation ci-dessus, identifier puis écrire les deux couples acide/base mis en jeu.
- 1.3. Exprimer la constante d'équilibre K associée à l'équation de cet équilibre chimique.

2. ÉTUDE pH-MÉTRIQUE

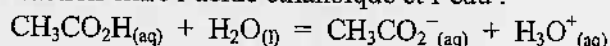
Une solution d'acide éthanoïque, de concentration molaire initiale $c_1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ et de volume $V_1 = 100 \text{ mL}$ a un pH de 3,70 à 25°C.

- 2.1. Déterminer la quantité de matière initiale d'acide éthanoïque n_1 .
- 2.2. Compléter le tableau d'avancement joint en **annexe 1** (à rendre avec la copie) en fonction de n_1 , x_{max} ou x_f . Exprimer puis calculer l'avancement maximal théorique noté x_{max} . Justifier la réponse.
- 2.3. Dédurre, de la mesure du pH, la concentration molaire finale en ions oxonium de la solution d'acide éthanoïque.
Exprimer puis calculer l'avancement final expérimental de la réaction noté x_f .
- 2.4. Donner l'expression littérale du taux d'avancement final τ , de la réaction. Vérifier, en posant l'opération, que τ est égal à $7,4 \cdot 10^{-2}$.
La transformation étudiée est-elle totale ? Justifier la réponse.
- 2.5.1. Exprimer puis calculer la concentration molaire finale en ions éthanoate $\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})}$.
- 2.5.2. Exprimer la concentration molaire finale effective de l'acide éthanoïque $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}]_f$. Calculer sa valeur.
- 2.6. Vérifier, en posant l'opération, que la valeur de la constante d'équilibre K_1 associée à l'équation de cet équilibre chimique est égale à $1,6 \cdot 10^{-5}$.

3. ÉTUDE CONDUCTIMÉTRIQUE

On mesure ensuite, à 25°C, la conductivité d'une solution d'acide éthanoïque de concentration $c_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Le conductimètre indique : $\sigma = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$.

On rappelle l'équation de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau :



- 3.1. On néglige toute autre réaction chimique. Citer les espèces ioniques majoritaires présentes dans cette solution.
Donner la relation liant leur concentration molaire.

5PYOSAG1

3.2. Donner l'expression littérale de la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations molaires finales en ions oxonium et en ions éthanoate.

3.3. Donner l'expression littérale permettant d'obtenir les concentrations molaires finales ioniques en fonction de σ , $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$, $\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-}$.

Déterminer la valeur de la concentration molaire finale en ions oxonium et éthanoate en mol.m^{-3} , puis en mol.L^{-1} .

Données : $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35,9.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$, $\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} = 4,1.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

3.4. L'expérimentateur affirme que dans le cas présent, la solution d'acide éthanoïque est suffisamment concentrée pour pouvoir faire les approximations suivantes :

Approximation 1 : la concentration molaire finale en ions éthanoate est négligeable devant la concentration initiale en acide éthanoïque. Ceci se traduit par l'inégalité: $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_f < \frac{c_2}{50}$

Approximation 2 : la concentration molaire finale en acide éthanoïque est quasiment égale à la concentration molaire initiale en acide éthanoïque : $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}]_f \approx c_2$

3.4.1. Comparer les valeurs de c_2 et $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_f$ (calculée à la question 3.3.). L'approximation n°1 est-elle justifiée ?

3.4.2. En supposant que l'approximation n°2 soit vérifiée, que peut-on dire de la dissociation de l'acide ? En déduire si la transformation chimique est totale, limitée ou très limitée. Justifier la réponse.

3.4.3. En tenant compte de l'approximation n°2, vérifier, en posant l'opération, que la valeur de la constante d'équilibre K_2 associée à l'équation de cet équilibre chimique est égale à $1,56.10^{-5}$.

3.4.4. Vérifier que le taux d'avancement final de la réaction τ_2 est égal à $1,25.10^{-2}$.

4. CONCLUSION : COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS

On vient d'étudier deux solutions d'acide éthanoïque de concentrations initiales différentes. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

	Concentration molaire initiale d'acide éthanoïque	Constante d'équilibre	Taux d'avancement final
Étude pHmétrique	$c_1 = 2,7.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$K_1 = 1,6.10^{-5}$	$\tau_1 = 7,40.10^{-2}$
Étude conductimétrique	$c_2 = 1,0.10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$	$K_2 \approx 1,6.10^{-5}$	$\tau_2 = 1,25.10^{-2}$

4.1. La constante d'équilibre K dépend-elle de la concentration initiale en acide éthanoïque ? Justifier la réponse à partir du tableau.

4.2. Le taux d'avancement final d'une transformation chimique limitée dépend-il de l'état initial du système chimique ? Justifier la réponse à partir du tableau.

4.3. Un élève propose les deux affirmations suivantes. Préciser si elles sont justes ou fausses, une justification est attendue.

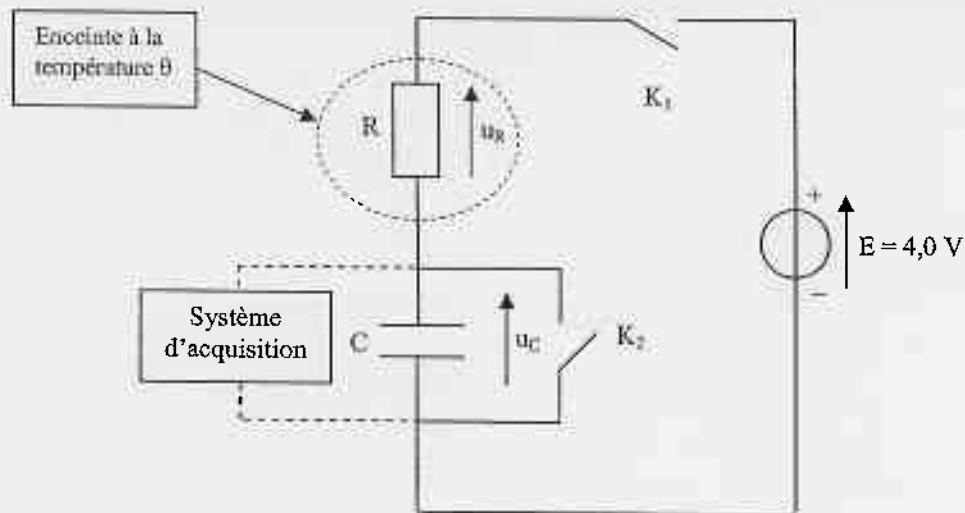
Affirmation 1 : Plus l'acide est dissocié et plus le taux d'avancement final τ est grand.

Affirmation 2 : Plus la solution d'acide éthanoïque est diluée, moins l'acide est dissocié.

Exercice n°3 (4 points)

SONDE THERMIQUE

On peut constituer une sonde thermique à l'aide d'un dipôle (R,C) série. On réalise le circuit suivant :



Le condensateur a une capacité $C = 1,0 \mu\text{F}$.

Le conducteur ohmique est une thermistance : la valeur R de sa résistance dépend de la température. On le place dans une enceinte dont la température interne est notée θ .

Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension u_C aux bornes du condensateur.

Aide mathématique :

$0,63 \times 4,0 = 2,5$	$0,37 \times 4,0 = 1,5$	$e^0 = 1$	$\lim_{x \rightarrow -\infty} e^x = 0$
-------------------------	-------------------------	-----------	--

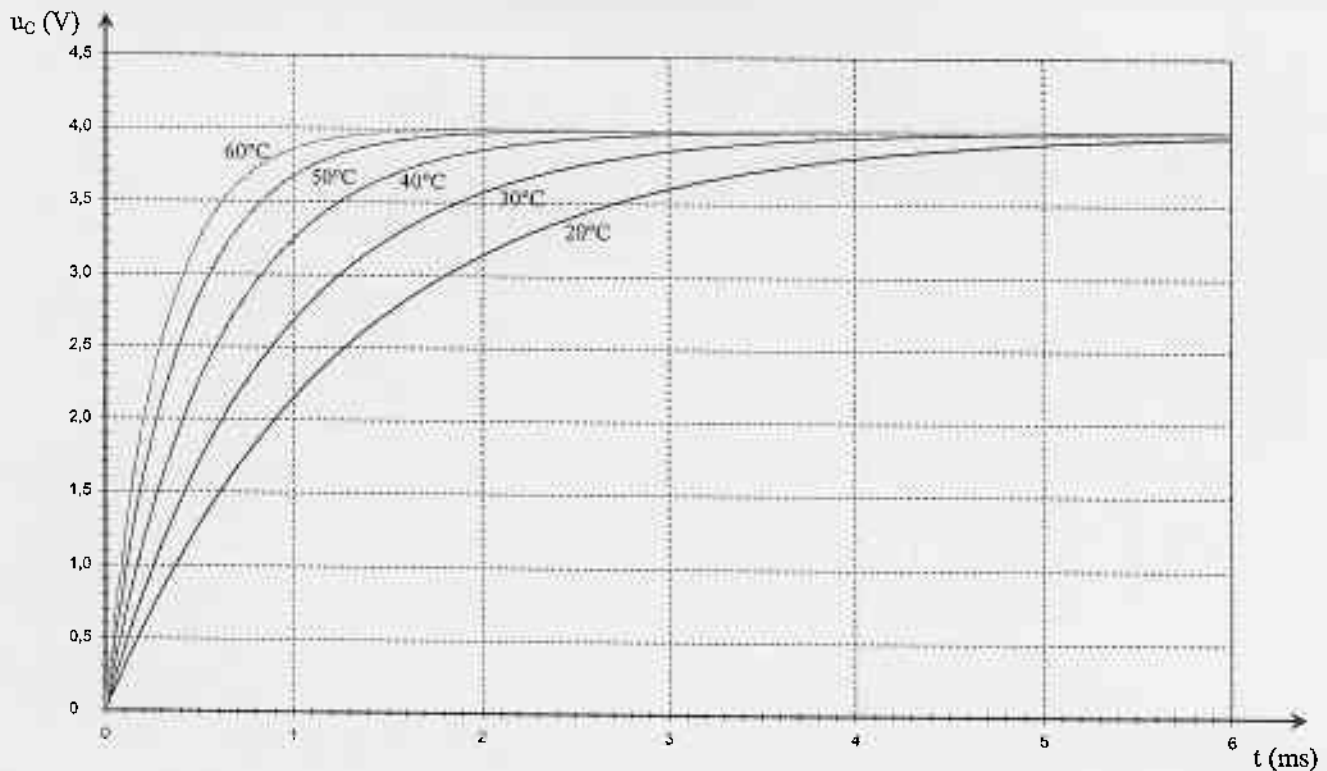
1. Étalonnage de la sonde

Protocole expérimental :

On souhaite tracer la courbe de l'évolution de la valeur de la résistance de la thermistance en fonction de la température. On réalise le protocole suivant :

Le condensateur est initialement déchargé et les deux interrupteurs K_1 et K_2 sont ouverts. À $t = 0$, on ferme K_1 et on enregistre l'évolution de la tension u_C jusqu'à la fin de la charge du condensateur. Ensuite, on ouvre K_1 et on ferme K_2 : le condensateur se décharge complètement. On ouvre enfin K_2 .

On modifie la température de l'enceinte et on recommence le protocole précédent. On opère pour plusieurs valeurs de température et on obtient le graphique suivant :



À l'aide des résultats expérimentaux, étudions la charge du condensateur.

- 1.1. Établir la relation entre la tension E aux bornes du générateur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique et la tension u_C aux bornes du condensateur.
- 1.2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C pendant la phase de charge.
- 1.3. La solution analytique de cette équation est de la forme : $u_C = A + B e^{-t/(RC)}$
 - 1.3.1. En tenant compte des conditions finales de la charge, déterminer A .
 - 1.3.2. En tenant compte des conditions initiales de la charge, déterminer B .
 - 1.3.3. Dédire l'expression de u_C .
- 1.4. On donne l'expression de la constante de temps du dipôle (R,C) : $\tau = R C$
 - 1.4.1. Vérifier par analyse dimensionnelle l'homogénéité de cette formule.
 - 1.4.2. Déterminer la valeur τ_1 de la constante de temps, relative à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, à partir du graphique. Expliquer la méthode employée.
 - 1.4.3. En déduire la valeur R_1 de la résistance correspondante.
 - 1.4.4. Procéder de la même manière pour les autres températures et compléter le tableau de l'**annexe 2** à rendre avec la copie.
 - 1.4.5. Tracer sur papier millimétré (à rendre avec la copie) la courbe d'étalonnage $R = f(\theta)$ en respectant l'échelle suivante :

abscisse : 1 cm pour 5°C
 ordonnée : 1 cm pour $0,1 \text{ k}\Omega$.

2. Mesure d'une température

Essayons la sonde thermique en la plaçant dans une enceinte de température interne θ à déterminer. On mesure la résistance de la thermistance à l'aide d'un ohmmètre et on obtient : $R = 0,50 \text{ k}\Omega$. En vous servant de la courbe d'étalonnage, déterminer la température de l'enceinte.

ANNEXE 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

	Avancement	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} = \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$			
État initial	$x = 0$		en excès		
État final théorique	$x = x_{\text{max}}$		en excès		
État final expérimental ou état d'équilibre	$x = x_f$		en excès		

ANNEXE 2 (À RENDRE AVEC LA COPIE) (Seules les cases blanches sont à compléter)

Température θ (°C)	$\theta_1 = 20$	25	30	35	40	45	50	55	60
Constante de temps τ (ms)	$\tau_1 =$								
Résistance R (k Ω)	$R_1 =$	1,07		0,74		0,49		0,34	

Exercice n°1 (7 points)

L'HYDROGÈNE : UN COMBUSTIBLE D'AVENIR ?

PREMIÈRE PARTIE : LA FUSION NUCLÉAIRE CONTRÔLÉE

Depuis plusieurs années des recherches sont menées en Europe sur les réactions de fusion nucléaire contrôlées. Elles concernent principalement les isotopes de l'hydrogène : le deutérium et le tritium.

Le mélange réagissant doit être porté à très haute température, d'où l'expression énergie thermonucléaire désignant l'énergie libérée dans ce type de réactions.

À long terme, l'énergie thermonucléaire pourra remplacer l'énergie des centrales à fission actuelles.

Données

Particules	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$ ou ${}_1^1\text{H}$	${}_{-1}^0\text{e}$
Masse en kg	$1,674\,929 \times 10^{-27}$	$1,672\,623 \times 10^{-27}$	$9,109\,390 \times 10^{-31}$
Masse en u	1,008 66	1,007 28	0,000 55

Noyaux	Hydrogène 1	Deutérium	Tritium	Hélium 3	Hélium 4
Symbole	${}_1^1\text{H}$	${}_1^2\text{H}$ ou ${}_1^2\text{D}$	${}_1^3\text{H}$	${}_2^3\text{He}$	${}_2^4\text{He}$
Masse en u	1,007 28	2,013 55	3,015 50	3,014 93	4,001 50

Unité de masse atomique	$u = 1,660\,54 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
Mégaélectronvolt	$1 \text{ MeV} = 1 \times 10^6 \text{ eV}$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

1. Éléments et noyaux :

On représente le noyau d'un atome X par le symbole ${}_Z^AX$.

- 1.1. Que représentent les deux symboles A et Z ?
- 1.2. Par quoi diffèrent les isotopes d'un même élément chimique ?
- 1.3. Donner la composition du noyau de deutérium.
- 1.4. Nommer un isotope du deutérium et donner la composition de son noyau.

2. Réactions nucléaires :

Actuellement les recherches sont menées sur un mélange deutérium – tritium ; plusieurs réactions nucléaires sont possibles.

Par exemple, avec 2 noyaux de deutérium, on peut avoir la réaction (1) : ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \text{neutron}$

ou la réaction (2) : ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + \text{proton}$

Pour chacune de ces réactions (1) et (2), donner le nom et le symbole des noyaux formés : ${}^A_Z\text{X}$ et ${}^A_Z\text{X}$.

3. Conditions :

Pour qu'une réaction de fusion puisse se produire entre deux noyaux, il faut qu'ils soient très proches. Il faut donc vaincre leur répulsion coulombienne.

3.1. Expliquer l'expression « la répulsion coulombienne ».

3.2. Quel est le signe de la charge électrique des noyaux de deutérium et de tritium ?

4. Courbe d'Aston :

Au cours des chocs, les noyaux sont dissociés en nucléons séparés puis de nouveaux noyaux sont formés. Il faut donc fournir de l'énergie au noyau pour le dissocier. Cette énergie comptée positivement est au moins égale à l'énergie de liaison des noyaux. Plus le noyau contient de nucléons, plus l'énergie de liaison est importante.

4.1. Rappeler la définition de l'énergie de liaison E_L .

4.2. Calculer en mégaelectronvolt (MeV) l'énergie de liaison du noyau de tritium.

4.3. Pour comparer la stabilité des noyaux entre eux, on utilise l'énergie de liaison par nucléon. La courbe d'Aston donnée en **annexe 1** représente l'opposée de l'énergie de liaison par nucléon ($-\frac{E_L}{A}$) en fonction du nombre de nucléons A . Indiquer sur la courbe, par des hachures, la zone où l'on trouve les noyaux les plus stables.

4.4. Parmi les réactions de fusion possibles dans les « tokamaks », la réaction entre le deutérium et le tritium libère le plus d'énergie. La réaction (3) s'écrit : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$.

L'énergie de liaison par nucléon du noyau de tritium est d'environ 2,8 MeV.

4.4.1. Repérer sur la courbe la place du noyau de tritium.

4.4.2. Comparer à partir de la courbe d'Aston l'énergie de liaison par nucléon de ${}^4_2\text{He}$ aux énergies de liaison de ${}^2_1\text{H}$ et ${}^3_1\text{H}$. Dégager l'intérêt énergétique de la réaction (3).

5. Bilan énergétique :

Montrer que l'énergie libérée par la réaction (3) vaut 17,6 MeV.

DEUXIÈME PARTIE : L'ÉLECTROLYSE DE L'EAU

La production de dihydrogène en vue d'une utilisation énergétique semble avoir de l'avenir, que ce soit avec les piles à combustibles ou les moteurs à combustion interne.

Le dihydrogène peut être produit par électrolyse. L'objet de cet exercice est d'en étudier la production.

Dans l'industrie on utilise de l'eau pure afin d'éviter que des impuretés perturbent le fonctionnement de l'électrolyse. La cellule d'électrolyse (ou électrolyseur) est constituée de deux électrodes (cathode et anode) et d'un électrolyte ; un générateur de tension continue maintient une tension de l'ordre de 2 V permettant d'avoir une intensité du courant électrique de plusieurs kiloampères.

L'équation de la réaction qui a lieu est : $2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} = 2 \text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$

1. Étude de l'électrolyse :

1.1. La réaction qui a lieu dans l'électrolyseur est-elle une réaction spontanée ? Justifier votre réponse.

1.2. Les couples d'oxydoréduction qui participent à l'électrolyse sont $\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ et $\text{H}^+_{(aq)} / \text{H}_{2(g)}$.

Écrire la demi-équation électronique correspondant à la formation du dihydrogène.

1.3. À quelle électrode se dégage le dihydrogène : cathode ou anode ? Justifier votre réponse.

1.4. À quel pôle du générateur cette électrode est-elle branchée ?

2. Intensité du courant dans l'électrolyseur :

À l'instant $t_0 = 0$, on démarre l'électrolyse. On cherche à connaître l'intensité I du courant qui circule dans l'électrolyseur et qui permet d'avoir une production horaire de dihydrogène de 5 m^3 .

À un instant t , la valeur absolue de la charge électrique Q transportée dans l'électrolyseur est donnée par la relation $Q = I \Delta t$ avec $\Delta t = (t - t_0)$.

2.1. On considère la demi-équation électronique correspondant à la formation du dihydrogène. On appelle x l'avancement à l'instant t de la formation du dihydrogène. Donner la relation entre la quantité de matière de dihydrogène formée $n(\text{H}_2)$ et l'avancement x .

2.2. Donner la relation entre la quantité d'électrons mise en jeu n_e et l'avancement x à l'instant t .

2.3. Donner l'expression de la valeur absolue de la charge électrique Q à l'instant t , en fonction de l'avancement x .

2.4. En utilisant les relations précédentes, montrer que l'intensité I du courant qui a circulé dans l'électrolyseur pour produire la quantité de matière de dihydrogène $n(\text{H}_2)$ est : $I = \frac{2F \cdot n(\text{H}_2)}{\Delta t}$

Avec F , le faraday, représentant la charge électrique transportée par une mole d'électrons.

2.5. On rappelle que la quantité de matière d'un gaz est proportionnelle au volume occupé par le gaz :

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_{\text{molaire}}}$$

Calculer la valeur de l'intensité I du courant qui circule dans l'électrolyseur quand le débit horaire de dihydrogène est de 5 m^3 .

Données : Dans les conditions de l'électrolyse : $V_{\text{molaire}} = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$; $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Exercice n° 2 (5 points)

VOYAGE ATOUR DE SATURNE

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens nous a livré ses premiers clichés des anneaux de Saturne.

Elle a également photographié Titan, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance R_T de Saturne. L'excentricité orbitale des satellites étant très faible, on supposera leurs trajectoires circulaires.

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes.

On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

Données : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ S.I. : constante de gravitation universelle.
Concernant Titan : $R_T = 1,22 \times 10^6$ km (rayon de l'orbite de Titan).
Concernant Saturne : $R_S = 6,0 \times 10^4$ km (rayon de la planète Saturne).
 $T_S = 10$ h 39 min (période de rotation de Saturne sur elle-même).
 $M_S = 5,69 \times 10^{26}$ kg (masse de Saturne).

1. Quelques caractéristiques de Titan :

1.1. Forces

On considère que la seule force gravitationnelle exercée sur Titan provient de Saturne.

- 1.1.1. Nommer la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) au satellite Titan, de masse M_T .
- 1.1.2. Représenter qualitativement sur un schéma, Saturne, Titan, et la(les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) sur Titan.
- 1.1.3. Donner l'expression vectorielle de cette(ces) force(s).

1.2. Accélération et vitesse

On étudie le mouvement du centre d'inertie T de Titan. S est le centre d'inertie de Saturne. Soit $\vec{u}$ le vecteur unitaire porté par la droite ST dirigée de S vers T.

- 1.2.1. Exprimer son accélération vectorielle $\vec{a}$ en précisant la loi utilisée.
- 1.2.2. On se place dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$ centrée en T dans laquelle $\vec{t}$ est un vecteur unitaire porté par la tangente à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à $\vec{t}$ et dirigé vers l'intérieur de la trajectoire ($\vec{n} = -\vec{u}$).
On donne l'expression de $\vec{a}$ dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$: $\vec{a} = a_t \vec{t} + a_n \vec{n}$.
Donner les expressions littérales de a_t et de a_n en fonction de la vitesse v du satellite.
- 1.2.3. À quelle composante se réduit l'accélération vectorielle $\vec{a}$ de Titan dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$? Compléter alors le schéma précédent, avec la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$ et l'accélération $\vec{a}$ de Titan.

1.3. Type de mouvement

1.3.1. Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.

1.3.2. Retrouver l'expression de la vitesse de Titan sur son orbite autour de Saturne : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R_T}}$

2. D'autres satellites de Saturne :

Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005.

On peut considérer que dans le référentiel saturno-centrique, Encelade a un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est $T_E=1,37$ et le rayon est R_E .

2.1. Loi de Kepler

La relation qui lie la période T de révolution d'un satellite, sa vitesse v et le rayon R de son orbite est

$T = \frac{2 \pi R}{v}$. Sa vitesse de révolution autour de Saturne est donnée par : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R}}$.

2.1.1. Retrouver la troisième loi de Kepler $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$.

2.1.2. Utiliser la troisième loi de Kepler pour déterminer la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade.

3. Sonde saturno-stationnaire :

On cherche dans cette partie à déterminer l'altitude h à laquelle devrait se trouver la sonde Cassini pour être saturno-stationnaire (immobile au-dessus d'un point de l'équateur de Saturne).

3.1. Quelle condition doit-on avoir sur les périodes T_S (rotation de Saturne sur elle-même) et T_C (révolution de Cassini autour de Saturne) pour que la sonde soit « saturno-stationnaire » ?

3.2. Altitude de la sonde

3.2.1. En utilisant la troisième loi de Kepler donnée à la question 2.1.1. , montrer que l'altitude h de la

sonde peut se calculer avec la relation : $h = \sqrt[3]{\frac{T_C^2 G M_S}{4 \pi^2}} - R_S$

3.2.2. Calculer la valeur de h .

Exercice n°3 (4 points) (obligatoire)

UTILISONS LE BEURRE POUR DISSOUDRE UNE TACHE DE GRAISSE !

À travers les quatre parties abordées, nous allons essayer de comprendre les étapes de fabrication d'un savon à partir d'un morceau de beurre, dans le but de dissoudre une tache de graisse à la surface d'un tissu.

Partie 1 : Fabrication d'un ester à partir d'un acide carboxylique

L'acide «butyrique», composé A, est un acide carboxylique de formule semi-développée $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$. Dans la nomenclature officielle, le nom de la molécule d'acide « butyrique » est l'acide butanoïque.

- 1.1. Nommer le groupe caractéristique de cette molécule et l'encadrer sur la formule semi-développée.
- 1.2. L'action de l'acide butyrique A sur un réactif B conduit à la formation de deux produits C et D.
C a pour formule $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
 - 1.2.1. Nommer le produit C. À quelle famille appartient-il ?
 - 1.2.2. Écrire la formule semi-développée du réactif B et donner son nom.
 - 1.2.3. Quelle est la nature du produit D ?

Partie 2 : Synthèse d'un corps gras : la butyrine

La butyrine, appelée aussi tributyrate de glycéryle, est un corps gras (ou triester) présent dans le beurre. Cette molécule résulte de l'action de l'acide « butyrique » sur le glycérol.

Formule semi-développée du glycérol :

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-OH} \\ | \\ \text{CH-OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array}$$

- 2.1. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de synthèse de la butyrine.
- 2.2. On réalise et on chauffe le mélange suivant :
 - une masse $m_1 = 39,6 \text{ g}$ d'acide « butyrique »
 - une quantité de matière $n_2 = 0,150 \text{ mol}$ de glycérol
 - quelques pierres poncees

Données : $M(\text{glycérol}) = 92,0 \text{ g.mol}^{-1}$
 $M(\text{acide butyrique}) = 88,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Le mélange est-il stoechiométrique ?

- 2.3. Parmi les montages (1), (2) et (3) proposés en **annexe 2**, lequel utiliseriez-vous pour réaliser cette synthèse ?
- 2.4. Légender le schéma du montage choisi.
- 2.5. On obtient une masse $m = 29,0 \text{ g}$ de butyrine. Calculer le rendement ρ de la réaction.

Donnée : $M(\text{butyrine}) = 302 \text{ g.mol}^{-1}$

Partie 3 : Fabrication d'un savon mou à partir de beurre.

Le beurre contient plusieurs corps gras, l'oléine, la palmitine et la butyrine.

La butyrine représente 35% en masse du beurre.

Nous n'étudierons que la réaction de fabrication du savon grâce à la butyrine. Pour cela, nous allons faire réagir 20 g de beurre avec un excès de potasse ($K^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) concentrée.

Après 30 minutes de chauffage, on observe, après relargage, la formation d'un précipité jaune.

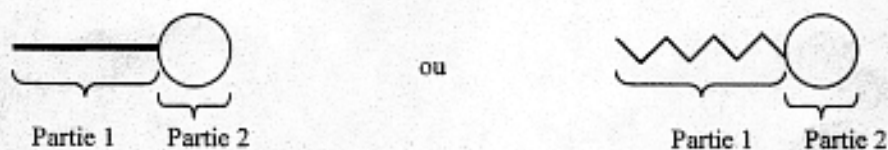
- 3.1. Nommer la réaction qui conduit à la formation du précipité observé et compléter son écriture, en annexe 3, en remplissant les cadres.
- 3.2. Donner deux caractéristiques de cette transformation à chaud.
- 3.3. En fait, le rendement après filtration n'est que de 85 %. Calculer la masse de savon ainsi produite à partir de la butyrine.

Donnée : M (savon fabriqué à partir de la butyrine) = 126 g.mol^{-1}

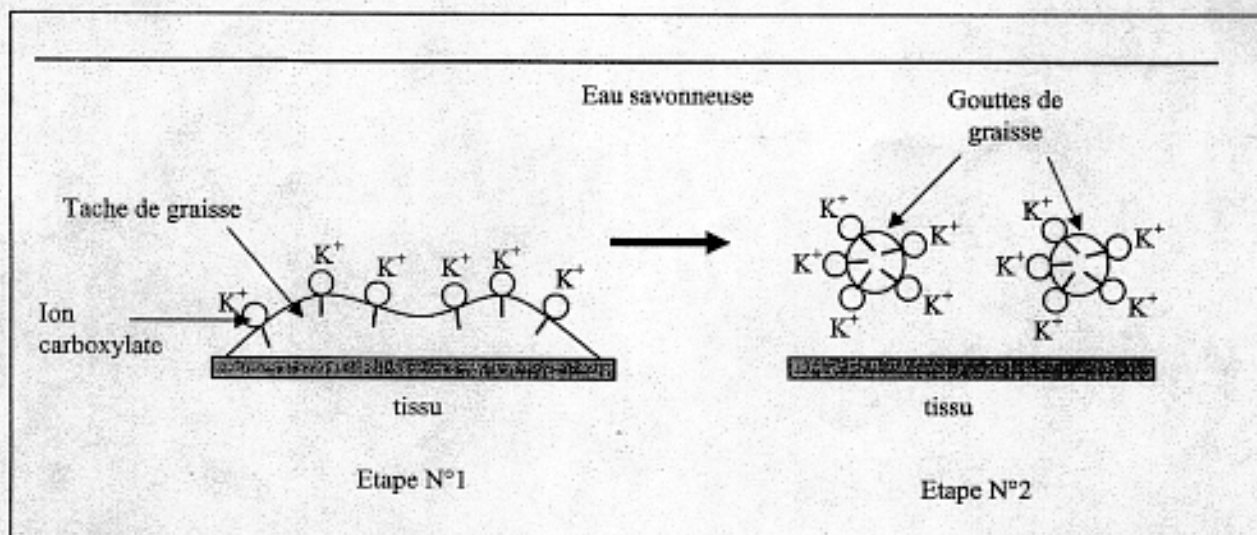
Partie 4 : Utilisation du savon fabriqué pour dissoudre une tache de graisse.

Après élimination de l'excès de potasse, on souhaite étudier les qualités détergentes du savon sur une tache de graisse.

Le savon est composé d'ions carboxylates qui peuvent être modélisés des deux façons suivantes :



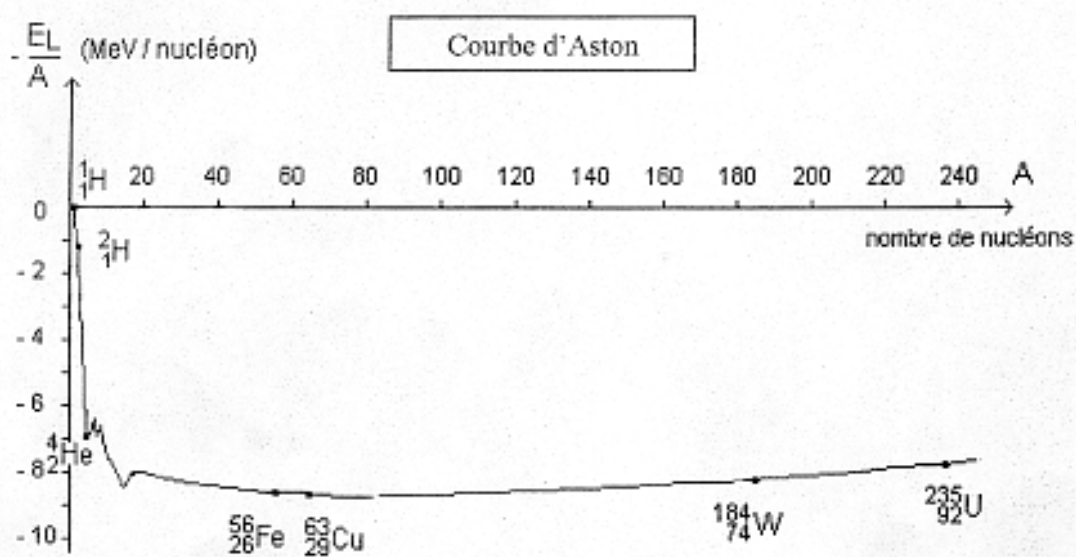
Le schéma ci-dessous représente une tache de graisse à la surface d'un tissu plongé dans l'eau savonneuse (étape N°1) et sa dislocation par action du savon synthétisé précédemment (étape N°2).



Les ions carboxylates modélisés ont été représentés, correctement orientés par rapport à l'eau et à la graisse, sur chacune des étapes N°1 et N°2.

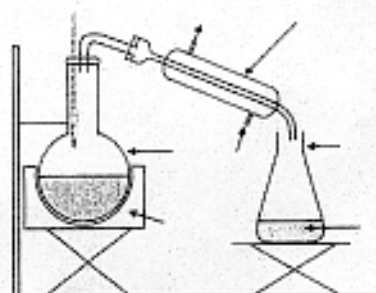
4. En vous aidant du schéma précédent, identifier la composition et la propriété de chacune des deux parties de l'ion carboxylate modélisé.

ANNEXE 1 à rendre avec la copie

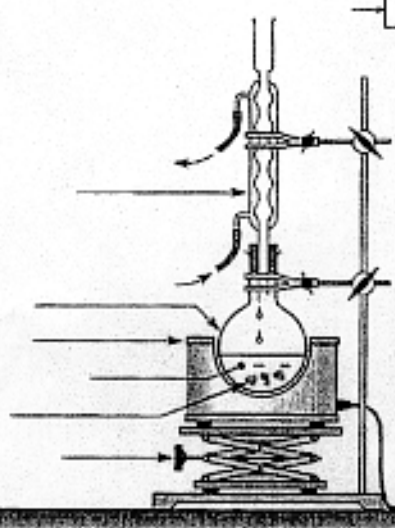
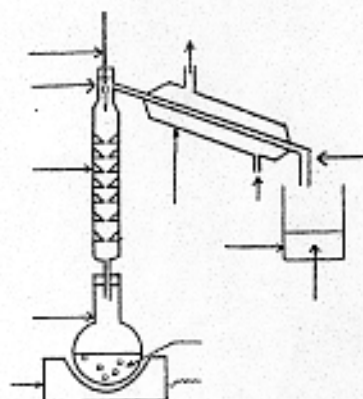


ANNEXE 2 à rendre avec la copie

Montage (1)



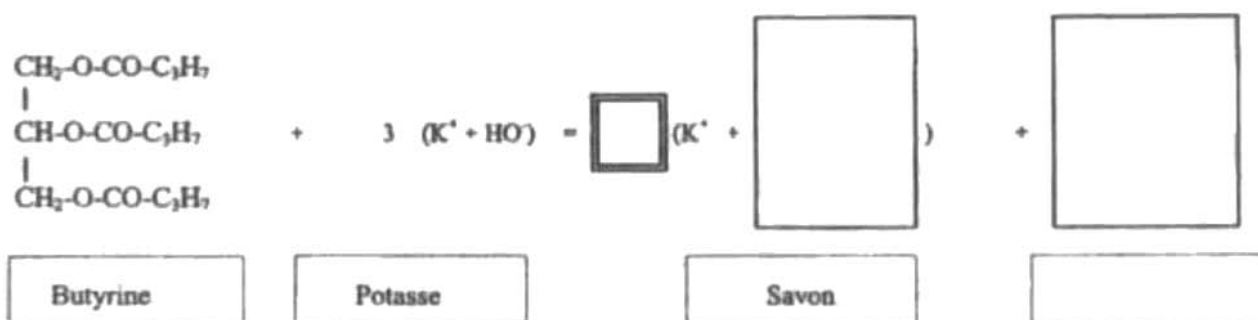
Montage (2)



Montage (3)

ANNEXE 3 à rendre avec la copie

Ecriture de la réaction de synthèse du savon :



Légendes des cadres à compléter :

: formules semi-développées

: nom de l'espèce chimique

: nombre stœchiométrique

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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



obligatoire

L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci. L'annexe page 8 est à rendre avec la copie.

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

- I. Propagation d'une onde le long d'une corde (4 points).
- II. Évolution temporelle de différents systèmes électriques (5,5 points).
- III. Hémisynthèse de l'aspirine, contrôle de la pureté du produit formé (6,5 points).

I. PROPAGATION D'UNE ONDE LE LONG D'UNE CORDE (4 points)

Une très longue corde élastique inextensible est disposée horizontalement sur le sol. Un opérateur crée une perturbation en imprimant une brève secousse verticale à l'extrémité S de la corde (figure 1).

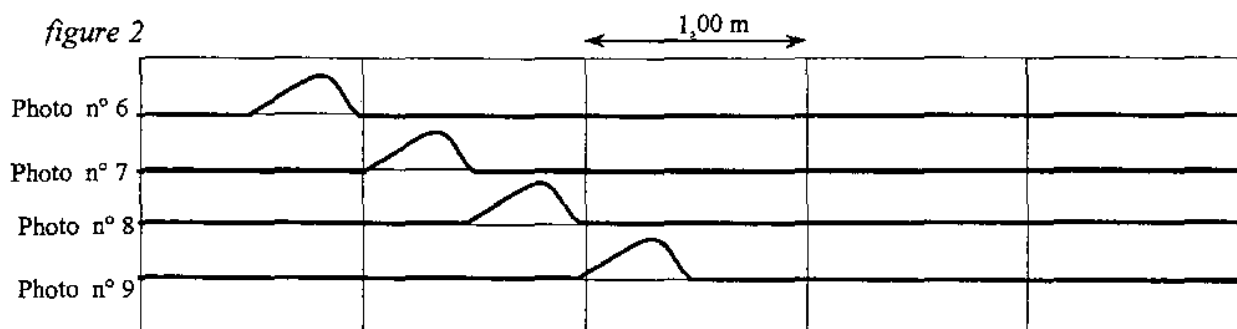


1. Considérations générales.

- 1.1. Préciser la direction de propagation de l'onde et la direction du mouvement du point M.
- 1.2. En déduire si l'onde est transversale ou longitudinale.

2. Étude chronophotographique.

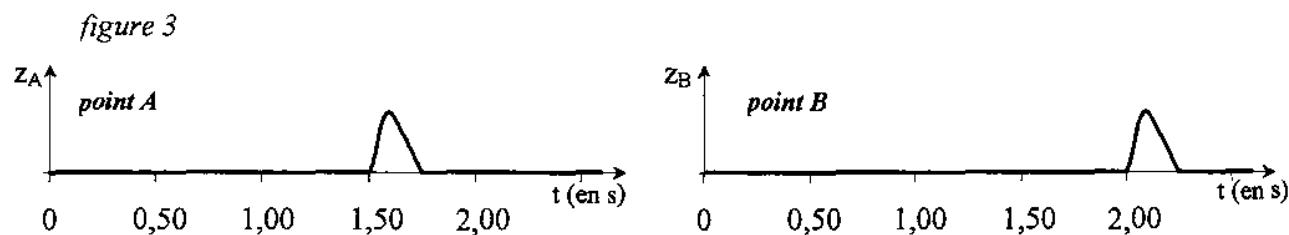
La propagation de l'onde le long de la corde est étudiée par chronophotographie (figure 2). L'intervalle de temps séparant deux photos consécutives est $\Delta t = 0,25$ s.



- 2.1. Définir puis calculer la célérité de l'onde.
- 2.2. Pendant quelle durée un point de la corde est-il en mouvement ?

3. Évolution temporelle du déplacement vertical de plusieurs points de la corde.

L'évolution au cours du temps des altitudes z_A et z_B de deux points A et B de la corde est l'objet de la figure 3. L'instant de date $t_0 = 0$ s correspond au début du mouvement de S. Toutes les réponses doivent être justifiées.



- 3.1. Lequel de ces deux points est touché le premier par la perturbation ?
- 3.2. Lequel de ces deux points est situé le plus près du point source S de la corde ?
- 3.3. Quel retard le point touché en second présente-t-il dans son mouvement par rapport au point touché en premier ?
- 3.4. Quelle est la valeur de la distance séparant les points A et B ?
- 3.5. Un troisième point C commence son mouvement à l'instant de date $t_C = 0,50$ s. Préciser sa position par rapport à A.

Représenter sur un schéma la position des points A, B et C (échelle 2 cm pour 1 m) par rapport au point source S.

4. Influence de quelques paramètres sur la célérité de l'onde.

Les courbes ci-dessous (figures 4, 5 et 6) donnent l'évolution au cours du temps du déplacement vertical d'un point K d'une corde situé à la distance fixe $d = SK$ du point source S ; l'instant de date $t_0 = 0$ s correspond au début du mouvement de S ; les conditions expérimentales sont précisées pour chaque expérience.

Toutes les réponses doivent être justifiées en utilisant les représentations graphiques.

On étudie successivement l'influence de :

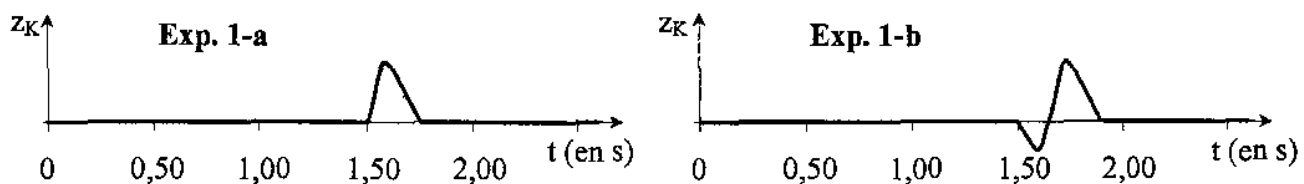
- la forme de la perturbation ;
- la tension de la corde ;
- la nature de la corde.

4.1. Influence de la forme de la perturbation.

La même corde est utilisée ; sa tension est la même dans les deux expériences.

La forme de la perturbation modifie-t-elle la célérité ?

fig. 4

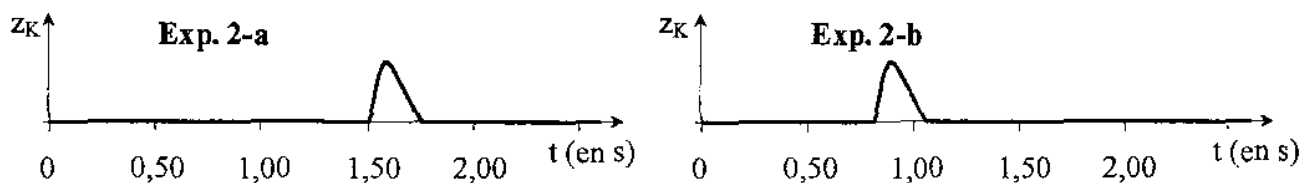


4.2. Influence de la tension de la corde.

La même corde est utilisée ; lors de l'expérience 2-a, sa tension est plus faible que lors de l'expérience 2-b.

La tension de la corde modifie-t-elle la célérité et si oui, dans quel sens ?

fig. 5



4.3. Influence de la nature de la corde.

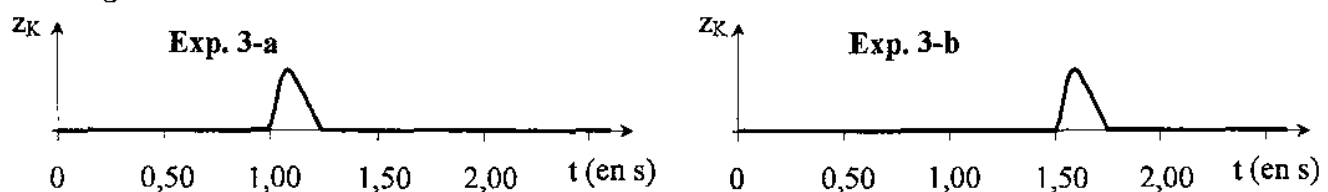
Rappel : la masse linéique μ est la masse par unité de longueur ; pour une corde de masse M et de

longueur L on a donc : $\mu = \frac{M}{L}$

La tension est la même dans les deux expériences ; la masse linéique de la corde utilisée pour l'expérience 3-a est plus faible que celle de la corde utilisée pour l'expérience 3-b.

La masse linéique de la corde modifie-t-elle la célérité et si oui, dans quel sens ?

fig. 6



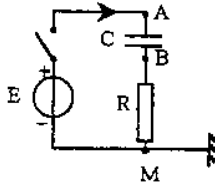
II. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES ÉLECTRIQUES (5,5 points)

Toutes les questions de cet exercice sont indépendantes.

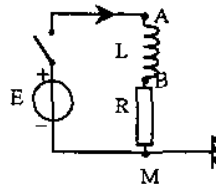
1. Étude comparative des dipôles RL, RC et RLC série.

On réalise successivement les circuits correspondant aux montages 1, 2 et 3.

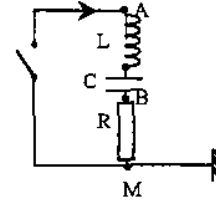
Dans le montage 1, le condensateur est initialement déchargé, alors que dans le montage 3, il est initialement chargé. Le sens positif de l'intensité du courant i est indiqué sur les schémas.



Montage 1



Montage 2



Montage 3

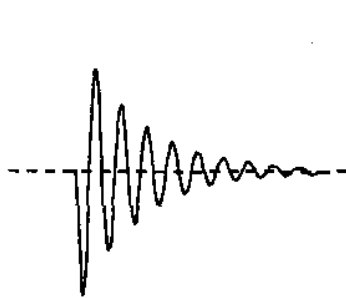
1.1. On visualise à l'aide d'un système approprié la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

1.1.1. Préciser entre quels points on doit réaliser le branchement.

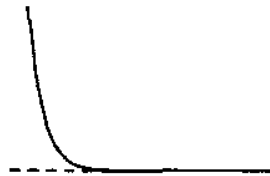
1.1.2. Expliquer pourquoi on visualise alors les variations de l'intensité du courant.

1.2. On ferme l'interrupteur et on observe, à partir des montages précédents, les oscillogrammes a, b et c. Le trait pointillé correspond à la trace du spot en l'absence de tension sur les deux voies.

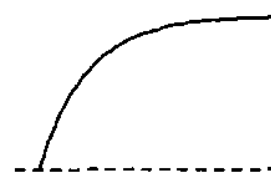
Affecter à chaque montage l'oscillogramme correspondant. Justifier brièvement les réponses.



Oscillogramme a



Oscillogramme b



Oscillogramme c

2. Exemple d'application : flash d'appareil photographique jetable.

Certains appareils photographiques sont équipés d'un flash dont le principe de fonctionnement est exposé ci-dessous.

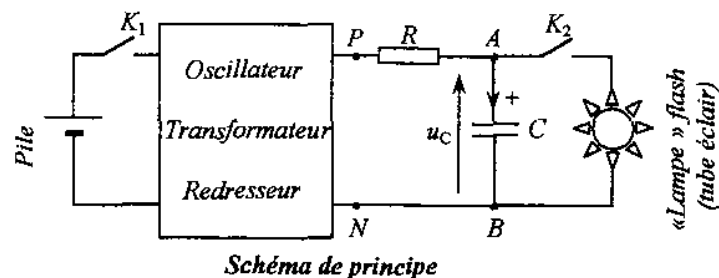


Schéma de principe

1^{ère} phase :

À la fermeture de l'interrupteur K_1 , la pile alimente l'oscillateur qui délivre alors une tension alternative ; celle-ci peut être élevée grâce au transformateur ; le redresseur permet d'obtenir une tension continue de l'ordre de quelques centaines de volts entre les points P et N. Le condensateur se charge et emmagasine alors de l'énergie.

2^{ème} phase :

Au moment où le photographe appuie sur le déclencheur, l'interrupteur K_2 se ferme et le condensateur libère alors quasi instantanément l'énergie emmagasinée dans la lampe, ce qui produit un flash lumineux.

Le schéma équivalent au schéma de principe de la page précédente est représenté ci-contre.

Données :

$$C = 100 \mu F$$

u_C : tension aux bornes du condensateur

$+$: sens positif du courant dans la branche AB

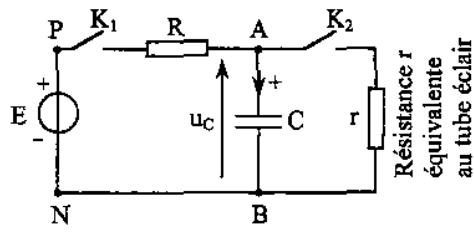


Schéma équivalent

Une étude expérimentale du dispositif a permis d'obtenir les courbes I et II de l'annexe, page 8, à rendre avec la copie.

2.1. Identification des courbes.

2.1.1. Associer à chaque phase de fonctionnement du flash décrite page 4, les phénomènes de charge et de décharge du condensateur.

2.1.2. Affecter à chacune des courbes (I et II) la phase correspondante.

2.2. Évolution temporelle du système lors des deux phases.

Les courbes I et II de l'annexe permettent d'évaluer graphiquement la constante de temps τ lors de chacune des phases.

Expliquer et utiliser une méthode au choix permettant de déterminer τ .

Vérifier sur l'annexe qu'on obtient : τ (courbe I) $\approx 0,1$ ms et τ (courbe II) ≈ 3 s.

En déduire les valeurs approchées de R et de r.

2.3. Puissances mises en jeu lors des deux phases.

La puissance moyenne P, mise en jeu lors d'un échange d'énergie ΔE pendant la durée Δt , est donnée par

la relation : $P = \frac{|\Delta E|}{\Delta t}$ avec ΔE en joules, Δt en secondes et P en watts.

2.3.1. Quelle est la tension maximale aux bornes du condensateur ?

2.3.2. En déduire l'énergie maximale emmagasinée dans le condensateur.

2.3.3. On considère que la charge ou la décharge est complète à $t = 5\tau$.

Utiliser les valeurs indiquées au paragraphe 2.2.2. pour calculer la puissance moyenne mise en jeu lors de chaque phase. Quel est l'intérêt pratique de la différence constatée ?

En déduire pourquoi la résistance r du tube éclair doit être petite.

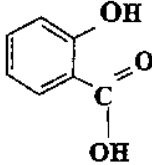
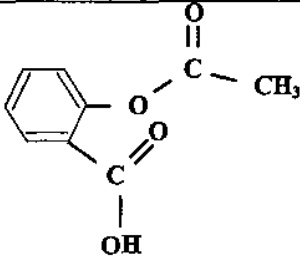
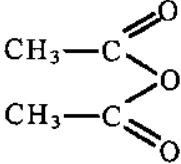
2.4. Étude théorique du dispositif utilisé.

2.4.1. Préciser le signe des charges portées par chacune des armatures du condensateur lorsqu'il est chargé. Indiquer, lors de chaque phase, si le courant circule dans la branche AB dans le sens positif choisi en justifiant brièvement.

2.4.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C c'est-à-dire la relation entre la fonction $u_C(t)$ et sa dérivée par rapport au temps lors de chacune des phases de fonctionnement.

III. HÉMISYNTHESE DE L'ASPIRINE, CONTRÔLE DE LA PURETÉ DU PRODUIT FORMÉ (6,5 points)

Données :

	acide salicylique	acide acétylsalicylique (aspirine)	anhydride éthanoïque ou acétique
Formule			
Masse molaire moléculaire (en g.mol ⁻¹)	138	180	102
Masse volumique (en g.mL ⁻¹)			1,08
Solubilité dans l'eau	peu soluble	peu soluble	
Solubilité dans l'éthanol	très soluble	soluble	

Réactivité de l'anhydride acétique avec l'eau : l'anhydride acétique réagit totalement et vivement avec l'eau en donnant de l'acide acétique.

1. La molécule d'aspirine.

Recopier la formule de la molécule d'aspirine ou acide acétylsalicylique ; entourer et nommer les groupes fonctionnels (ou caractéristiques) oxygénés présents dans cette molécule.

2. Étude de la préparation.

Lors d'une séance de travaux pratiques, on envisage de préparer de l'aspirine. Différents réactifs sont proposés aux élèves : acide acétique (ou éthanoïque), anhydride éthanoïque, acide salicylique. Un débat s'engage sur le choix à effectuer. Un groupe propose de faire réagir l'acide salicylique avec l'acide acétique.

2.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation proposée, en utilisant les formules semi-développées.

2.2. L'avancement maximal peut-il être atteint ? Pourquoi ?

2.3. Donner un moyen d'augmenter l'avancement final en conservant les mêmes réactifs.

Après discussion, les élèves décident d'utiliser l'anhydride éthanoïque à la place de l'acide acétique.

2.4. Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation, en utilisant les formules semi-développées.

Ils se réfèrent au protocole suivant :

Hémisynthèse de l'aspirine réalisée sous la hotte

- Dans un ballon bien sec de 250 mL, introduire 13,8 g d'acide salicylique, environ 25 mL d'anhydride éthanoïque (alors en excès).

- Ajouter 10 gouttes d'acide sulfurique concentré.

- Adapter au ballon un réfrigérant à boules et chauffer à reflux au bain-marie pendant 15 minutes en agitant par intermittence.

Cristallisation du produit obtenu

• Arrêter le chauffage, sortir le ballon du bain-marie et verser, sans attendre le refroidissement, de façon progressive environ 30 mL d'eau distillée par le haut du réfrigérant. Prendre garde aux vapeurs chaudes et acides.

• Quand l'ébullition est calmée, ôter le réfrigérant après avoir arrêté la circulation d'eau et agiter jusqu'à l'apparition des premiers cristaux.

• Ajouter 50 mL d'eau glacée et placer le ballon dans un bain d'eau glacée pendant 5 minutes.

• Filtrer sur Büchner le contenu du ballon en tirant sous vide avec la trompe à eau ; rincer le ballon à l'eau distillée froide, verser dans le filtre.

• Laver les cristaux à l'eau distillée froide, essorer et les récupérer dans un erlenmeyer.

2.5. Pourquoi utiliser un ballon bien sec ?

2.6. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

2.7. Pourquoi chauffer ?

2.8. Quel est l'intérêt d'un chauffage à reflux ?

2.9. Quel est le rôle des 30 mL d'eau distillée, ajoutés par le haut du réfrigérant, après le chauffage ?

2.10. Faire un schéma annoté de la filtration sous vide.

3. Étude quantitative de la réaction.

Un groupe d'élèves a pesé 12,0 g de cristaux après séchage.

Définir puis calculer le rendement de la synthèse effectuée par ce groupe d'élèves.

4. Contrôle de la pureté.

On introduit la totalité des cristaux dans une fiole de 100,0 mL. On ajoute un peu d'éthanol afin de dissoudre l'aspirine et on complète au trait de jauge avec de l'eau distillée. On prélève $V_A = 10,0$ mL de cette solution que l'on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire apportée $c_B = 5,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

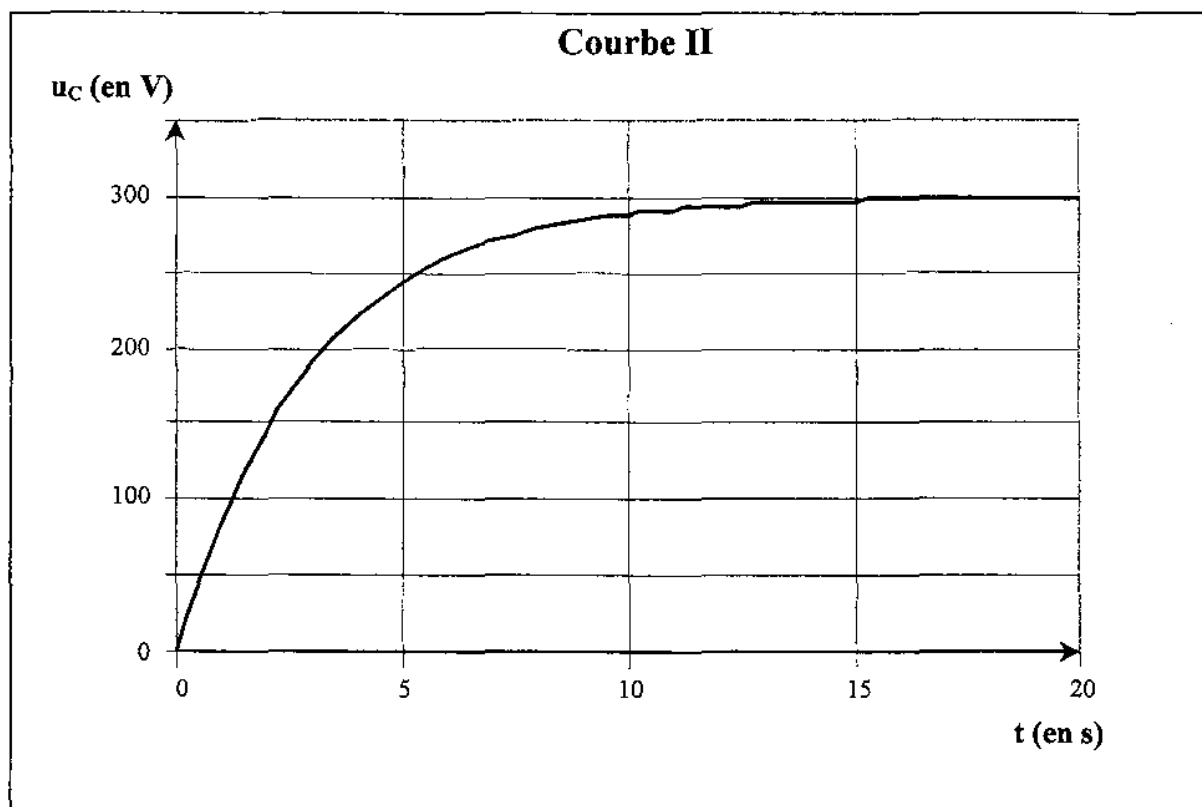
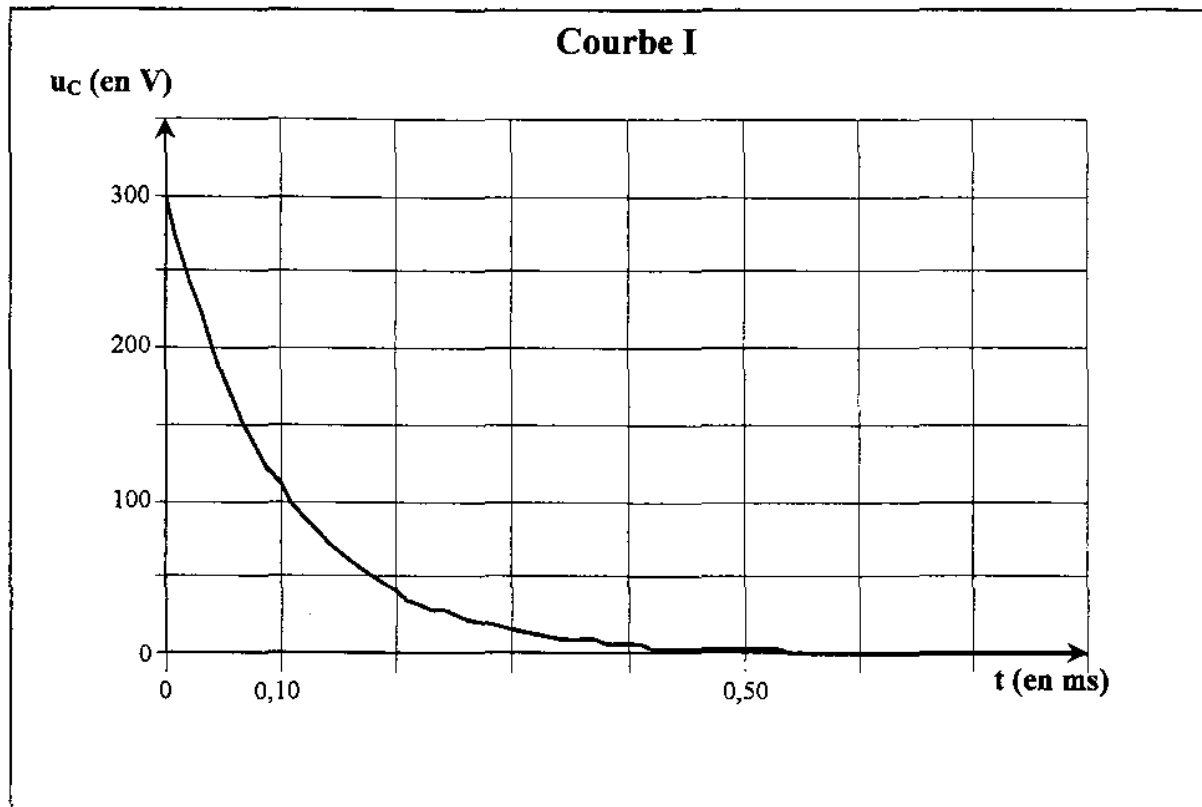
À l'équivalence, le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé est $V_{BE} = 10,0$ mL.

4.1. En notant HA l'aspirine, écrire l'équation de la réaction de titrage.

4.2. En déduire la quantité de matière d'aspirine pure présente dans l'échantillon titré, puis celle présente dans les cristaux.

4.3. L'aspirine préparée est-elle pure ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

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, un exercice de PHYSIQUE et de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2 et A3) EST À RENDRE AGRAFÉ À LA COPIE.

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

- I. **Traitement de l'eau d'une piscine (4 points)**
- II. **À propos du marquage isotopique (6,5 points)**
- III. **Le transit de Vénus du 8 juin 2004 (5,5 points)**

EXERCICE I : TRAITEMENT DE L'EAU D'UNE PISCINE (4 points)

Depuis plusieurs décennies, l'acide chlorhydrique et l'hypochlorite de sodium sont utilisés dans les piscines ⁽¹⁾. L'acide chlorhydrique régule l'acidité ou le pH, tandis que l'hypochlorite désinfecte à merveille. Tous deux constituent des garanties pour notre santé. Non seulement l'eau de la piscine est désinfectée mais, en plus, l'hygiène et la propreté des conduites et des filtres sont maintenues sur l'ensemble de son parcours.

L'hypochlorite de sodium est le désinfectant le plus utilisé. Les grandes piscines le stockent en vrac dans de grandes citernes, les plus petites dans des fûts.

Exceptionnellement, on rencontre une installation qui prépare ce produit sur place. Cela s'effectue par électrolyse de la saumure (solution aqueuse de chlorure de sodium), dont résulte du chlore gazeux. Après mélange avec de l'hydroxyde de sodium en solution, on obtient de l'hypochlorite de sodium.

D'après Le livre blanc du chlore, juillet 2003 (www.belgochlor.be)

(1) En milieu beaucoup plus acide que l'eau de la piscine, les ions hypochlorite et chlorure réagissent et donnent un dégagement de dichlore, gaz toxique.

Les parties 1 et 2 traitent de la fabrication de l'hypochlorite de sodium par électrolyse d'une solution de chlorure de sodium.

La partie 3 traite du principe de la régulation du pH d'une eau de piscine. **Cette partie est indépendante des parties 1 et 2.**

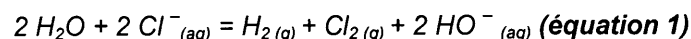
1. Électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium au laboratoire

Pour déterminer les produits de l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, on réalise l'expérience suivante au laboratoire (voir schéma simplifié de la Figure 1 ci-contre). Un tube en U contient une solution de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$). Deux électrodes A et B sont reliées chacune à l'une des bornes (positive ou négative) d'un générateur de tension continue G.

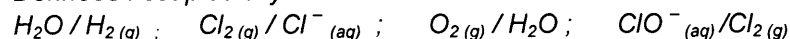
Après plusieurs minutes de fonctionnement, on effectue des tests d'identification des produits formés.

- À une électrode, il s'est formé un dégagement de dichlore.
- À l'autre électrode, il s'est formé un dégagement de dihydrogène et il est apparu des ions hydroxyde HO^- .

L'équation de la réaction modélisant l'électrolyse est :



Données : couples oxydant/réducteur :



1.1. À partir des indications de l'énoncé, identifier les deux couples oxydant/réducteur mis en jeu dans l'équation 1 modélisant l'électrolyse.

1.2. En déduire l'espèce chimique oxydée.

1.3. Identifier l'électrode (A ou B) à laquelle se produit l'oxydation. Quel gaz se dégage à cette électrode ?

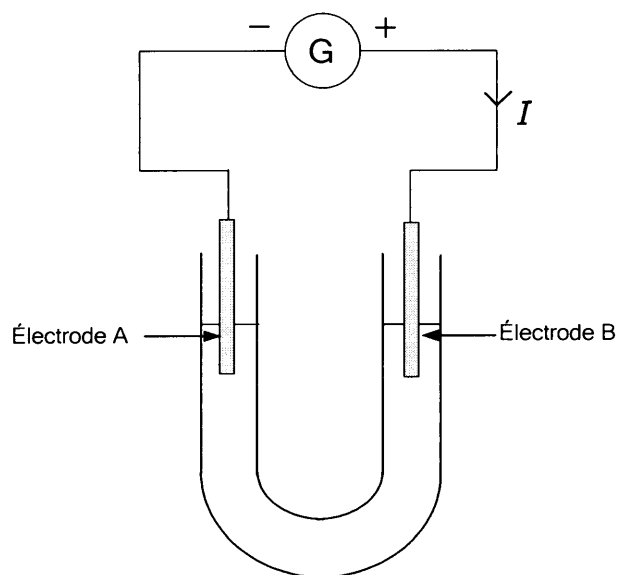


Figure 1

2. Étude d'un électrolyseur pour piscine

Dans certaines piscines, on ajoute à l'eau de la piscine du chlorure de sodium. Après pompage, l'eau est traitée par électrolyse.

L'électrolyseur peut être représenté par une cellule comprenant deux électrodes et un coffret d'alimentation électrique délivrant une tension continue d'environ 10 V.

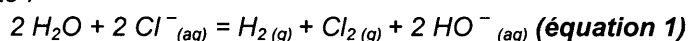
Données :

Intensité du courant : 20 A.

On rappelle que la quantité Q d'électricité débitée pendant la durée Δt et l'intensité I du courant sont liées par la relation : $I = \frac{Q}{\Delta t}$.

Aide au calcul : $N_A \cdot e = 1,0 \times 10^5 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
avec N_A constante d'Avogadro et e charge élémentaire

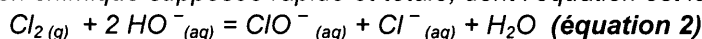
2.1. Dans ce dispositif, l'électrolyse de la solution de chlorure de sodium est modélisée par l'équation 1 précédente :



2.1.1. Compléter le tableau d'avancement fourni sur le document 1 **EN PAGE A2 DE L'ANNEXE RENDRE AVEC LA COPIE.**

2.1.2. En déduire la relation entre la quantité $n(e^-)$, en mole, d'électrons échangés et la quantité $n_1(\text{Cl}_2)$ de dichlore formé lors de la réaction d'équation 1.

2.2. Dans cet électrolyseur, les ions hydroxyde et le dichlore formé sont consommés lors d'une nouvelle transformation chimique supposée rapide et totale, dont l'équation est la suivante :



Établir la relation entre la quantité $n(\text{ClO}^-)$ d'ions hypochlorite formés et la quantité $n_2(\text{Cl}_2)$ de dichlore consommé dans la réaction d'équation 2.

2.3. La transformation associée à l'équation 2 étant supposée totale et rapide, en déduire la relation entre $n(e^-)$ et $n(\text{ClO}^-)$.

2.4. En déduire et calculer la quantité de matière maximale d'ions hypochlorite que peut fournir cet appareil, en une heure de fonctionnement.

3. Régulation du pH de l'eau de piscine

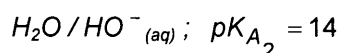
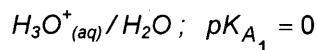
La régulation du pH est essentielle dans le traitement de l'eau des piscines.

En permanence analysé grâce à une sonde puis corrigé par une pompe (par injection de produit correcteur), le pH est maintenu automatiquement à son niveau idéal (7,2 – 7,6).

Données :

On considère toutes les solutions à 25°C

Couples acide/base :



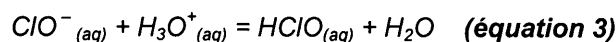
3.1. Lors d'un contrôle de pH, la sonde mesure la valeur $pH = 8,5$. Le pH de cette eau, plus élevé que celui de l'humeur aqueuse de l'œil humain, est responsable de l'irritation des yeux.

3.1.1. À ce pH, indiquer l'espèce prédominante du couple $HClO_{(aq)}/ClO^-_{(aq)}$.

3.1.2. Calculer le rapport des concentrations en ions hypochlorite et en acide hypochloreux lors de ce contrôle (on ne cherchera pas à déterminer ces deux concentrations).

3.2. Pour rétablir la valeur du pH au niveau « idéal », la pompe injecte 0,10 mol d'acide chlorhydrique dans l'eau de la piscine, sans variation notable du volume V de l'eau contenue dans la piscine.

L'équation de la réaction associée à la transformation qui se produit est :



3.2.1. Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction en fonction de K_{A_3} . Calculer K .

3.2.2. L'état initial du système est défini ainsi :

- le volume de l'eau de la piscine est $V = 1,0 \times 10^5 \text{ L}$.

- on introduit 0,10 mol d'ions H_3O^+ par ajout d'acide chlorhydrique.

- le rapport $\frac{[ClO^-]_i}{[HClO]_i}$ est égal à celui calculé au 3.1.2.

3.2.2.a. Calculer la concentration molaire effective initiale en ions H_3O^+ notée $[H_3O^+]_i$.

3.2.2.b. Calculer le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$.

3.2.3. En appliquant le critère d'évolution spontanée, donner le sens d'évolution de la réaction d'équation 3.

3.2.4. À partir de l'expression de la constante d'acidité K_{A_3} du couple acide hypochloreux/ion

hypochlorite et du rapport $\frac{[ClO^-]_i}{[HClO]_i}$ calculé au 3.1.2., montrer que le pH de l'eau de la piscine diminue.

EXERCICE II. À PROPOS DU MARQUAGE ISOTOPIQUE (6,5 points)

Le marquage isotopique consiste à remplacer dans la molécule que l'on désire étudier, un atome ou un groupe d'atomes par un atome radioactif de manière à pouvoir l'utiliser comme traceur.

Dans cet exercice on s'intéressera à deux applications de cette technique :

- en physique avec une technique d'imagerie médicale ;
- en chimie avec l'étude d'une réaction.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Marquage isotopique et technique d'imagerie médicale

En cancérologie, le traceur souvent utilisé pour l'imagerie médicale est le glucose marqué par le fluor 18. Ce traceur s'accumule préférentiellement dans les cellules cancéreuses, grandes consommatrices de sucre. Cette technique se singularise par l'utilisation d'isotopes radioactifs dont le temps de demi vie est beaucoup plus court que les produits classiques de la médecine nucléaire. Ainsi le fluor 18 a un temps de demi vie radioactive de 110 minutes. Pour cette raison le traceur est fabriqué sur place de manière à ce qu'au moment de son injection au patient la dose administrée ait une activité de 260 MBq.

1.1. Désintégration du « fluor 18 »

Le « fluor 18 » ($^{18}_9\text{F}$) est un isotope radioactif du fluor. Il est produit sur place dans le laboratoire d'imagerie médicale. Le « fluor 18 » se désintègre spontanément pour donner l'isotope 18 de l'oxygène ($^{18}_8\text{O}$). L'équation de cette réaction nucléaire peut s'écrire :



1.1.1. Donner la composition du noyau de l'isotope 18 du fluor.

1.1.2. En appliquant les lois de conservation déterminer Z et A. Cette désintégration est-elle du type α , β^- ou β^+ ?

1.2. Constante radioactive du « fluor 18 »

Le laboratoire d'imagerie médicale est équipé d'un appareil qui permet de remplacer un groupement hydroxyle $-\text{OH}$ du glucose par un atome de « fluor 18 ». Le nombre N de noyaux radioactifs de « fluor 18 » encore présents varie en fonction du temps et suit une loi de décroissance exponentielle :

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$. La relation liant la constante radioactive et le temps de demi-vie est $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

1.2.1. Donner la définition du temps de demi-vie radioactive.

1.2.2. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ dans le système international. À l'aide des données du texte encadré, choisir parmi les nombres suivants, celui qui permet d'évaluer l'ordre de grandeur de λ .

10^{-4}

10^{-3}

10^{-2}

Aide au calcul : $\ln 2 = 6,9 \times 10^{-1}$

1.3. Activité du « fluor 18 »

L'équipe du laboratoire d'imagerie médicale doit réaliser 2 examens dans la matinée sur deux patients différents. Deux doses de traceur contenant le même nombre N_0 de noyaux radioactifs sont fabriquées en même temps avant leur injection pour réaliser ces examens. Au moment de son injection au patient la dose de traceur doit avoir une activité de 260 MBq. Lors du premier examen on injectera la dose notée D_1 à 9 h 00. On rappelle que l'activité A du « fluor 18 » présent dans le traceur est reliée à la variation ΔN du nombre de noyaux radioactifs de cet isotope pendant une durée Δt par la relation :

$$A = - \frac{\Delta N}{\Delta t}. \text{ (Si } \Delta t \text{ est suffisamment petit, on peut écrire } A = - \frac{dN}{dt} \text{.)}$$

La mesure expérimentale de l'activité de chaque dose, toutes les vingt minutes, à partir de la date $t = 0$ min (instant de la fabrication), a permis de tracer le graphe $A = f(t)$ représentés sur la Figure 2 **EN PAGE A3 DE L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.**

On rappelle que : $1 \text{ MBq} = 10^6 \text{ Bq}$

1.3.1. Après avoir rappelé l'expression du nombre de noyaux radioactifs noté N encore présents à l'instant de date t , montrer que l'activité A de la source radioactive peut se mettre sous la forme : $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Exprimer littéralement A_0 en fonction de λ et N_0 .

1.3.2. Calculer le nombre de noyaux de « fluor 18 » présents dans la dose de traceur au moment de son injection au patient lors d'un examen médical. On donne $\lambda = 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

1.3.3. En s'aidant de la Figure 2 **EN PAGE A3 DE L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE** déterminer l'heure de fabrication de la dose de traceur notée D_1 . A quelle heure le deuxième examen correspondant à l'injection de la dose notée D_2 préparée en même temps que la dose D_1 aura-t-il lieu ?

1.3.4. L'injection d'une dose a lieu à l'instant de date t_i .

Calculer l'ordre de grandeur, exprimé en heures, du temps nécessaire après l'injection pour que l'activité soit 100 fois plus faible qu'au moment de l'injection.

Aide au calcul : $\ln(100) = 4,6$; $4,6 / 3,6 = 1,3$
--

1.4. Méthode d'Euler

Il est souvent utile de prévoir les courbes de décroissance par une méthode de calcul, la méthode d'Euler par exemple, sans procéder à l'expérience.

A partir de la loi de décroissance $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$, l'équation différentielle vérifiée par l'activité A du traceur

est : $\frac{dA}{dt} + \lambda \cdot A = 0$. La méthode d'Euler consiste à introduire les notations suivantes :

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\Delta A}{\Delta t} \text{ pour des intervalles de temps } \Delta t \text{ très petits ;}$$

$$A_{(t_{n+1})} = A_{(t_n)} + \Delta A_{(t_n)} \text{ avec } t_{n+1} = t_n + \Delta t \text{ et où } \Delta t \text{ est appelé « pas de résolution ».}$$

1.4.1. Montrer que la relation de récurrence entre $A_{(t_{n+1})}$ et $A_{(t_n)}$ peut se mettre sous la forme : $A_{(t_{n+1})} = (1 - \lambda \cdot \Delta t) \cdot A_{(t_n)}$

1.4.2. À l'aide de la relation précédente, calculer en MBq la valeur de l'activité $A_{(t_1)}$ à l'instant de date $t_1 = 100$ s et la valeur de l'activité $A_{(t_2)}$ à l'instant de date $t_2 = 200$ s et vérifier sur la courbe de la figure 3 de la page suivante, la validité de ces résultats.

On prendra $A_0 = 800 \text{ MBq}$, $\Delta t = 100 \text{ s}$ et $\lambda \approx 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

1.4.3 La validité de la méthode d'Euler est liée au choix du pas de résolution. Quels sont l'intérêt et l'inconvénient du choix d'un pas de résolution $\Delta t = 1$ s dans cet exemple ?

Agrandissement de la courbe $A = f(t)$ (Dose D2) de la figure 2 de l'annexe en page A3 pour les vingt premières minutes.

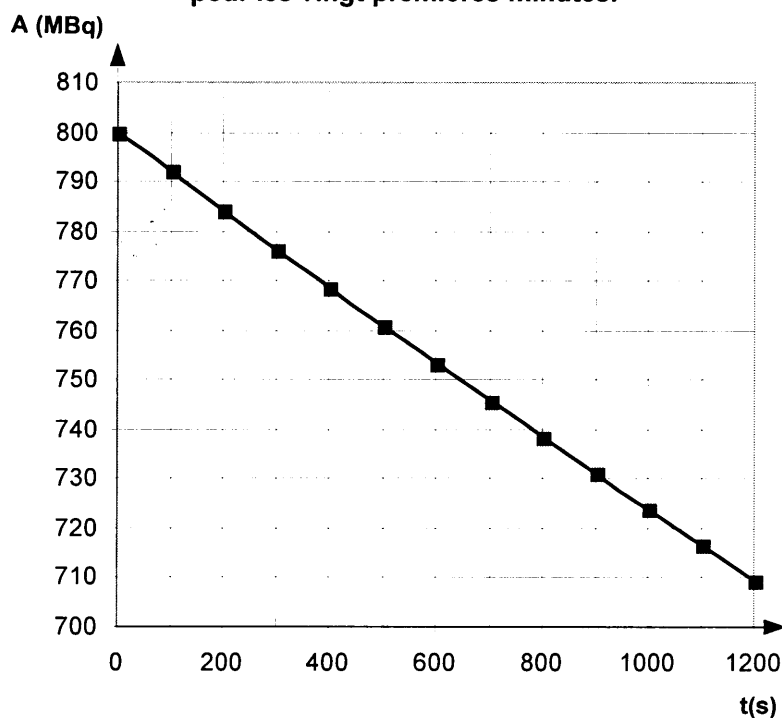


Figure 3

2- Utilisation du marquage isotopique en chimie

Le salicylate de méthyle est le composant principal d'une huile essentielle naturelle appelée essence de wintergreen extraite par hydrodistillation des feuilles de la gaulthérie, bruyère d'Amérique du Nord et de Chine. Doté d'une odeur caractéristique, il confère à cette huile essentielle des propriétés analgésique et anti-inflammatoire puissantes. Appliqué par voie cutanée sous forme de pommade, il est très apprécié des sportifs tant avant qu'après l'effort. Pour des raisons économiques le salicylate de méthyle est à l'heure actuelle synthétisé à partir de l'acide salicylique et du méthanol.

2.1. Synthèse du salicylate de méthyle au laboratoire

Dans un ballon on introduit 69 g d'acide salicylique, 32 g de méthanol, 1 mL d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce. On adapte le ballon au dispositif expérimental (montage à reflux) schématisé par la Figure 4 ci-dessous et on chauffe le milieu réactionnel pendant deux heures sous une hotte.

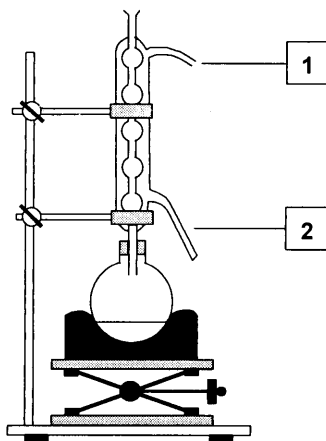


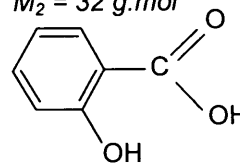
Figure 4

Données : masses molaires moléculaires - acide salicylique
- méthanol

$$M_1 = 138 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_2 = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$

formule semi-développée de l'acide salicylique



- 2.1.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la synthèse du salicylate de méthyle.
- 2.1.2. Nommer cette réaction et donner ses caractéristiques.
- 2.1.3. Préciser le rôle joué par l'acide sulfurique lors de cette réaction.
- 2.1.4. Indiquer la fonction des tubes 1 et 2 de la Figure 4 en précisant le sens de circulation du fluide. Quel est l'intérêt de ce montage ?
- 2.1.5. Quel est le réactif limitant ? Pourquoi n'a-t-on pas introduit les réactifs dans les proportions stoechiométriques ?

2.2. Première approche de la compréhension du mécanisme de la transformation grâce au marquage isotopique

Le mécanisme de la réaction précédente n'est pas simple. Cependant la méthode expérimentale du marquage isotopique permet de comprendre quelles liaisons sont rompues. Une rupture est représentée ci-dessous d'une manière schématisée par des pointillés. On effectue la réaction avec un alcool, préparé spécialement, dans lequel l'oxygène est l'isotope ^{18}O noté O^* (au lieu de l'isotope le plus abondant ^{16}O). On constate expérimentalement que cet oxygène « lourd » se retrouve au niveau des produits dans le salicylate de méthyle uniquement et que l'eau formée ne contient pas plus d'isotope ^{18}O que l'eau naturelle. On envisage les deux hypothèses suivantes :

	Acide carboxylique	Alcool
Hypothèse 1		
Hypothèse 2		

Choisir l'hypothèse en accord avec les observations expérimentales. Justifier la réponse (l'équation de la réaction n'est pas exigée).

EXERCICE III : LE TRANSIT DE VÉNUS DU 8 JUIN 2004 (5,5 points)

Le transit d'une planète correspond à son passage entre la Terre et le Soleil. Pour un observateur terrestre cela se manifeste par la présence d'un disque sombre sur le fond brillant du Soleil.

Les transits de Vénus sont des phénomènes extrêmement rares. On compte en effet environ 2 passages de Vénus devant le Soleil par siècle, mais aucun transit n'a eu lieu au cours du 20^{ème} siècle. Au 19^{ème} siècle les passages de la planète devant le disque solaire ont eu lieu en 1874 et en 1882. Au 21^{ème} siècle, le même phénomène s'est reproduit très récemment le 8 juin 2004.

Le prochain transit de Vénus aura lieu le 6 juin 2012 mais il ne sera pas observable depuis la France.

La figure 5 est un montage photographique réalisé, en France, par un astronome amateur. On voit sur le même cliché quelques positions de ce transit.

À partir de ce cliché et des données astronomiques fournies, l'astronome amateur désire mesurer la vitesse orbitale de Vénus

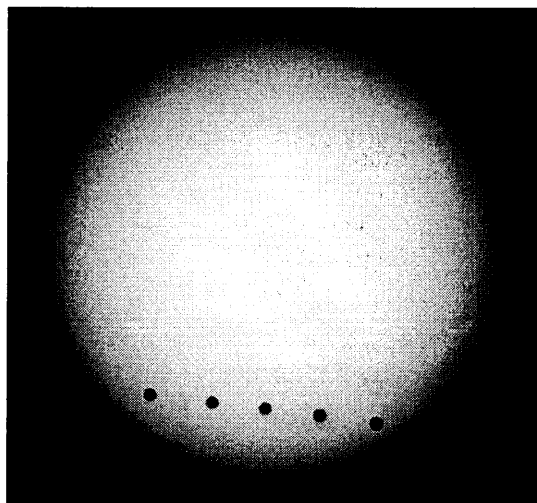


Figure 5

Quelques données astronomiques :

Soleil :	Masse	$M_1 = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$
	Distance moyenne à la Terre	$R_1 = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$
	Diamètre	$D_1 = 1,4 \times 10^6 \text{ km}$

Vénus :	Distance moyenne au Soleil	$R_2 = 1,0 \times 10^8 \text{ km}$
	Masse notée M_2	

Constante de la gravitation :	$G = 6,6 \times 10^{-11} \text{ SI}$
-------------------------------	--------------------------------------

Pour les applications numériques il faut choisir dans les aides fournies la valeur appropriée au résultat attendu.

1. Étude des caractéristiques du mouvement de Vénus

Dans tout l'exercice on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie.

L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre d'inertie du Soleil.

1.1. Comment nomme-t-on le référentiel d'étude ?

1.2. Nommer, exprimer vectoriellement puis représenter sur un schéma la force exercée par le Soleil sur la planète Vénus.

1.3. Dans le référentiel d'étude, appliquer à Vénus la deuxième loi de Newton (on négligera l'action des autres planètes sur Vénus). En déduire l'expression du vecteur accélération.

1.4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

1.4.1. *Le mouvement de la planète Vénus est uniforme.* Donner les caractéristiques du vecteur accélération de Vénus.

1.4.2. Retrouver, dans le référentiel choisi, l'expression de la vitesse de cette planète

$$v_2 = \sqrt{\frac{G.M_1}{R_2}}$$

1.4.3. En utilisant les données astronomiques fournies calculer, avec 2 chiffres significatifs, la valeur de cette vitesse.

Aide au calcul : $\sqrt{13} = 3,6$

1.5. Étude de la période de Vénus

1.5.1. Définir la période de révolution T_2 de la planète Vénus.

1.5.2. Exprimer cette période en fonction de la vitesse v_2 et de la distance R_2 . Calculer la valeur de cette période (en secondes).

Aide au calcul : $2\pi \times 3,6 = 23$; $\frac{2\pi}{3,6} = 1,7$

1.6. La 3^{ème} loi de Kepler

1.6.1. À partir des réponses aux questions 1.4.2 et 1.5.2, retrouver la 3^{ème} loi de Kepler.

1.6.2. Cette loi permet de déterminer la masse d'un astre central si les valeurs de la période et du rayon de l'orbite de l'un de ses satellites sont connues.

Exprimer littéralement la masse M_1 du Soleil en fonction des données astronomiques nécessaires.

2. Exploitation du transit de Vénus

En France le 8 juin 2004, on a pu observer le début du transit de Vénus (appelé 1^{er} contact) à 7 h 20 min et la fin du transit (appelé 3^{ème} contact) à 13 h 04 min heure locale).

On prendra pour la durée de ce transit

$$t_{AB} = 2,0 \times 10^4 \text{ s}$$

La photographie donnée en introduction (Figure 5) est remplacée par le schéma ci-contre plus facilement exploitable (Figure 6).

On appelle A et B les points à la périphérie du Soleil correspondant au 1^{er} et au 3^{ème} contact.

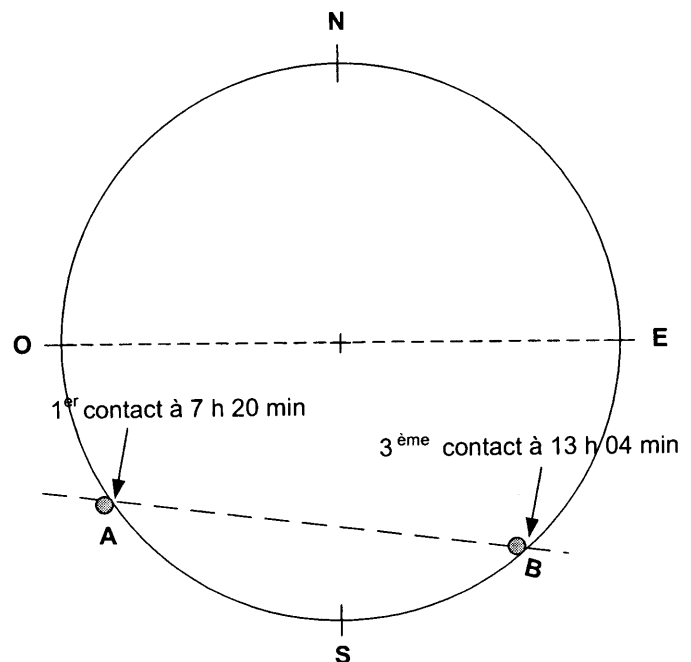


Figure 6

2.1. On admet que, sur la Figure 6, le rapport des distances $\frac{AB}{OE}$ est égal à $\frac{3}{4}$.

À l'aide des données astronomiques fournies calculer la distance AB à la surface du disque solaire.

2.2. La planète Vénus se déplace dans l'espace entre la Terre et le Soleil. À chaque instant la position de la Terre, celle de Vénus et celle de la tache repérée sur le disque solaire sont alignées (voir la Figure n°7 ci-dessous).

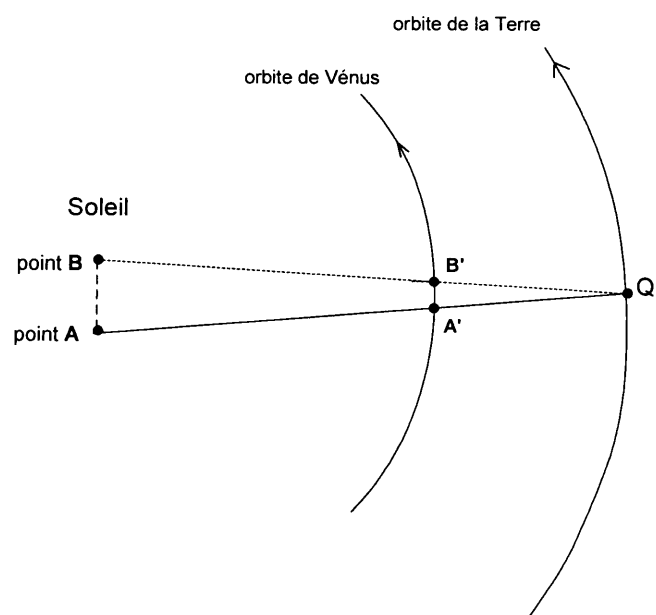


Figure 7 (ce schéma n'est pas à l'échelle)

2.2.1. Dans un premier temps, l'astronome amateur considère que pendant la durée du transit de Vénus la Terre reste immobile, à la position Q_1 (voir Figure 7 ci-dessus), par rapport au Soleil.

En considérant que la durée écoulée entre le premier contact et le troisième contact est égale à $t_{AB} = 2,0 \times 10^4$ s, montrer que la vitesse de Vénus déterminée à partir de la figure n°7 est alors voisine de $v_1 \approx 18 \text{ km.s}^{-1}$ (valeur inférieure à la valeur v_2 calculée en 1.4.3). On assimilera les segments $A'B'$ et AB à deux segments parallèles.

2.2.2. Pour expliquer cette différence entre les deux valeurs calculées l'astronome amateur veut vérifier s'il était légitime de considérer la Terre immobile à la position Q_1 pendant la durée du transit.

Sachant que la Terre se déplace sur son orbite à la vitesse de 30 km.s^{-1} calculer la distance Q_1Q_2 parcourue par la Terre sur son orbite pendant la durée t_{AB} . La comparer à la distance AB et montrer qu'on ne peut considérer la Terre immobile durant cette période.

2.2.3. Si durant la durée t_{AB} la Terre se déplace de la position Q_1 à la position Q_2 , la planète Vénus se déplace de la position A' à la position B'' différente de B' .

Sur la Figure 8 **EN PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** placer le point B'' pour montrer que la distance $A'B''$ réellement parcourue par Vénus pendant la durée de l'occultation est supérieure à $A'B'$.

On peut ainsi retrouver par calcul la valeur de la vitesse orbitale de Vénus donnée dans les tables astronomiques, soit 35 km.s^{-1} .

Exercice n°1 : UNE EQUATION AU SERVICE DES SCIENCES PHYSIQUES (9,5 points)

L'équation différentielle $\frac{dx}{dt} + \alpha x = \beta$ (1), (α et β étant des grandeurs constantes), permet de décrire un grand nombre de phénomènes physiques variables au cours du temps: intensité, tension, vitesse, grandeur radioactive.

On rappelle que mathématiquement cette équation admet en particulier 2 solutions :

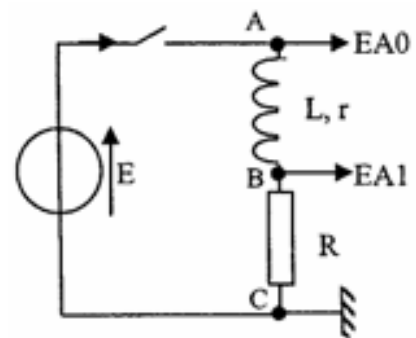
$$x(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot (1 - e^{-\alpha t}) \text{ si } \beta \neq 0 \quad (2) \quad \text{et} \quad x(t) = X_0 e^{-\alpha t} \text{ si } \beta = 0 \text{ avec } X_0 \text{ grandeur constante}$$

PARTIE A: DANS LE DOMAINE DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

Cette première partie tend à montrer la validité du modèle pour un circuit électrique mettant en jeu une bobine d'inductance L et de résistance $r = 11,8 \, \Omega$ (donc non négligeable), et un conducteur ohmique de résistance $R = 12 \, \Omega$, alimenté par un générateur délivrant une tension continue $E = 6,1 \, \text{V}$.

On réalise expérimentalement le circuit électrique ci-contre. L'évolution des grandeurs variables, tension $u(t)$ et intensité $i(t)$, est obtenue par voie informatique.

- La voie EA0 permet de visualiser la tension E
- La voie EA1 permet de visualiser la tension U_{BC}

**1. Étude expérimentale**

La courbe expérimentale donnant l'évolution de l'intensité $i(t)$, obtenue par traitement informatique est donnée en **ANNEXE n°1, graphique 1**.

1.1. Évaluer graphiquement la durée du régime transitoire. Aucune justification n'est demandée.

1.2. τ étant la constante de temps associée au dipôle {bobine-conducteur ohmique} :

1.2.1. Donner l'expression littérale de τ en fonction des paramètres du circuit.

1.2.2. En déduire l'expression de l'inductance de la bobine et calculer sa valeur (elle doit être comprise entre 0,95 H et 1,20 H).

2. Modèle théorique

2.1. En utilisant la loi d'additivité des tensions et en respectant l'orientation du circuit, établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité $i(t)$.

2.2. Par identification avec l'équation (1) vérifier que $\alpha = \frac{R+r}{L}$ et donner l'expression de β .

2.3. En déduire l'équation horaire littérale $i(t)$ en fonction de $\{r, R, L \text{ et } E\}$. Montrer que cette solution valide bien l'équation établie en **2.1**.

2.4. Montrer que cette équation horaire peut s'écrire $i(t) = \frac{E}{R+r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$.

3. Confrontation des résultats expérimentaux avec le modèle théorique.

On rappelle que $\lim_{x \rightarrow -\infty} e^x = 0$ et $e^0 = 1$

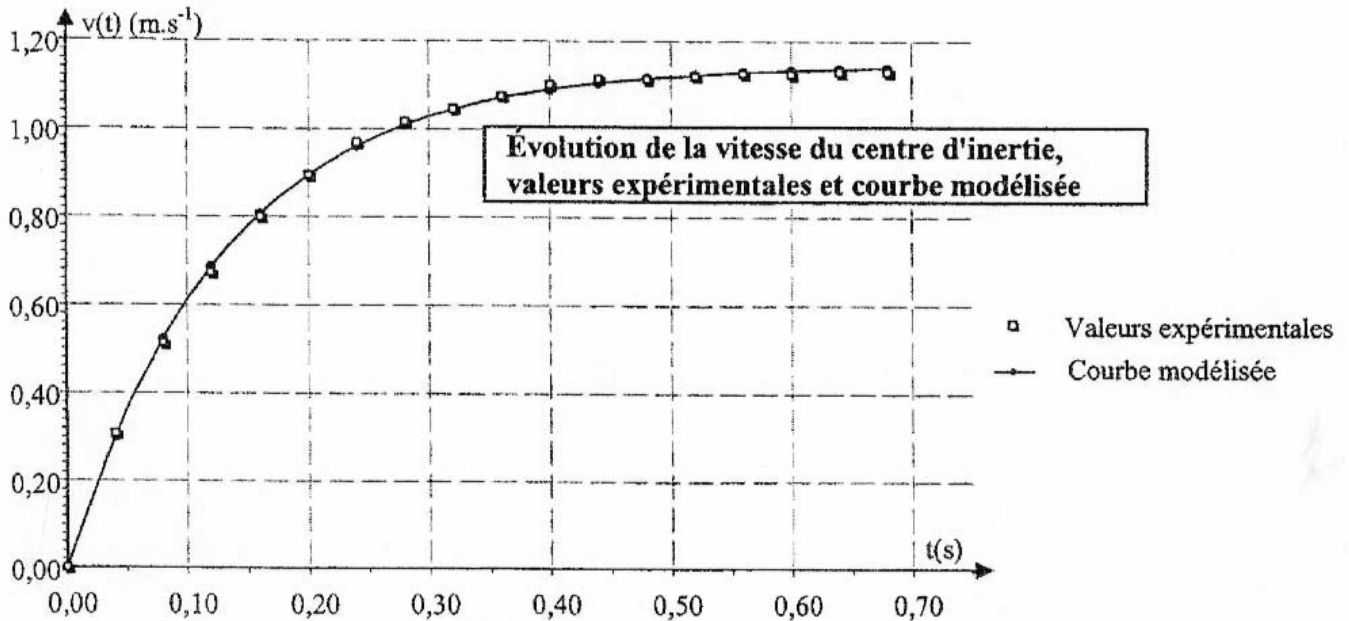
3.1. On appellera I l'intensité en régime permanent (l'intensité étant constante). Donner l'expression littérale de I . Calculer sa valeur. Est-elle en accord avec la valeur expérimentale obtenue ?

3.2. Donner l'expression littérale de $i(t)$ à la date $t = \tau$ en fonction de I . Calculer sa valeur. Est-elle en accord avec l'expérience ?

PARTIE B : DANS LE DOMAINE MÉCANIQUE.

L'étude de la chute d'une bille d'acier, de masse m , dans un fluide de masse volumique ρ_{fluide} a été exploitée grâce à un logiciel.

Les capacités du logiciel permettent ensuite de faire tracer l'évolution de la vitesse du centre d'inertie en fonction du temps. Les deux courbes, expérimentale et modélisée, sont proposées ci-dessous, mais ne donnent lieu à aucune exploitation.



1. Exploitation de l'équation $v(t)$ modélisée.

L'équation mathématique associée à la courbe modélisée, vérifie $v(t) = 1,14 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{0,132}}\right)$ (3), avec

$v(t)$ en m.s^{-1} et t en s. **Cette équation est identifiable à l'équation (2).**

1.1. Déterminer la valeur de α et du rapport $\frac{\beta}{\alpha}$. Donner, sans justification, l'unité du rapport $\frac{\beta}{\alpha}$.

1.2. Montrer que l'équation différentielle ayant l'équation (3) pour solution vérifie l'écriture numérique $\frac{dv}{dt} + 7,58 v = 8,64$.

2. Étude du phénomène physique.

2.1. Faire l'inventaire des forces appliquées à la bille. Les représenter sur un schéma, en sens et direction appliquée au centre d'inertie G de la bille.

2.2. Appliquer au système bille la seconde loi de Newton.

3. Exploitation de la modélisation

La bille ayant servi à réaliser l'étude est une bille d'acier de masse $m = 32 \text{ g}$ et de volume V . L'accélération de la pesanteur est $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Les forces de frottement qui s'appliquent à la bille ont pour expression $\vec{f} = -k \vec{v}$.

3.1. En utilisant un axe vertical orienté vers le bas, montrer que l'équation différentielle relative à la

grandeur variable $v(t)$ vérifie $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = \left(1 - \frac{\rho_{\text{fluide}} \cdot V}{m}\right) \cdot g$.

3.2. En déduire l'expression littérale des coefficients α et β de l'équation (1).

3.3. Quelle serait la valeur du coefficient β si la poussée d'Archimède était nulle ? En utilisant l'équation établie en 1.2., justifier que cette force doit être prise en compte.

PARTIE C : DANS LE DOMAINE DE LA RADIOACTIVITÉ

Les traceurs radioactifs sont des radio-isotopes très utilisés en imagerie médicale pour l'exploration des organes.

Des dispositifs adaptés transforment en image les mesures d'activité enregistrées.

Le ^{11}C est un traceur radioactif utilisé pour suivre en particulier l'évolution de la maladie de Parkinson. Le traceur radioactif se fixe sur le cerveau. L'activité moyenne résiduelle évolue au cours du temps selon la loi $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ (4).

1. L'évolution de l'activité d'un échantillon de ^{11}C est donnée sur le **graphique 2** de l'**ANNEXE n°1**. On va utiliser ce graphique pour atteindre les grandeurs radioactives caractéristiques du ^{11}C .

1.1 Montrer par analyse dimensionnelle que λ (constante radioactive), est identifiable à l'inverse d'un temps.

1.2 Rappeler la relation liant λ à la constante de temps τ du radio isotope. Exprimer la loi d'évolution $A(t)$ en fonction de τ .

1.3 Évaluer graphiquement la valeur de la constante de temps τ et en déduire la valeur de λ .

On prendra par la suite $\lambda = 3,40 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$.

1.4 Définir le temps de demi-vie $t_{1/2}$, le déterminer graphiquement.

2. $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ étant solution de l'équation différentielle $\frac{dA}{dt} + \lambda \cdot A(t) = 0$, on se propose d'utiliser la méthode itérative d'Euler pour résoudre cette équation.

On rappelle que pour une grandeur variable $x(t)$, la méthode d'Euler permet d'écrire:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + \frac{dx}{dt} \Delta t$$

Exploiter cette équation pour établir la relation liant $A(t + \Delta t)$, $A(t)$, λ et Δt .

3. L'activité initiale de la dose injectée au patient est $A_0 = A(t_0) = 3,00 \cdot 10^8 \text{ Bq}$.

La méthode d'Euler impose de se fixer un pas Δt pour effectuer les calculs.

3.1. Justifier que la valeur $\Delta t = 15 \text{ min}$ n'est pas correctement adaptée à l'étude.

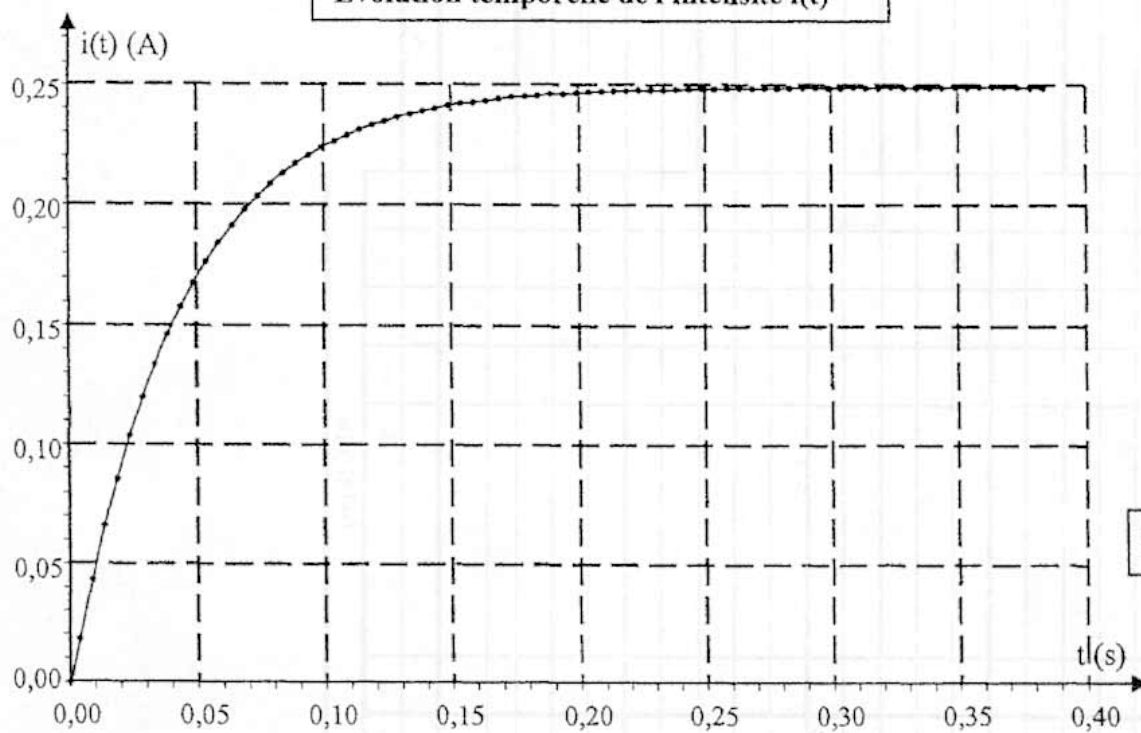
3.2. On choisit de faire les calculs avec un pas $\Delta t = 5 \text{ min}$. Recopier et compléter le tableau ci-dessous mettant en parallèle les résultats obtenus avec la méthode d'Euler et ceux obtenus à partir de l'équation théorique (4).

Date (min)	$A_{\text{Euler}} \text{ (Bq)}$	$A_{\text{théorique}} \text{ (Bq)}$
0	$3,00 \cdot 10^8$	$3,00 \cdot 10^8$
5		$2,53 \cdot 10^8$
10	$2,07 \cdot 10^8$	
15	$1,72 \cdot 10^8$	$1,80 \cdot 10^8$

3.3. On considérera que le choix de Δt est pertinent si l'écart relatif entre A_{Euler} et $A_{\text{théorique}}$ est inférieur à 5%. La valeur proposée pour Δt vous semble-t-elle correctement adaptée ?

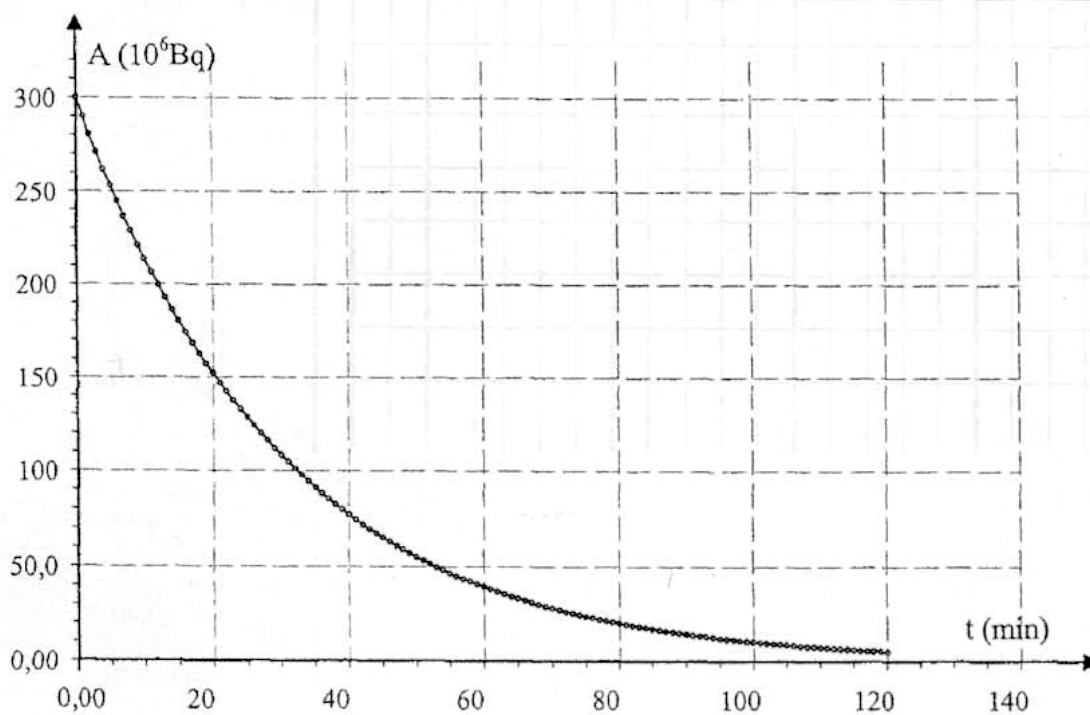
ANNEXE n°1 À rendre avec la copie

Évolution temporelle de l'intensité $i(t)$



Graphique 1

Courbe donnant l'évolution d'un échantillon de ^{11}C en fonction du temps

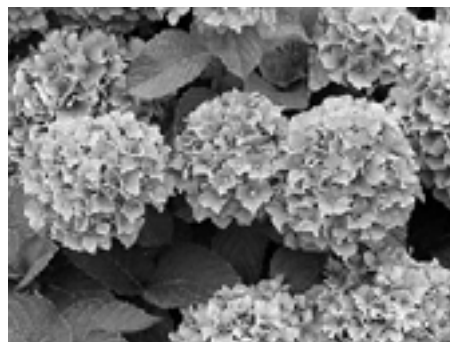
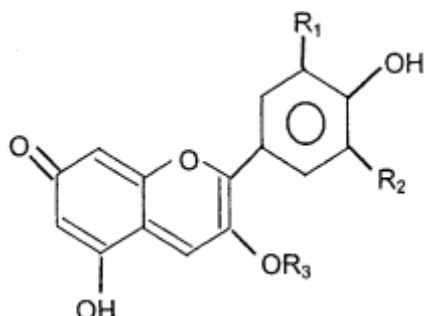


Graphique 2

Exercice n°2 : À QUOI EST DUE LA COULEUR DES FLEURS D'HORTENSIAS ? (2,5 points)

Certaines fleurs, comme celles des hortensias, possèdent des couleurs variées dues à des pigments naturels.

Les couleurs rouge, mauve, violette et bleue viennent de la présence d'anthocyanines dans les pétales. La couleur violette est due à la molécule suivante que l'on notera HA dans la suite de l'exercice.



1. INTRODUCTION.

HA peut appartenir à deux couples H_2A^+ / HA de $pK_{a1} = 4,3$ et HA / A^- de $pK_{a2} = 7$

L'espèce H_2A^+ est rouge, l'espèce HA est violette et l'espèce A^- est bleue.

On rappelle que $pK_e = 14$.

- 1.1. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.
- 1.2. Préciser dans chacun des 2 couples la forme acide et la forme basique.

2. COMPORTEMENT DE HA EN TANT QU'ACIDE.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction de HA en tant qu'acide avec l'eau.
- 2.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre de cette réaction. Comment appelle-t-on cette constante ? Donner sa valeur.

Le pH d'une solution contenant HA est de 10.

- 2.3. À partir de l'expression de K, évaluer littéralement, puis calculer le rapport $\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$
- 2.4. En déduire l'espèce prédominante. Conclure sur la couleur de la solution.

3. COMPORTEMENT DE HA EN TANT QUE BASE.

- 3.1. Écrire l'équation de la réaction de HA en tant que base avec l'eau.
- 3.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre K' de cette réaction. Quelle est la relation entre K_{a1} et K' ?

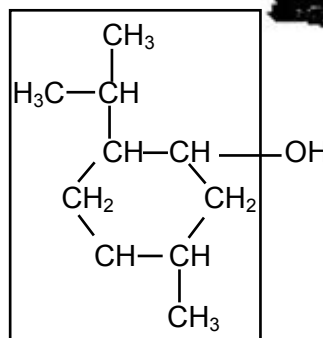
4. CONCLUSION : COULEUR DES HORTENSIAS.

- 4.1. Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces H_2A^+ , HA et A^- suivant les valeurs du pH.
- 4.2. Pourquoi les fleurs d'hortensias peuvent-elles changer de couleur suivant la nature du sol ?

Exercice n°3 : LA MENTHE POIVRÉE (4 points)

La menthe poivrée, calmante (maux de tête, coups de soleil) mais aussi stimulante, digestive, antispasmodique et antiseptique est bien connue pour ses bienfaits depuis des siècles.

Utilisée en parfumerie, son huile essentielle contient un ester très odorant: l'éthanoate de menthyle que l'on peut synthétiser en laboratoire, à partir de menthol et d'un acide carboxylique.



1. PRÉLIMINAIRES :

Le menthol a pour formule semi-développée :

Dans la suite de l'exercice, on le notera pour simplifier R-OH
R est le groupement encadré ci-contre.

- 1.1. À quelle famille chimique appartient le menthol ?
- 1.2. Donner le nom et la formule semi-développée de l'acide carboxylique qui, par réaction avec le menthol, permet de synthétiser l'éthanoate de menthyle.
- 1.3. À l'aide des formules semi-développées (**simplifiée pour le menthol**), écrire l'équation de la réaction de synthèse de l'ester.
- 1.4. On mélange à l'instant initial 0,10 mol d'acide carboxylique précédent et 0,10 mol de menthol. Donner l'expression du quotient de réaction Q_r et calculer sa valeur à l'instant initial.
- 1.5. La constante d'équilibre K associée à cette réaction est égale à 2,3 à 70°C. Quel est le sens d'évolution spontanée du système ?

2. SYNTHÈSE DE L'ETHANOATE DE MENTHYLE.

Protocole expérimental de l'expérience n°1:

Afin de synthétiser l'éthanoate de menthyle, on introduit dans un erlenmeyer maintenu dans la glace :

- 0,10 mol d'acide carboxylique précédent
- 0,10 mol de menthol
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré

On répartit de façon égale le mélange dans 10 tubes à essais que l'on surmonte d'un réfrigérant à air.

On plonge simultanément les 10 tubes dans un bain marie thermostaté à 70°C et on déclenche le chronomètre.

À intervalles de temps réguliers, on place un tube à essai dans un bain d'eau glacée et on dose l'acide restant par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$) en présence d'un indicateur coloré approprié.

Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe d'évolution de la quantité de matière d'ester formée en fonction du temps ($n_{\text{ester formé}} = f(t)$) donnée en **ANNEXE graphique A** :

- 2.1. Pourquoi faut-il placer les tubes à essais dans la glace avant titrage ? Justifier votre réponse.

2.2. Écrire, à l'aide des formules semi-développées, l'équation de la réaction associée au titrage de l'acide carboxylique par la solution d'hydroxyde de sodium.

3. EXPLOITATION DES RÉSULTATS :

- 3.1. Compléter le tableau d'avancement associé à la réaction écrite en 1.3 **proposé en ANNEXE et à rendre avec la copie** et déterminer $x_{\max}$.
- 3.2. À l'aide de la courbe précédente, calculer le rendement de la réaction. Conclure.
- 3.3. Exprimer le quotient de réaction à l'équilibre en fonction de l'avancement final x_f et des quantités de matière initiales.
- 3.4. À l'aide de la valeur de x_f expérimental déterminer la valeur de la constante d'équilibre K . Est-elle cohérente avec celle fournie dans la partie 1 ?
- 3.5. Comment évaluer graphiquement la vitesse de la réaction ?
- 3.6. Comparer les vitesses v_1 (à $t = t_1$) et v_2 (à $t = t_2$) et justifier l'évolution de la valeur de la vitesse de la réaction au cours du temps.

4. INFLUENCE DES CONDITIONS EXPÉRIMENTALES :

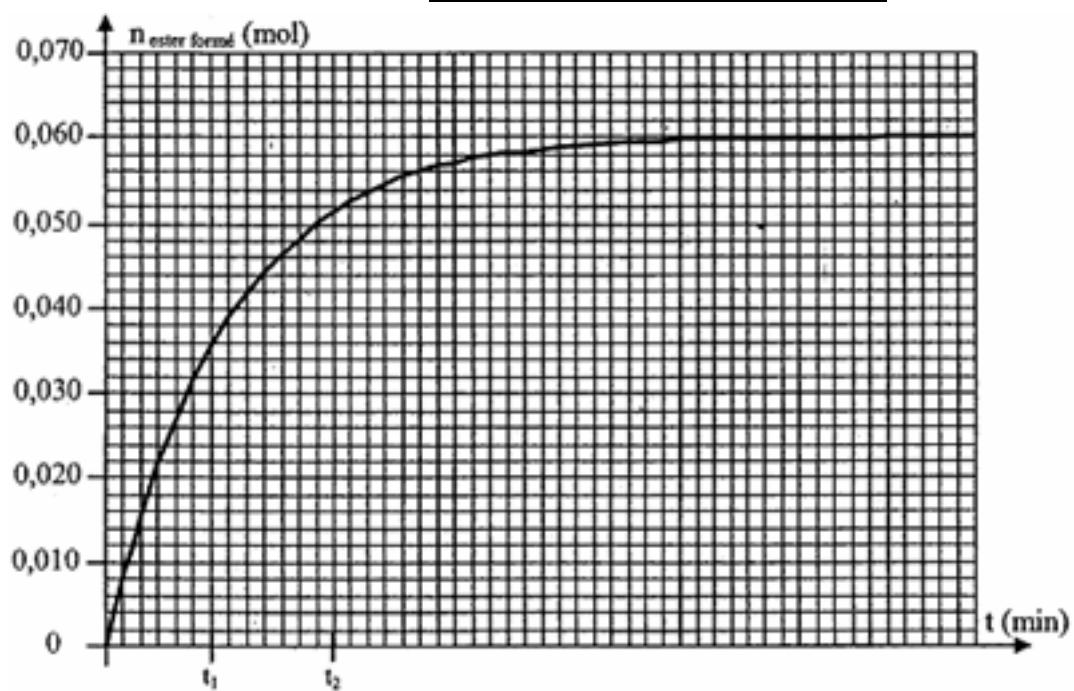
On réalise 3 autres expériences de façon analogue à l'expérience n°1 mais en faisant varier les conditions expérimentales (température, quantité de matière initiale des réactifs) suivant le tableau ci-dessous :

Quantité de matière (en mol)	<u>Expérience n°1</u>	<u>Expérience n°2</u>	Expérience n°3
Acide carboxylique	0,10	0,10	0,20
Menthol	0,10	0,10	0,10
Température (°C)	70	20	70

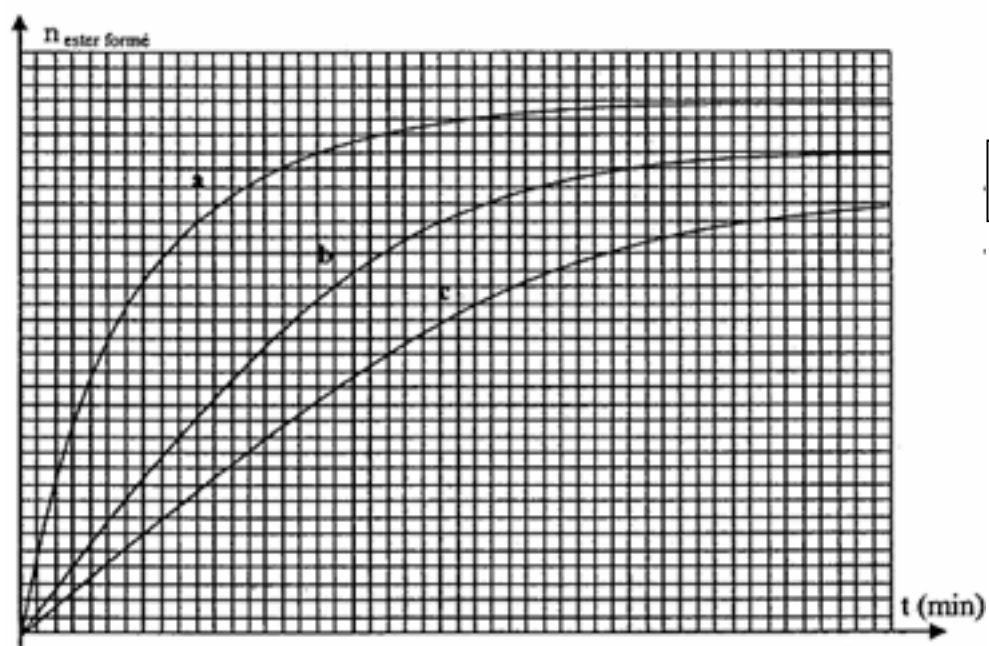
On trace à nouveau les courbes $n_{\text{ester formé}} = f(t)$ et on obtient les allures données en **ANNEXE graphique B :**

Attribuer, en justifiant votre réponse, les courbes a, b et c aux conditions expérimentales 1, 2 et 3.

ANNEXE: À rendre avec la copie



Graphique A



Graphique B

Équation		 + ROH =			
État	Avancement	Quantités de matière			
Initial	0				
Intermédiaire	x				
Final	x_f				

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

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 deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8 y compris celle-ci.

**Une feuille de papier millimétré est nécessaire pour les exercices II et III.
La page 8/8 est à rendre avec la copie après avoir été complétée.**

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

- | | |
|------------------------------|--------------|
| I. Étude d'un oscillateur. | (5,5 points) |
| II. Fermentation dans le vin | (6,5 points) |
| III. Le polonium | (4 points) |

EXERCICE I : ÉTUDE D'UN OSCILLATEUR (5,5 points)

Notre objectif est d'étudier le mouvement d'une masse m attachée à un support immobile par un ressort horizontal de constante de raideur k .

I - L'OSCILLATEUR HARMONIQUE

Une masse est libre de se déplacer sans frottement sur un rail horizontal. Après avoir écarté la masse de sa position d'équilibre, on la libère sans vitesse initiale.

1. Représenter sur le schéma donné en **annexe 1 page 8 à rendre avec la copie** les forces agissant sur la masse m . Le point O donne l'abscisse du centre de gravité G à la position d'équilibre du système. Dans cette position le ressort n'est ni étiré ni comprimé.
2. En utilisant la deuxième loi de Newton, démontrer que l'équation différentielle du mouvement relative à l'abscisse x du centre de gravité G du mobile à l'instant t s'écrit :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0 \quad \text{où} \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}.$$

On établira cette équation dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

3. Montrer que l'expression $x(t) = A \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi)$ est solution de cette équation différentielle.
4. On suppose qu'à l'instant initial $t = 0$ s, l'oscillateur possède une amplitude $x_0 = 2$ cm et une vitesse $\left(\frac{dx}{dt}\right)_{t=0s} = 0$. Déterminer les constantes A et φ qui correspondent à ces conditions initiales.
5. Exprimer la période propre T_0 des oscillations de l'oscillateur en fonction de k et m .

II - ÉTUDE ÉNERGETIQUE

1. Établir l'expression du travail élémentaire δW d'une force extérieure appliquée à l'extrémité du ressort pour un allongement très petit δx . Déterminer par méthode graphique ou par intégration le travail effectué W par cette force pour un allongement x à partir de l'origine O.
2. Donner l'expression de l'énergie potentielle élastique du système {masse - ressort} en fonction de l'allongement x .

- Donner l'expression de l'énergie cinétique de la masse m et de l'énergie totale du système.
- Quelle est l'hypothèse qui permet d'affirmer, dans cet exercice, que l'énergie totale du système reste constante ? En déduire son expression en fonction k et de l'amplitude maximale x_0 .

III - APPLICATION A LA MOLECULE DE CHLORURE D'HYDROGENE

Notre objectif est d'étudier le mouvement de vibration d'une molécule de chlorure d'hydrogène (HCl). Cette molécule peut-être modélisée par une masse m correspondant à l'atome d'hydrogène, un support immobile correspondant à l'atome de chlore, les deux parties étant reliées par un ressort de constante de raideur k qui représente la liaison entre les deux atomes.

- Calculer la période propre T_0 pour la molécule de chlorure d'hydrogène sachant que la constante d'Avogadro N_A vaut $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, que la masse molaire atomique M de l'hydrogène est de $1,00 \text{ g.mol}^{-1}$ et que la constante de raideur k vaut 510 N.m^{-1} .
- Ce système peut fonctionner comme un résonateur, une onde électromagnétique de fréquence ν constituant son excitateur. Pour quelle valeur de la fréquence de l'onde observera-t-on le phénomène de résonance ?
- Calculer la longueur d'onde dans le vide correspondant à cette fréquence et en déduire dans quel domaine de radiation est située l'onde excitatrice.
(Célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$).
- On remplace l'hydrogène par le deutérium noté ${}^2_1\text{H}$ de masse double par rapport à celle de l'hydrogène ; que devient la fréquence propre de vibration (ou d'oscillation) ?

EXERCICE II : FERMENTATION DANS LE VIN (6,5 points)

« Le vin est une boisson provenant exclusivement de la fermentation du raisin frais ou du jus de raisin frais ».

Telle est la définition légale du vin mais derrière le terme « fermentation » se cachent des transformations que les chimistes ont mis des années à découvrir.

Dans les années 1960, on commença à s'intéresser à une autre fermentation qui se produit généralement après la fermentation alcoolique et à laquelle on n'attachait pas trop d'importance jusqu'alors car on pensait qu'il s'agissait d'un achèvement de la fermentation alcoolique.

Il s'agit de la fermentation malolactique qui consiste en une transformation totale de l'acide malique présent dans le jus de raisin en acide lactique sous l'action de bactéries.

Cette fermentation, longtemps ignorée, a une influence reconnue sur la qualité gustative de certains vins à condition de la conduire convenablement.

Les techniques actuelles de suivi de ces fermentations se font par dosage enzymatique ; elles consistent essentiellement à doser l'alcool contenu dans le vin.

Principe du dosage :

Étape 1 : On effectue une distillation du vin de telle façon que l'on recueille une solution incolore contenant tout l'éthanol présent dans le vin.

Étape 2 : L'éthanol est oxydé par la nicotinamide-adénine-dinucléotide (NAD^+) dans une réaction catalysée par une enzyme spécifique. La réaction produit de la nicotinamide-adénine-dinucléotide réduite (NADH) en quantité de matière égale à celle de l'éthanol dosé selon l'équation :



Étape 3 : On mesure l'absorbance de la NADH par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 340 nm lors du dosage.

A – PREMIERE PARTIE : DETERMINATION DU DEGRE ALCOOLIQUE D'UN VIN

« On appelle degré alcoolique d'une boisson alcoolisée, le volume (exprimé en mL) d'éthanol contenu dans 100 mL de cette boisson, les volumes étant mesurés à 20°C. »
On l'exprime en % vol.

I – Questions préliminaires

1. Montrer que la réaction (1) est bien une réaction d'oxydo-réduction en faisant apparaître le transfert d'électrons entre les deux couples donnés.

Couples d'oxydo-réduction : $\text{CH}_3\text{CHO}/\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ NAD^+/NADH

2. Quel est le rôle du catalyseur ?

II – Étalonnage du spectrophotomètre

On réalise une gamme de quatre solutions étalons ; chaque solution étalon contient :

- NAD^+ en excès,
- Le catalyseur,
- Une solution de concentration massique connue en éthanol.

On mesure l'absorbance de chaque solution étalon et on obtient les résultats suivants :

Solution étalon	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Concentration massique C_m en mg.L^{-1}	50	100	200	300
Absorbance : A	0,08	0,16	0,32	0,48

1. Lors du réglage initial, quelle valeur doit-on donner à l'absorbance de la solution de référence avant toute mesure ?
2. Tracer la courbe A en fonction de la concentration massique.
3. Montrer que la représentation graphique est en accord avec la loi de Beer-Lambert $A = kC_m$. Déterminer la valeur de k en L.mg^{-1} .

III – Préparation et dosage de l'éthanol contenu dans le vin

On distille 20 mL de vin ; le distillat est ensuite ajusté à 200 mL avec de l'eau distillée pour obtenir une solution appelée D.

On prépare l'échantillon à doser par spectrophotométrie en introduisant :

- 1 mL de solution D,
- Le catalyseur,
- NAD^+ en excès,

dans une fiole jaugée de 50 mL que l'on complète avec de l'eau distillée.

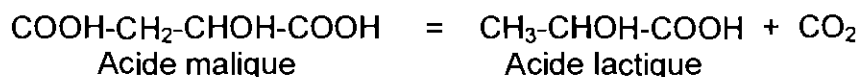
L'absorbance mesurée pour cet échantillon vaut : $A_e = 0,30$.

1. Montrer que l'échantillon préparé correspond à une dilution au $1/50^e$ de la solution D.
2. Par une méthode de votre choix à préciser, déterminer à partir de l'absorbance mesurée A_e la concentration massique en éthanol de l'échantillon étudié.
3. En déduire la concentration massique en éthanol :
 - a) de la solution D.
 - b) du vin.
4. Déterminer alors le degré alcoolique du vin.

Donnée : - Masse volumique de l'éthanol supposée constante dans le domaine de concentration considéré : $0,80 \text{ kg.L}^{-1}$

B – DEUXIEME PARTIE : CINETIQUE DE LA FERMENTATION MALOLACTIQUE

L'équation de la fermentation malolactique est :



Le dosage enzymatique de l'acide malique restant dans le vin a donné les résultats suivants pour une température de fermentation maintenue à 20°C

Concentration massique $C_m(t)$ en acide malique (g.L^{-1})	3,5	2,3	1,6	0,8	0,5	0,27	0
Date t (en jours)	0	4	8	12	16	20	28

1. Montrer que la concentration molaire en acide malique restant dans le vin à l'instant t s'exprime par : $[\text{acide malique}](t) = \frac{C_m(t)}{134}$.

En déduire la quantité de matière d'acide malique $n_{\text{acide malique}}(t=0)$ initiale dans un litre de vin.

2. A l'aide d'un tableau descriptif de l'évolution de la réaction, montrer que l'avancement à l'instant t de cette réaction pour un litre de vin se met sous la forme :

$$x(t) = 2,6 \times 10^{-2} - n_{\text{acide malique}}(t) .$$

3. La courbe représentant les variations de x en fonction du temps t est donnée en **annexe 2 page 8**.

a) Comment peut-on, à partir du graphe, évaluer la vitesse volumique de réaction à l'instant t ? (aucun calcul n'est demandé).

b) Commenter l'évolution de la vitesse volumique de la réaction au cours du temps.

4. Définir et déterminer le temps de demi réaction.

Données : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$

EXERCICE III : LE POLONIUM (4 points)

Le Polonium est un élément métallique radioactif rare de symbole Po. Son numéro atomique est 84. Il a été trouvé dans un minéral, la pechblende, en 1898, par le chimiste français Pierre Curie, qui lui donna le nom de la patrie d'origine de son épouse : la Pologne. Le Polonium 210 est le seul isotope que l'on trouve dans la nature. La plupart des isotopes du Polonium se désintègrent en émettant des particules alpha. L'élément constitue donc une source de radiations alpha (α).

(d'après <http://www.ac-creteil.fr>).

Les notations α et ${}^4_2\text{He}$ sont équivalentes.

On donne un extrait de la classification périodique des éléments :

Symbole	Th	Pb	Bi	Po	At
N° atomique	81	82	83	84	85

I - PREMIERE PARTIE :

1. Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?
2. Quelle est la composition du noyau de Polonium 210 ?
3. Écrire l'équation traduisant la désintégration de ce noyau, en indiquant les lois de conservation à respecter.

II - DEUXIEME PARTIE :

Soit $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon de Polonium, non désintégrés à la date t .

A $t = 0$ on note N_0 le nombre de noyaux radioactifs initial.

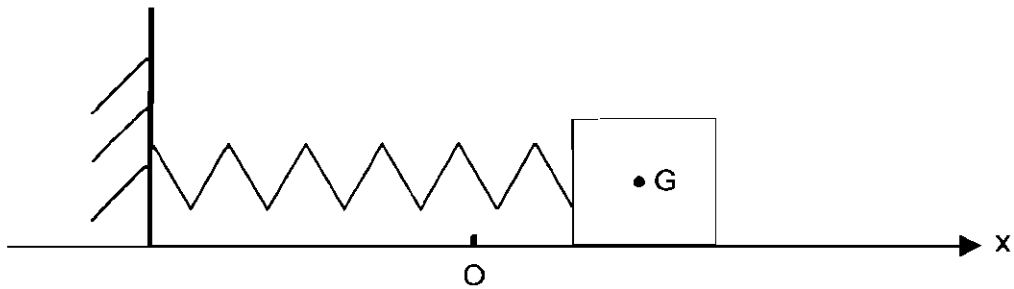
Un détecteur de radioactivité α associé à un compteur à affichage numérique permet d'effectuer les mesures regroupées dans le tableau ci-dessous :

t (jours)	0	40	80	120	160	200	240
$\frac{N(t)}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30

1. Compléter la ligne 3 du tableau donné en **annexe 3 page 8 à rendre avec la copie**.
2. Sur une feuille de papier millimétré, tracer la courbe $-\ln \left[\frac{N(t)}{N_0} \right] = f(t)$ en respectant l'échelle :
En abscisse : 1 cm représente 20 jours
En ordonnées : 1 cm représente 0,1.
3. Rappeler la loi de décroissance du nombre de noyaux non désintégrés d'un échantillon contenant initialement N_0 noyaux. Est-elle en accord avec la représentation graphique précédente ? Justifier la réponse.
4. Calculer la pente du graphe et déterminer λ constante de radioactivité caractéristique de l'isotope 210 du Polonium. Quelle est l'unité de λ ?
En déduire la constante de temps τ . Quelle est son unité ? Donner l'expression de la durée de demi-vie de l'échantillon notée $t_{1/2}$ et la calculer.

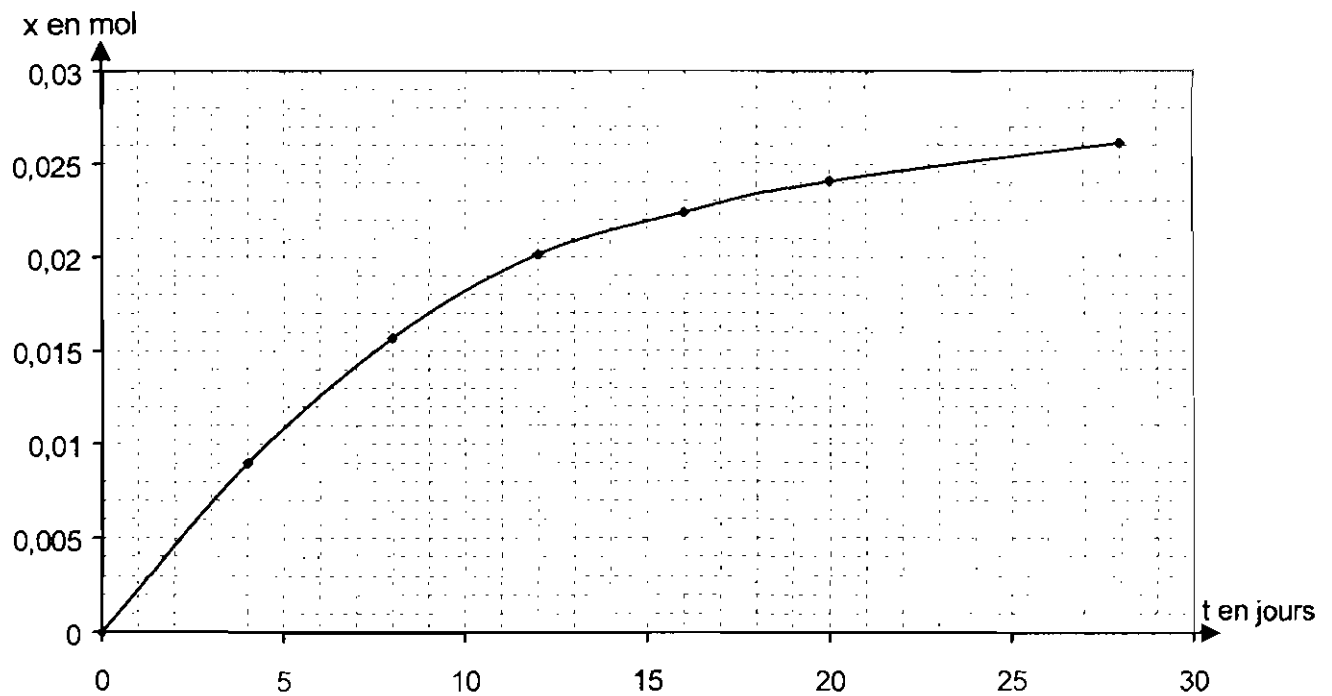
ANNEXES A RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 1 : Etude d'un oscillateur



Annexe 2 : Fermentation dans le vin $x = f(t)$

Évolution de l'avancement en fonction du temps



Annexe 3 : Le Polonium

t(jours)	0	40	80	120	160	200	240
$\frac{N(t)}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln \left[\frac{N(t)}{N_0} \right]$							

I. ÉTUDE D'UN DIPÔLE RL (4 points)

Sans calculatrice

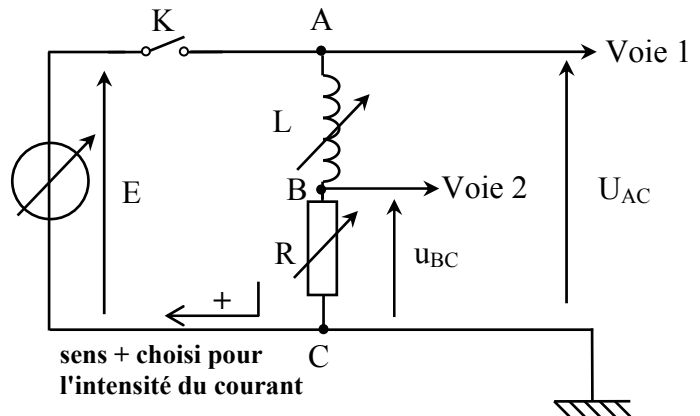
On se propose d'étudier l'établissement du courant dans un dipôle comportant une bobine et un conducteur ohmique lorsque celui-ci est soumis à un échelon de tension de valeur E .

Le conducteur ohmique a une résistance R . La bobine sans noyau de fer doux, a une inductance L ; sa résistance r est négligeable devant R .

Les valeurs de E , R , L sont réglables.

On dispose d'un système d'acquisition de données et d'un logiciel adapté pour le traitement des données.

On réalise le montage ci-contre :



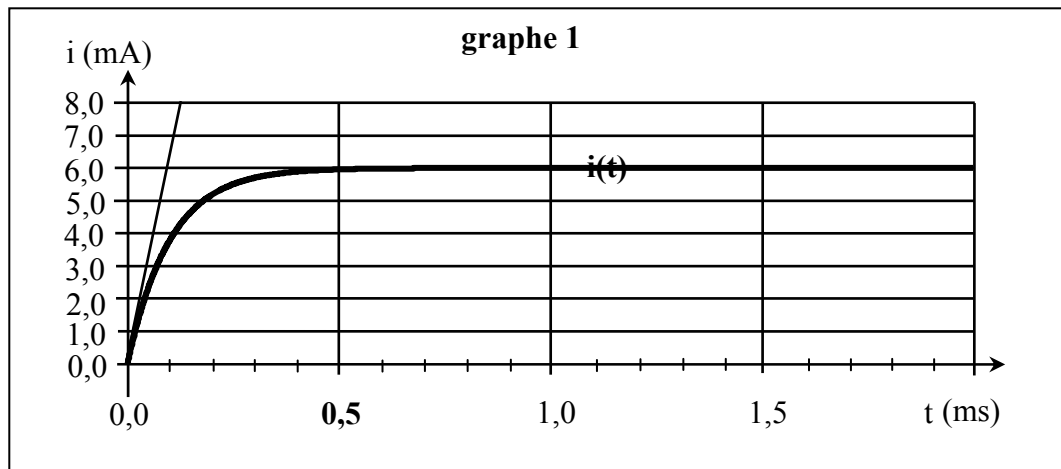
1. On réalise une première expérience (expérience A) pour laquelle les réglages sont les suivants :

$$L = 0,10 \text{ H} ; R = 1,0 \text{ k}\Omega ; E = 6,0 \text{ V}.$$

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

1.1. On veut suivre l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps. Quelle tension doit-on enregistrer et quelle opération doit-on demander au logiciel pour réaliser cette observation ? Justifier la réponse.

1.2. On obtient le graphe suivant (la tangente à la courbe au point origine est tracée) :



1.2.1. Déterminer graphiquement la valeur I de l'intensité du courant en régime permanent en explicitant la démarche.

1.2.2. Déterminer graphiquement la constante de temps τ du dipôle RL étudié en explicitant la démarche.

1.2.3. Cette valeur correspond-elle à celle attendue théoriquement ? Justifier la réponse.

1.3. Étude analytique.

1.3.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant $i(t)$.

On rappelle que l'équation différentielle cherchée est une relation entre la fonction $i(t)$ et sa dérivée par rapport au temps $\frac{di}{dt}$.

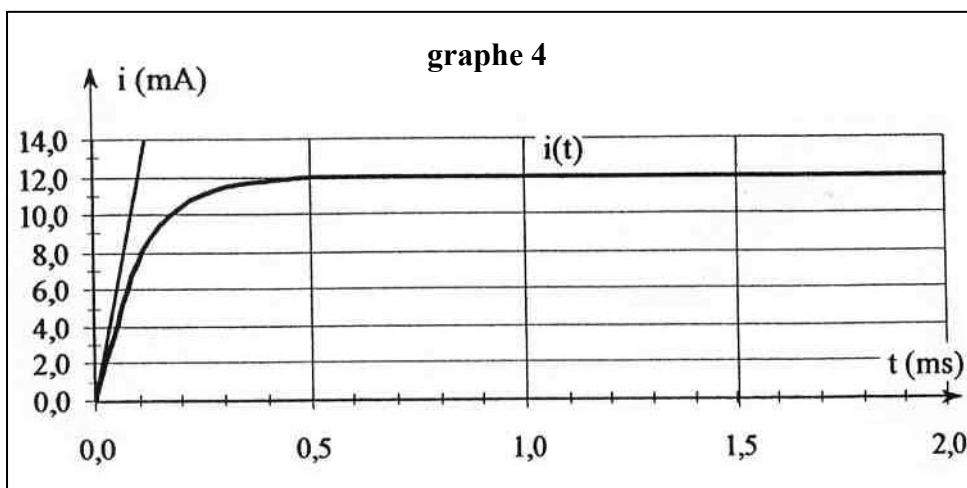
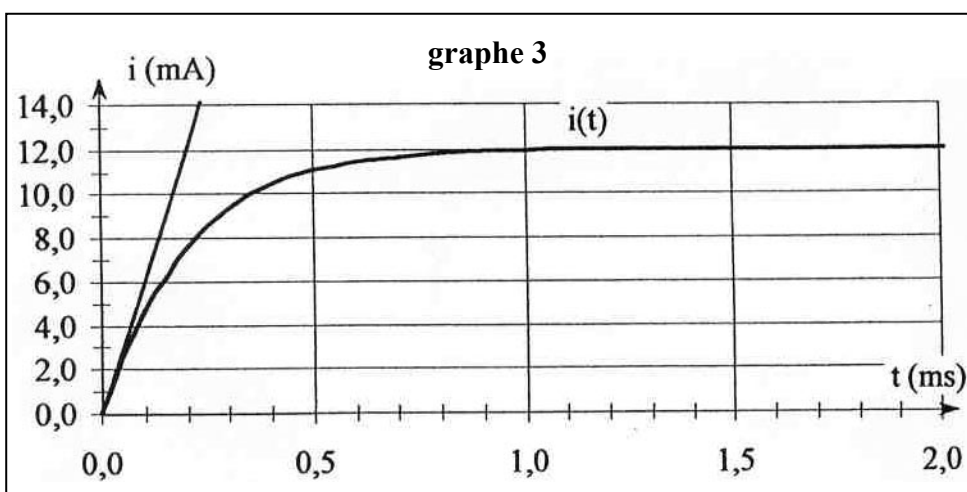
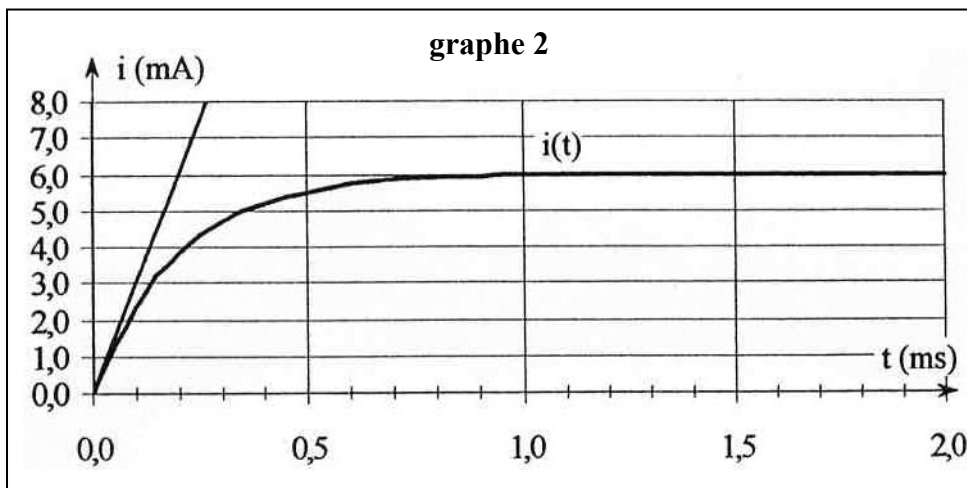
1.3.2. En déduire l'expression de l'intensité I du courant en régime permanent. Calculer sa valeur.

2. Influence de différents paramètres.

Afin d'étudier l'influence de différents paramètres, on réalise trois autres expériences en modifiant chaque fois l'un de ces paramètres. Le tableau suivant récapitule les valeurs données à E , R et L lors des quatre acquisitions.

	E (V)	R (k Ω)	L (H)
Expérience A	6,0	1,0	0,10
Expérience B	12,0	1,0	0,10
Expérience C	6,0	0,50	0,10
Expérience D	6,0	1,0	0,20

Associer chacun des graphes (2), (3), (4) à une expérience en justifiant précisément chaque choix.



II. LES OSCILLATEURS MÉCANIQUES (5,5 points)

Les parties A et B sont indépendantes. Dans tout ce qui suit, les frottements sont négligés.

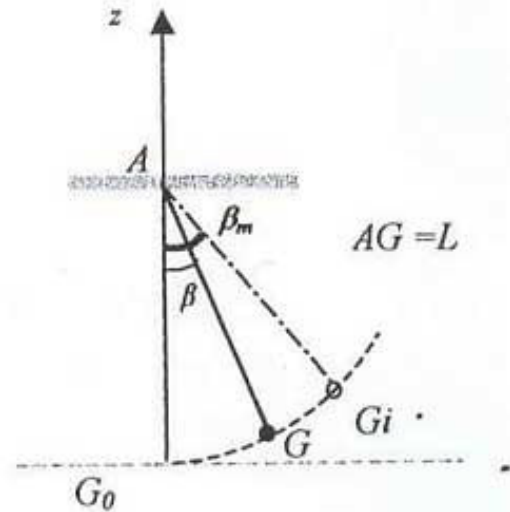
Partie A : pendule simple.

On étudie un pendule simple constitué d'une masse ponctuelle m , attachée à l'une des extrémités d'un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur L . Ce pendule est placé dans le champ de pesanteur dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

L'autre extrémité du fil est attachée en un point fixe A . Écarté de sa position d'équilibre G_0 , le pendule oscille sans frottements avec une amplitude β_m .

G_i est la position initiale à partir de laquelle le pendule est abandonné sans vitesse.

Une position quelconque G est repérée par β , élongation angulaire mesurée à partir de la position d'équilibre.



1. Étude énergétique.

1.1. Donner l'expression de l'énergie cinétique en G .

1.2. On prendra l'origine des énergies potentielles en G_0 , origine de l'axe des z . On montre que, dans ce cas, l'énergie potentielle en G peut se mettre sous la forme :

$$E_p = mgL(1 - \cos\beta).$$

Donner l'expression de l'énergie mécanique en fonction de m , g , L , v et β . Pourquoi l'énergie mécanique se conserve-t-elle ?

1.3. Exploitation.

Exprimer la vitesse au passage par la position d'équilibre en fonction de g , L et β_m . Calculer sa valeur.

Données : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $L = 1,0 \text{ m}$; $\cos\beta_m = 0,95$.

2. Isochronisme.

2.1. Énoncer la loi d'isochronisme des petites oscillations.

2.2. Choisir l'expression correcte de la période parmi les suivantes, en justifiant par une analyse dimensionnelle :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{g}{L}} \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\beta_m}{L}} \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{L}}$$

Partie B : oscillateur élastique.

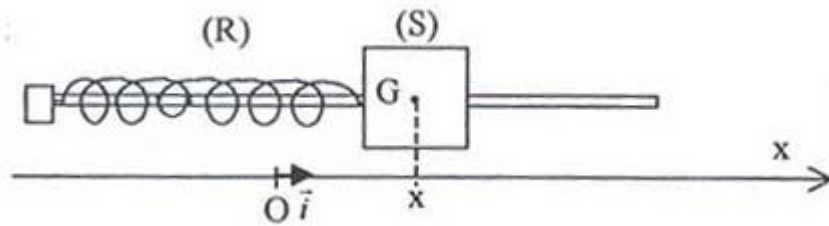
Un solide (S) de masse m , de centre d'inertie G , peut glisser sans frottements sur une tige horizontale. Il est accroché à un ressort (R) à spires non jointives, de raideur $k = 4,0 \text{ N.m}^{-1}$. L'ensemble constitue un oscillateur élastique horizontal, non amorti.

La masse du ressort est négligeable devant m et (S) entoure la tige de telle sorte que G se trouve sur l'axe de celle-ci (voir schéma page suivante).

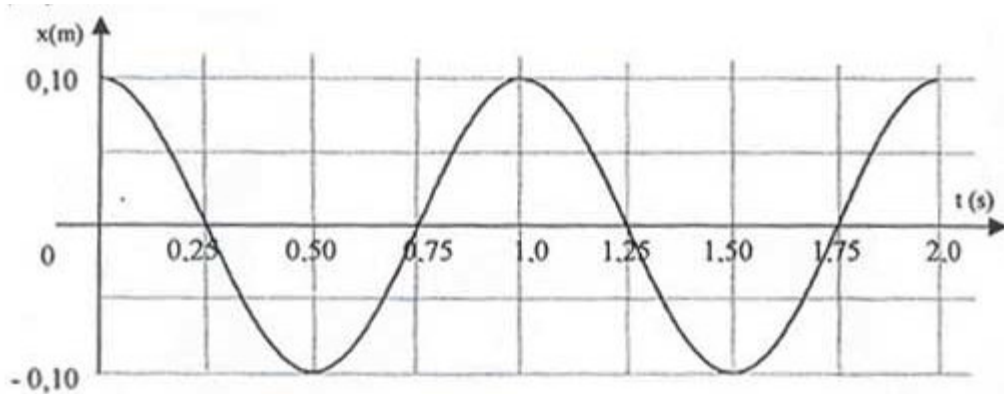
On étudie le mouvement de translation du solide (S) dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Lorsque le solide (S) est à l'équilibre, son centre d'inertie G se situe à la verticale du point O , origine de l'axe des abscisses. Le solide est écarté de 10 cm de sa position d'équilibre et abandonné sans vitesse initiale à la date $t = 0 \text{ s}$.

Dispositif expérimental :



On procède à l'enregistrement des positions successives de G au cours du temps par un dispositif approprié. On obtient la courbe ci-dessous :



1. Étude dynamique.

1.1. Reproduire sur la copie le schéma du dispositif expérimental ci-dessus. Représenter et nommer les forces en G, sans souci d'échelle, s'exerçant sur le solide (S).

1.2. En appliquant la deuxième loi de Newton au solide (S), établir l'équation différentielle (relation entre x et ses dérivées par rapport au temps) régissant le mouvement de son centre d'inertie G.

1.3. Une solution de l'équation différentielle peut s'écrire sous la forme :

$$x(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0} + \varphi\right). \quad (X_m \text{ est l'amplitude et } \varphi \text{ la phase initiale})$$

Retrouver l'expression de la période T_0 en fonction de m et de k .

2. Étude énergétique.

L'énergie potentielle de pesanteur est choisie nulle dans le plan horizontal passant par G.

2.1. Donner l'expression littérale de l'énergie mécanique du système {ressort + solide}, en fonction de k , m , x et sa dérivée première.

2.2. À partir de l'enregistrement ci-dessus, trouver pour quelles dates l'énergie potentielle élastique du système {ressort + solide} est maximale. Que vaut alors l'énergie cinétique ?

2.3. Calculer la valeur de l'énergie mécanique du système.

Partie C : comparaison des périodes.

Les comportements des deux pendules précédents sont maintenant envisagés sur la Lune.

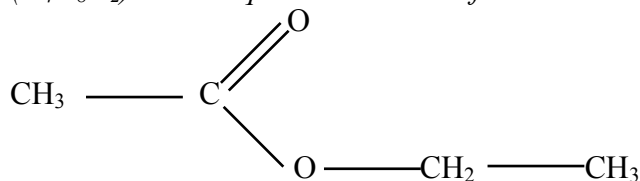
Parmi les hypothèses ci-dessous, choisir pour chaque pendule celle qui est correcte. Justifier.

Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3
T_0 ne varie pas	T_0 augmente	T_0 diminue

III. CINÉTIQUE DE LA SAPONIFICATION DE L'ÉTHANOATE D'ÉTHYLE (6,5 points)

1. L'éthanoate d'éthyle.

L'éthanoate d'éthyle ($C_4H_8O_2$) est un liquide incolore de formule semi-développée :



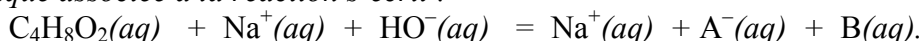
1.1. Recopier la formule semi-développée sur la copie et entourer le groupement fonctionnel.

1.2. À quelle famille de composés organiques l'éthanoate d'éthyle appartient-il ?

2. Saponification de l'éthanoate d'éthyle.

C'est la réaction entre l'éthanoate d'éthyle et une solution de soude (par exemple).

L'équation chimique associée à la réaction s'écrit :



2.1. Écrire la formule semi-développée de l'espèce chimique A^- . Donner son nom.

2.2. La réaction est-elle limitée ou totale ?

3. Étude expérimentale de la cinétique de la saponification par conductimétrie.

À un instant choisi comme date $t = 0$, on introduit de l'éthanoate d'éthyle dans un bécher contenant une solution de soude. On obtient un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ de solution où les concentrations de toutes les espèces chimiques valent $c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 10 \text{ mol.m}^{-3}$. La température est maintenue égale à 30°C . On plonge dans le mélange la sonde d'un conductimètre qui permet de mesurer à chaque instant la conductivité σ de la solution. Le tableau ci-dessous regroupe quelques valeurs.

t en min	0	5	9	13	20	27	∞
σ en S.m^{-1}	0,250	0,210	0,192	0,178	0,160	0,148	0,091

3.1. Évolution de la transformation.

Soit $x(t)$ l'avancement de la transformation à un instant t .

Compléter le tableau fourni en annexe à rendre avec la copie.

Dans ce tableau $t = \infty$ correspond à un instant de date très grande où la transformation chimique est supposée terminée.

3.2. La conductimétrie.

3.2.1. Quelles sont les espèces chimiques responsables du caractère conducteur de la solution ?

3.2.2. Pourquoi la conductivité de la solution diminue-t-elle ?

Données : conductivités molaires ioniques λ en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

ion $Na^+(aq)$: $\lambda_{Na^+} = 5,0 \times 10^{-3}$; ion $HO^-(aq)$: $\lambda_{HO^-} = 2,0 \times 10^{-2}$; ion $A^-(aq)$: $\lambda_{A^-} = 4,1 \times 10^{-3}$

3.2.3. Exprimer σ_t , valeur de la conductivité de la solution à un instant t en fonction de c_0 , V , $x(t)$ et des conductivités molaires ioniques.

3.2.4. Les expressions de σ_0 et σ_∞ , valeurs de la conductivité de la solution à l'instant $t = 0$ et au bout d'une durée très grande, sont : $\sigma_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}) \cdot c_0$; $\sigma_\infty = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{A^-}) \cdot c_0$

Justifier ces expressions.

3.2.5. Montrer que l'avancement $x(t)$ peut être calculé par l'expression :

$$x(t) = c_0 V \frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0 - \sigma_\infty}.$$

3.3. Étude cinétique.

La relation trouvée au 3.2.5. permet de calculer les valeurs de l'avancement $x(t)$ à chaque instant. Le graphe fourni en annexe à rendre avec la copie représente l'évolution de l'avancement $x(t)$ en fonction du temps.

3.3.1. Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction en précisant les unités.

3.3.2. Expliquer la méthode permettant d'évaluer graphiquement cette vitesse à un instant donné.

3.3.3. Comment évolue cette vitesse au cours de la transformation chimique ? Quel est le facteur cinétique mis en jeu ?

3.3.4. Calculer l'avancement maximal.

3.3.5. Définir le temps de demi-réaction. Trouver sa valeur à partir du graphe fourni en annexe.

3.3.6. *On reproduit la même expérience à une température de 20°C.*

Tracer, sur le graphe fourni en annexe à rendre avec la copie, l'allure de la courbe obtenue. On justifiera le tracé.

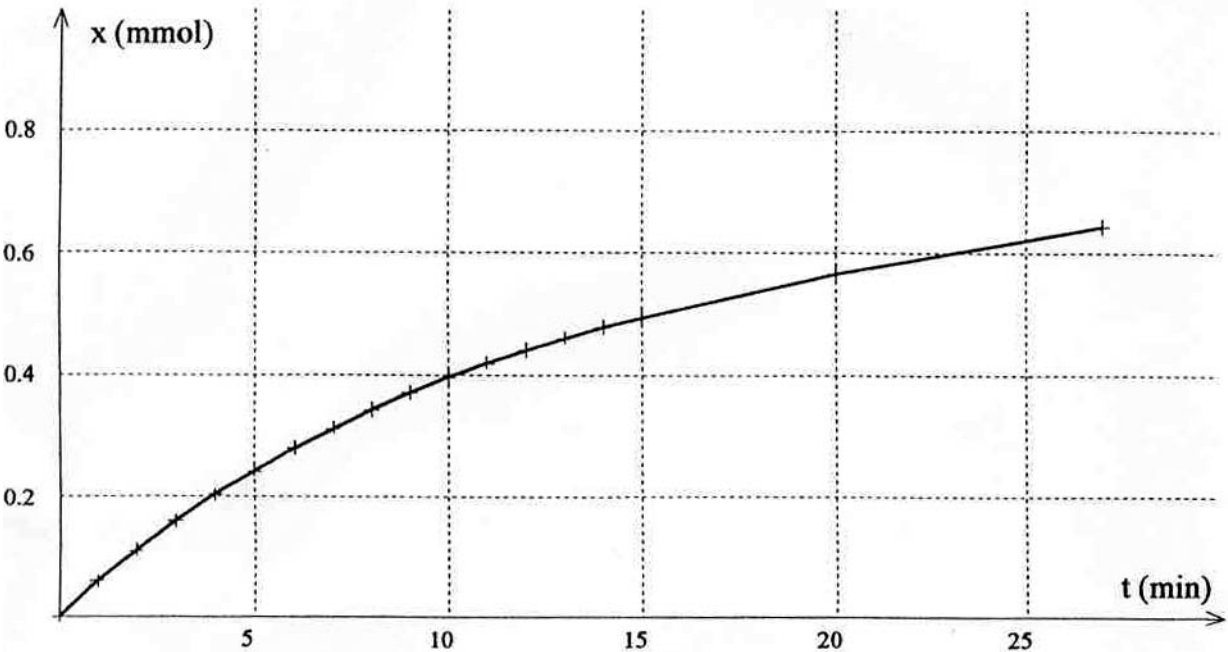
ANNEXE à l'exercice III

À rendre avec la copie

Annexe

Réaction		$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 + \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) = \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{A}^-(\text{aq}) + \text{B}$					
instant	avancement						
0	0	$c_0.V$	$c_0.V$	$c_0.V$	$c_0.V$	0	0
t	$x(t)$		$c_0.V$		$c_0.V$		
∞	x_{max}		$c_0.V$		$c_0.V$		

Annexe



EXERCICE I. PROPAGATION DES ONDES (4 points)

Cet exercice est un questionnaire à réponses ouvertes courtes. À chaque question peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions exactes.

Pour chacune des questions, plusieurs réponses ou affirmations sont proposées.

Inscrire en toutes lettres « vrai » ou « faux » dans la case correspondante du tableau figurant dans L'ANNEXE EN PAGES A2 ET A3 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Donner une justification ou une explication dans la case prévue à cet effet.

Une réponse fausse ou une absence de réponse sera évaluée de la même façon.

Les parties 1, 2, 3 et 4 sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

1. Ondes infrasonores

Les éléphants émettent des infrasons (dont la fréquence est inférieure à 20 Hz). Cela leur permet de communiquer sur de longues distances et de se rassembler. Un éléphant est sur le bord d'une étendue d'eau et désire indiquer à d'autres éléphants sa présence. Pour cela, il émet un infrason. Un autre éléphant, situé à une distance $L = 24,0 \text{ km}$, reçoit l'onde au bout d'une durée $\Delta t = 70,6 \text{ s}$.

La valeur de la célérité de l'infrason dans l'air v est :

1.1. $v = 34,0 \text{ km.s}^{-1}$;

1.2. $v = 340 \text{ km.s}^{-1}$;

1.3. $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

2. Ondes à la surface de l'eau

Au laboratoire, on dispose d'une cuve à onde contenant de l'eau immobile à la surface de laquelle flotte un petit morceau de polystyrène. On laisse tomber une goutte d'eau au-dessus de la cuve, à l'écart du morceau de polystyrène. Une onde se propage à la surface de l'eau.

2.1. Ceci correspond :

2.1.1. à une onde mécanique ;

2.1.2. à une onde longitudinale ;

2.1.3. à une onde transversale ;

2.2. L'onde atteint le morceau de polystyrène.

2.2.1. Celui-ci se déplace parallèlement à la direction de propagation de l'onde ;

2.2.2. Celui-ci se déplace perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde ;

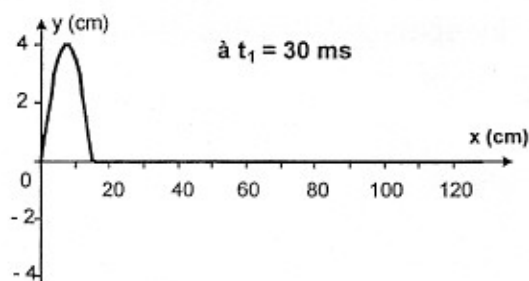
2.2.3. Celui-ci monte et descend verticalement ;

2.2.4. Celui-ci reste immobile.

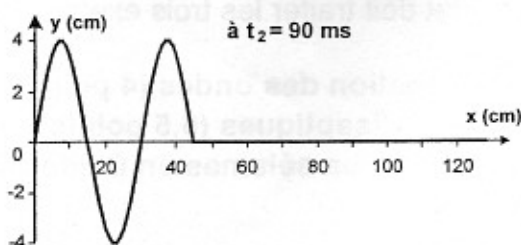
3. Ondes le long d'une corde

L'extrémité gauche d'une corde est reliée à un vibreur effectuant des oscillations sinusoïdales entretenues à partir d'un instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$. Les graphiques 1 et 2 de la page 2/9 représentent l'état de la corde à une date donnée. Les elongations y et les abscisses x sont graduées en cm. On néglige tout amortissement dans la totalité des questions de cette partie 3.

Graphique 1

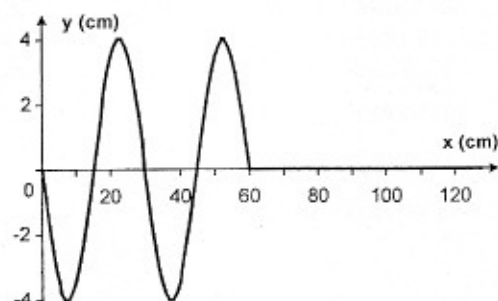


Graphique 2

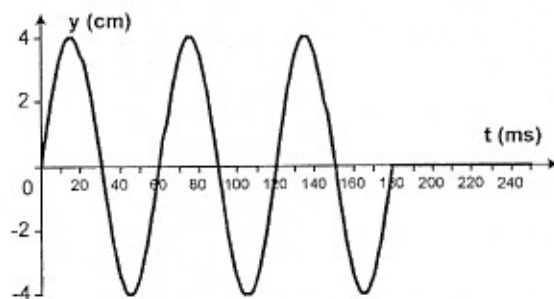


- 3.1. Le graphique 2 ci-dessus permet de déterminer la valeur numérique de la longueur d'onde λ .
On trouve :
- 3.1.1. $\lambda = 20 \text{ cm}$;
 - 3.1.2. $\lambda = 30 \text{ cm}$;
 - 3.1.3. $\lambda = 46 \text{ cm}$.
- 3.2. À partir des graphiques 1 et 2, déterminer la valeur de la période temporelle T :
- 3.2.1. $T = 30 \text{ ms}$;
 - 3.2.2. $T = 60 \text{ ms}$;
 - 3.2.3. $T = 18 \text{ ms}$.
- 3.3. La célérité de l'onde dans la corde est :
- 3.3.1. $v = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$;
 - 3.3.2. $v = 10,0 \text{ m.s}^{-1}$;
 - 3.3.3. $v = 15,0 \text{ m.s}^{-1}$.
- 3.4. Dans la même expérience, parmi les graphes 3, 4, 5 et 6 ci-dessous, celui représentant l'aspect de la corde à l'instant de date $t = 180 \text{ ms}$ est le :
- 3.4.1. graphe 3 ;
 - 3.4.2. graphe 4 ;
 - 3.4.3. graphe 5 ;
 - 3.4.4. graphe 6.

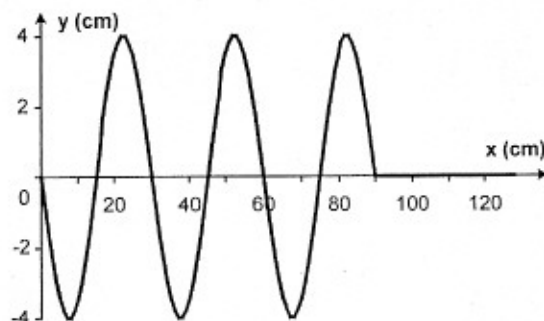
Graphique 3



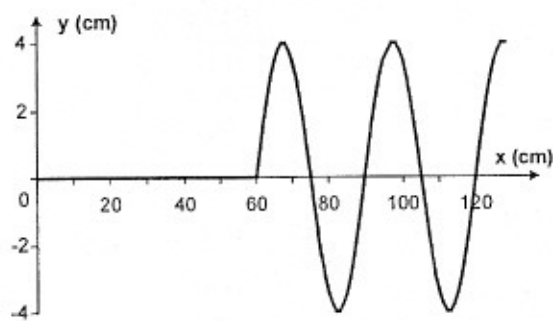
Graphique 4



Graphique 5



Graphique 6



4. Ondes lumineuses

4.1. La propagation de la lumière visible :

4.1.1. montre que c'est une onde mécanique ;

4.1.2. s'effectue avec une célérité plus petite dans l'eau que dans le vide (*indice de réfraction de l'eau : $n = 1,3$*) ;

4.1.3. s'effectue avec la même célérité, dans un milieu dispersif donné, quelle que soit la fréquence de la radiation.

4.2. La lumière rouge :

4.2.1. correspond à des longueurs d'onde plus grandes que celles de la lumière bleue ;

4.2.2. se situe dans un domaine de fréquences plus petites que celles du domaine de l'infrarouge ;

4.2.3. est moins énergétique que la lumière bleue.

4.3. La lumière visible peut être diffractée.

4.3.1. Le phénomène de diffraction de la lumière visible par une fente est plus marqué pour une fente de largeur $0,5 \mu\text{m}$ que pour une fente de largeur $5 \mu\text{m}$;

4.3.2. Pour une lumière monochromatique, l'écart angulaire du faisceau diffracté par une fente est proportionnel à la largeur de la fente ;

4.3.3. L'écart angulaire du faisceau diffracté par une fente de largeur donnée est plus petit pour une radiation rouge que pour une radiation bleue.

EXERCICE II. DEUX ANTISEPTIQUES (6,5 points)

Le Lugol et l'eau oxygénée sont deux antiseptiques couramment utilisés. Les indications portées sur deux flacons de solutions commerciales contenant chacun un de ces antiseptiques sont données dans le tableau ci-dessous.

Lugol (solution S_0)	eau oxygénée (solution S_1)
Composition : iodine solution (eau iodée)	Composition : eau oxygénée stabilisée. Titre : 10 volumes. Solution pour application locale. Usage externe.

On propose dans cet exercice de tracer une courbe d'étalonnage à l'aide d'un spectrophotomètre afin d'utiliser cet appareil pour :

- déterminer le titre de la solution S_0 de Lugol ;
- étudier la cinétique d'une transformation chimique mettant en jeu l'eau oxygénée.

Les parties 2. et 3. sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

1. Courbe d'étalonnage du spectrophotomètre

On dispose de six solutions aqueuses de diiode de concentrations molaires apportées différentes. La mesure de l'absorbance A de chaque solution a été réalisée avec un spectrophotomètre UV-visible réglé à la longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$.

Le spectrophotomètre utilisé admet une gamme de mesures pour l'absorbance de $A_0 = 0$ à $A_{\max} = 2,00$.

Parmi les espèces chimiques présentes le diiode est la seule espèce qui absorbe à 500 nm . Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe d'étalonnage de la Figure 1 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

1.1. Justifier, à partir de la courbe d'étalonnage, que les grandeurs portées sur le graphe sont liées par une relation de la forme $A = k[I_2]$.

1.2. On note $[I_2]_{\max}$ la concentration molaire apportée en diiode au delà de laquelle l'absorbance d'une solution de diiode n'est pas mesurable par le spectrophotomètre utilisé ici.

Déterminer graphiquement la valeur de $[I_2]_{\max}$ en faisant clairement apparaître la méthode utilisée sur la Figure 1 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2. Titre du Lugol

Pour déterminer le titre en diiode du Lugol, il est ici nécessaire de diluer dix fois la solution commerciale S_0 . La solution obtenue est notée S_0' .

Le matériel mis à disposition est le suivant :

- bechers 50 mL, 100 mL, 250 mL ;
- pipettes jaugées 5,0 mL, 10,0 mL, 20,0 mL ;
- éprouvettes graduées 10 mL, 20 mL, 100 mL ;
- fioles jaugées 100,0 mL, 250,0 mL, 500,0 mL.

2.1. Choisir, sans justification, le matériel nécessaire pour préparer S_0' .

2.2. Sans modifier les réglages du spectrophotomètre, on mesure l'absorbance de la solution S_0' :

$$A_{S_0'} = 1,00.$$

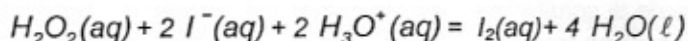
2.2.1. Déterminer graphiquement sur la Figure 1 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE** la concentration molaire apportée en diiode de la solution S_0' . On fera clairement apparaître la méthode graphique utilisée.

2.2.2. En déduire la concentration molaire apportée c_L en diiode du Lugol (solution commerciale S_0).

2.2.3. Pourquoi a-t-il été nécessaire de diluer le Lugol (solution commerciale S_0) ?

3. Étude cinétique d'une transformation chimique mettant en jeu l'eau oxygénée et libérant du diiode

La transformation qui a lieu dans l'étude proposée est modélisée par la réaction dont l'équation d'oxydoréduction s'écrit :



La mesure de l'absorbance du diiode présent dans le milieu réactionnel, à la longueur d'onde 500 nm, permet de suivre l'évolution temporelle de la quantité de diiode formé et de réaliser ainsi un suivi cinétique.

La courbe $A = f(t)$ est donnée sur la Figure 2 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Afin de réaliser ce suivi cinétique :

- on prépare une solution S_2 (concentration c_2) 10 fois moins concentrée que la solution S_1 (concentration c_1) d'eau oxygénée commerciale ;

- on mélange, dans un becher, $V = 5,0$ mL d'acide sulfurique et $V_3 = 9,0$ mL d'une solution aqueuse d'iodure de potassium, $K^+(aq) + I^-(aq)$;

- à l'instant de date $t_0 = 0$ s, on introduit rapidement, dans le becher, un volume $V_2 = 1,0$ mL de la solution S_2 d'eau oxygénée $H_2O_2(aq)$.

Un échantillon du milieu réactionnel est versé dans une cuve que l'on introduit dans le spectrophotomètre.

Dans les conditions de l'expérience, les ions iodure $I^-(aq)$ et les ions oxonium $H_3O^+(aq)$ sont introduits en excès par rapport à l'eau oxygénée.

3.1. Définir un oxydant.

3.2. Écrire les couples oxydant/réducteur mis en jeu dans la réaction étudiée et les demi-équations électroniques correspondantes.

3.3. Compléter littéralement, en utilisant les notations de l'énoncé, le tableau descriptif de l'évolution du système donné sur la Figure 3 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

3.4. À l'aide de ce tableau, établir l'expression de l'avancement $x(t)$ de la réaction en fonction de $[I_2](t)$, la concentration molaire en diiode présent dans le milieu réactionnel et de V_{tot} volume du mélange.

3.5. On rappelle que l'absorbance est liée à la concentration molaire volumique du diiode par la relation : $A = k[I_2]$.

Sachant que la vitesse volumique $v(t)$ de réaction est définie par la relation : $v(t) = \frac{1}{V_{tot}} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$, où V_{tot}

est le volume du mélange réactionnel, montrer que : $v(t) = \frac{1}{k} \cdot \frac{dA(t)}{dt}$.

3.6. On note v_0 la vitesse volumique de réaction à l'instant de date $t_0 = 0$ min et v_1 celle à l'instant de date $t_1 = 5,0$ min.

3.6.1. Parmi les relations données ci-dessous, choisir celle qui convient, en justifiant graphiquement à partir de la Figure 2 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

$$v_0 > v_1$$

$$v_0 < v_1$$

$$v_0 = v_1$$

3.6.2. En faisant appel aux connaissances de cours, dire pourquoi $v(t)$ subit cette évolution.

3.7. Transformation totale ou limitée

Une détermination précise de la valeur de k (constante de proportionnalité intervenant dans la relation de la question 1.1.) donne : $k = 246 \text{ L.mol}^{-1}$.

Le volume de la solution est $V_{\text{tot}} = V + V_2 + V_3 = 15,0 \text{ mL}$.

3.7.1. À partir des résultats expérimentaux donnés sur la Figure 2 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**, déterminer la valeur de l'avancement final x_f de la transformation étudiée.

3.7.2. On admet qu'une solution commerciale d'eau oxygénée titrée à « 10 volumes » a une concentration molaire apportée en eau oxygénée $c_1 = 0,89 \text{ mol.L}^{-1}$.

Déterminer la valeur du taux d'avancement final τ de la transformation.

Conclure.

3.8. Temps de demi-réaction

Définir puis déterminer graphiquement la valeur le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ en faisant apparaître clairement la méthode utilisée sur la Figure 2 de **L'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

3.9. Conclusion

Déduire des réponses précédentes si la transformation chimique modélisée par la réaction d'équation



peut servir de support à un titrage direct (c'est-à-dire sans faire intervenir une autre réaction) de l'eau oxygénée. Justifier la réponse.

EXERCICE III. DATATION DES SÉISMES EN CALIFORNIE (5,5 points)

La radioactivité se manifeste dans tout l'Univers. On peut utiliser les éléments radioactifs comme des horloges. Selon leur nature et leur durée de vie, ils peuvent renseigner sur l'âge de l'Univers, l'âge de la Terre, les processus géologiques et même l'histoire de l'humanité. On propose ici de déterminer les dates de tremblements de terre qui se sont produits au cours des siècles à proximité de la faille de San Andreas en Californie.

1. Radioactivité naturelle du carbone

1.1. Donner la composition en protons et en neutrons des noyaux atomiques suivants $^{12}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$.

1.2. Les deux noyaux du 1.1. sont dits isotopes. Justifier cette affirmation en définissant le mot isotopes.

1.3. Le carbone ^{14}C est un noyau radioactif émetteur β^- .

Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante en la justifiant. On admet que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.

1.4. Calculer l'énergie de liaison, en joules, du carbone ^{14}C que l'on notera $E_l (^{14}\text{C})$.

1.5. En déduire l'énergie de liaison par nucléon du carbone ^{14}C (en joules par nucléon).

1.6. Calculer l'énergie libérée par la réaction de la question 1.3. (en joules).

Données :

- numéros atomiques : $Z(\text{Be}) = 4$, $Z(\text{B}) = 5$, $Z(\text{C}) = 6$, $Z(\text{N}) = 7$, $Z(\text{O}) = 8$;

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

- masses de quelques particules :

particule	proton	neutron	électron	noyau ^{14}C	noyau ^{14}N
masse (en kg)	$1,672\,621 \times 10^{-27}$	$1,674\,927 \times 10^{-27}$	$9,109\,381 \times 10^{-31}$	$2,325\,84 \times 10^{-26}$	$2,325\,27 \times 10^{-26}$

2. Datation par le carbone ^{14}C

Deux scientifiques, Anderson et Libby, ont eu l'idée d'utiliser la radioactivité naturelle du carbone ^{14}C pour la datation. Les êtres vivants, végétaux ou animaux, assimilent du carbone. La proportion du nombre de noyaux de ^{14}C par rapport au nombre de noyaux de ^{12}C reste constante pendant toute leur vie. À la mort de l'organisme, tout échange avec le milieu naturel cesse et les atomes de ^{14}C disparaissent peu à peu. La radioactivité décroît alors avec le temps selon une loi exponentielle, qui permet d'atteindre un ordre de grandeur de l'âge de l'échantillon analysé. On admet que le rapport entre le nombre de ^{14}C et de ^{12}C est resté constant dans les être vivants au cours des derniers millénaires.

2.1. On note $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs d'atomes de « carbone 14 » à un instant de date t pour un échantillon et N_0 le nombre de noyaux radioactifs à un instant pris comme origine des dates ($t_0 = 0 \text{ s}$) pour ce même échantillon. On note λ la constante radioactive.

Écrire la loi de décroissance radioactive.

2.2. Temps de demi-vie et constante radioactive.

2.2.1. Donner la définition du temps de demi-vie d'un échantillon radioactif que l'on notera $t_{1/2}$.

2.2.2. Retrouver l'expression littérale du temps de demi-vie en fonction de la constante radioactive :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

2.2.3. Le temps de demi-vie de l'isotope du carbone ^{14}C est $5,70 \times 10^3$ ans.

En déduire la valeur de la constante radioactive λ en an^{-1} .

2.3. L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif à l'instant de date t est donnée ici par l'expression :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

2.3.1. Définir l'activité et donner son unité dans le système international.

2.3.2. En utilisant cette expression et la loi de décroissance, déduire que :

$$\frac{A(t)}{A_0} = \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t} \quad \text{où } A_0 \text{ est l'activité à l'instant de date } t_0 = 0 \text{ s.}$$

3. La faille San Andreas

En 1989, à proximité de la faille de San Andreas en Californie, on a prélevé des échantillons de même masse de végétaux identiques ensevelis lors d'anciens séismes. On a mesuré l'activité de chacun d'eux. On admet que cette activité est due uniquement à la présence de ^{14}C .

échantillons numéro	1	2	3
activité de l'échantillon (SI)	0,233	0,215	0,223

3.1. L'activité d'un échantillon de même végétal vivant et de même masse est $A_0 = 0,255$ SI. On note t la durée qui s'est écoulée entre l'instant de date $t_0 = 0$ s du séisme et l'instant de la mesure.

Déterminer la valeur t_3 qui correspond à l'échantillon n°3.

3.2. En déduire l'année au cours de laquelle a eu lieu le séisme qui correspond à l'échantillon n°3 étudié en 1989.

3.3. Pour les échantillons 1 et 2, on propose les années 586 et 1247.

Attribuer à chaque échantillon l'année qui lui correspond. Justifier sans calcul.

EXERCICE I.

<i>Proposition</i>	<i>Répondre vrai ou faux</i>	<i>Justification ou explication</i>
1.1.		
1.2.		
1.3.		
2.1.1.		
2.1.2.		
2.1.3.		
2.2.1.		PAS DE JUSTIFICATION
2.2.2.		
2.2.3.		
2.2.4.		
3.1.1.		
3.1.2.		
3.1.3.		

<i>Proposition</i>	<i>Répondre vrai ou faux</i>	<i>Justification ou explication</i>
3.2.1		
3.2.2		
3.2.3		
3.3.1.		
3.3.2.		
3.3.3		
3.4.1.		PAS DE JUSTIFICATION
3.4.2.		
3.4.3.		
3.4.4.		
4.1.1.		
4.1.2.		
4.1.3.		
4.2.1.		
4.2.2.		
4.2.3.		
4.3.1.		
4.3.2.		
4.3.3.		

EXERCICE II.

Figure 1

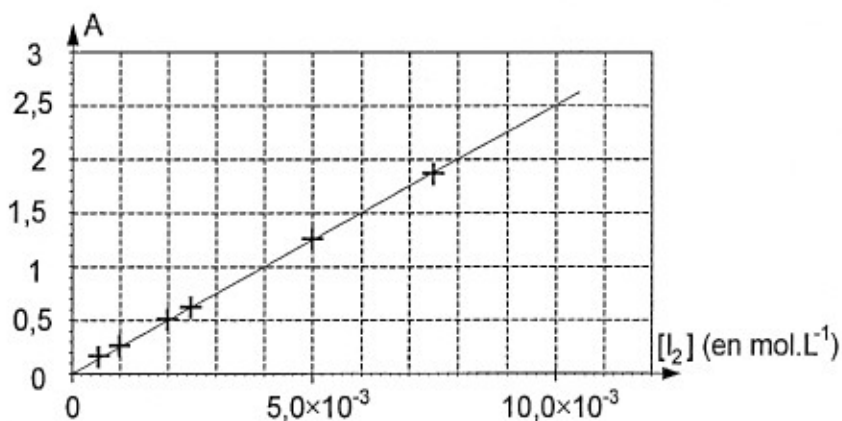


Figure 2

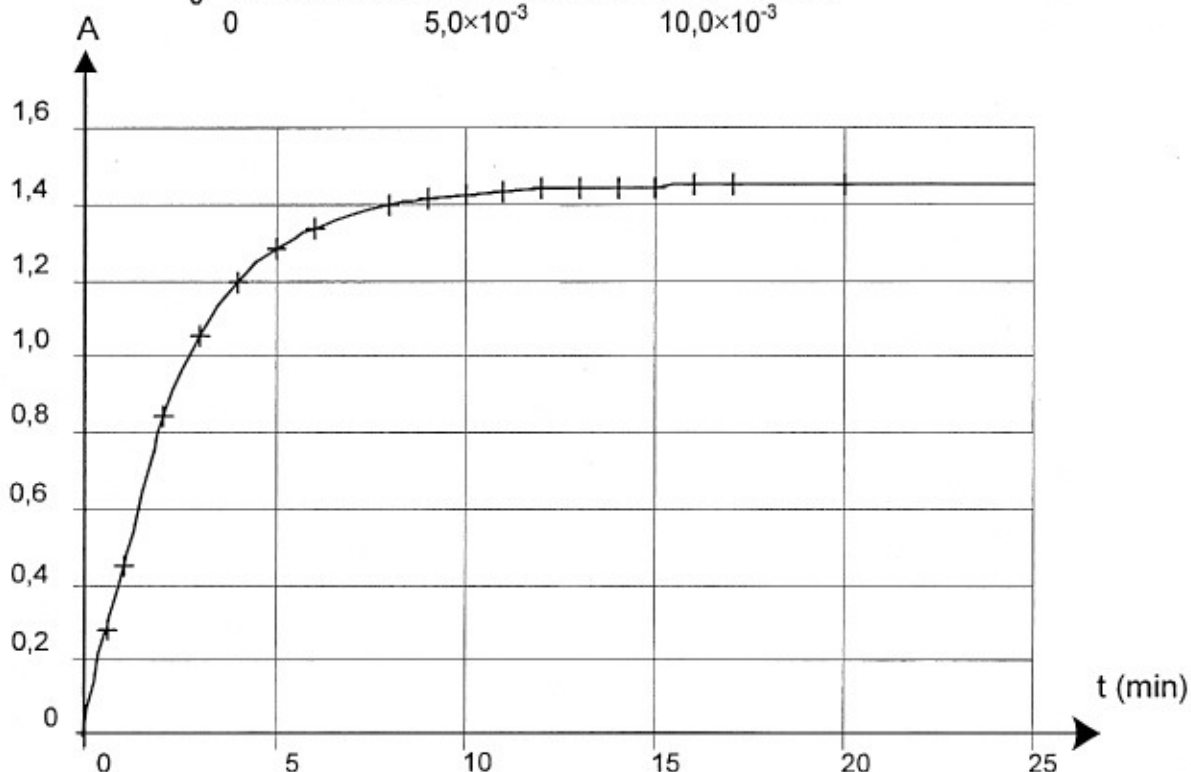


Figure 3

relation stœchiométrique		$H_2O_2(aq) + 2 I^-(aq) + 2 H_3O^+(aq) = I_2(aq) + 4 H_2O(l)$				
état du système	avancement	bilan de matière en mol				
état initial	0		excès	excès		solvant
au cours de la transformation	x		excès	excès		solvant
état final	x_f		excès	excès		solvant
état final si la transformation est totale	x_{max}		excès	excès		solvant