

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

## PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

**L'usage de la calculatrice électronique est autorisé.**

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

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

- I – Etude d'une estérification.
- II – Mise en orbite d'un satellite artificiel par la fusée Ariane.
- III – Le flash électronique.

## I. Etude d'une estérification (6 points)

Données :

- $pK_A (\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,8$  ;  $pK_e = 14$  .
- Masses atomiques molaires :  $\text{H} = 1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $\text{C} = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $\text{O} = 16 \text{ g.mol}^{-1}$  .
- Masse volumique du propan-1-ol :  $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$  .

On étudie la cinétique de la formation d'un ester à partir d'acide éthanoïque et de propan-1-ol.

On maintient, à la température constante  $\theta$ , sept erlenmeyers numérotés 1,2,3...7, contenant chacun un mélange de 0,500 mol d'acide éthanoïque et de 0,500 mol de propan-1-ol.

Ces tubes sont tous préparés à l'instant  $t = 0$  et on dose d'heure en heure l'acide restant dans le mélange. On peut ainsi en déduire la quantité de matière d'ester formé :

à  $t = 1 \text{ h}$  , dosage du tube n°1,

à  $t = 2 \text{ h}$  , dosage du tube n°2 , etc.

### 1) La réaction d'estérification :

- En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction d'estérification et nommer l'ester formé.
- On dispose d'un flacon de propan-1-ol pur. Quel volume de cet alcool doit-on verser dans chacun des sept erlenmeyers ?
- Exprimer la quantité de matière d'ester formé dans un erlenmeyer à une date  $t$  en fonction de la quantité de matière d'acide restant.

### 2) Titrage de l'acide restant :

Mode opératoire :

A la date  $t$  considérée, le contenu de l'erlenmeyer est versé dans une fiole jaugée puis dilué avec de l'eau distillée pour obtenir 100 mL de solution. On en prélève 5 mL que l'on verse dans un bécher. On titre cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $c_b = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ . On en déduit la quantité de matière d'acide restant dans le bécher puis dans les 100 mL de départ, ce qui permet de déterminer la quantité d'ester au temps  $t$  dans les 100 mL de départ.

- Ecrire l'équation chimique de la réaction de titrage.
- Rappeler la définition de la constante d'acidité de l'acide éthanoïque.  
En déduire l'expression de la constante d'équilibre  $K$  associée à la réaction de titrage. Calculer la valeur numérique de  $K$ .  
Cette réaction de titrage peut-elle être considérée comme totale ?
- Pour l'erlenmeyer n°1 ( $t = 1\text{h}$ ), le volume de solution de soude versé pour atteindre l'équivalence est de 14,2 mL. En déduire la quantité de matière d'acide restant dans l'erlenmeyer et la quantité de matière d'ester formé.

### 3) Cinétique de la réaction d'estérification :

Le titrage des solutions contenues dans les sept erlenmeyers précédents a permis le tracé de la courbe donnée en annexe 1.

L'avancement de la réaction est défini par la quantité de matière  $x$  d'ester formé.

- a) Dresser le tableau descriptif de l'évolution du système.  
Déterminer l'avancement maximal  $x_{\max}$  ainsi que l'avancement à l'équilibre  $x_{\text{eq}}$ . Comparer ces deux valeurs et déterminer le rendement  $\rho$  de la réaction.
- b) Rappeler l'expression de la vitesse volumique  $v$  d'une réaction.  
Quelle interprétation géométrique ou graphique peut-on en donner ?  
Comment cette vitesse évolue-t-elle au cours de la transformation ? Justifier.
- c) Calculer la constante d'équilibre  $K'$  de cette réaction d'estérification.
- d) Pour déplacer l'équilibre, on ajoute une mole d'acide supplémentaire. Calculer le quotient de réaction  $Q_r$  et déterminer le sens de l'évolution du système.  
Déterminer les nouvelles valeurs de l'avancement à l'équilibre et du rendement de la réaction.

## II. Mise en orbite d'un satellite artificiel par la fusée Ariane (6 points)

D'après Encyclopedia Universalis (1998) :

(Certains renseignements et données sont nécessaires à la résolution du sujet).

*Le premier lanceur Ariane est une fusée à trois étages dont la hauteur totale est de 47,4 m et qui pèse, avec sa charge utile (satellite), 208 tonnes au décollage.*

*Le premier étage qui fonctionne pendant 145 secondes est équipé de 4 moteurs Viking V alimentés par du peroxyde d'azote  $N_2O_4$  (masse de peroxyde emportée : 147,5 tonnes).*

*L'intensité de la force de poussée totale  $\vec{F}$  de ces 4 réacteurs est constante pendant leur fonctionnement : elle vaut  $F = 2445 \text{ kN}$ .*

*Ce lanceur peut mettre en orbite circulaire basse de 200 km d'altitude un satellite de 4850 kg ; il peut également placer sur une orbite géostationnaire un satellite de 965 kg ; il peut aussi être utilisé pour placer en orbite héliosynchrone des satellites très utiles pour des applications météorologiques.*

### 1) L'ascension de la fusée Ariane

Le champ de pesanteur  $\vec{g}$  est supposé uniforme : son intensité est  $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut.

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

a) Représenter clairement, sur un schéma, en les nommant, les deux forces qui agissent sur la fusée Ariane lorsqu'elle s'élève verticalement. On néglige les frottements et la poussée d'Archimède dans l'air.

b) A un instant quelconque, la masse de la fusée est m.

Déterminer en fonction de m et des intensités des 2 forces précédentes la valeur de l'accélération a.

c) On considère d'abord la situation au décollage. La masse de la fusée vaut alors  $m_1$ . Calculer la valeur numérique de l'accélération  $a_1$  à cet instant.

On envisage la situation qui est celle immédiatement avant que tout le peroxyde d'azote ne soit consommé. La masse de la fusée vaut alors  $m_2$ . Calculer la valeur numérique de  $m_2$  puis celle de l'accélération  $a_2$  à cet instant.

Le mouvement d'ascension de la fusée est-il uniformément accéléré ?

d) La vitesse d'éjection  $\vec{V}_e$  des gaz issus de la combustion du peroxyde d'azote est donnée par la relation :

$$\vec{V}_e = \frac{\Delta t}{\Delta m} \cdot \vec{F}$$

où  $\frac{\Delta t}{\Delta m}$  est la variation de masse de la fusée par unité de temps et caractérise la consommation des moteurs.

Vérifier l'unité de  $V_e$  par analyse dimensionnelle. Calculer la valeur numérique de  $V_e$ .

Quel est le signe de  $\frac{\Delta t}{\Delta m}$  ? En déduire le sens de  $\vec{V}_e$ . Qu'en pensez-vous ?

A l'aide d'une loi connue qu'on énoncera, expliquer pourquoi l'éjection des gaz propulse la fusée vers le haut.

## 2) Etude du satellite artificiel situé à basse altitude ( $h = 200 \text{ km}$ )

On s'intéresse au mouvement d'un satellite artificiel S, de masse  $m_S$ , en orbite circulaire (rayon  $r$ ) autour de la Terre de masse  $M_T$ , de rayon  $R_T$  et de centre O.

On suppose que la Terre est une sphère et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique et que le satellite peut être assimilé à un point.

- a) Préciser les caractéristiques du vecteur accélération  $\vec{a}$  d'un point animé d'un mouvement circulaire uniforme de rayon  $r$  et de vitesse  $v$ .
- b) Enoncer la loi de la gravitation universelle. On appelle  $G$  la constante de gravitation universelle.  
Faire un schéma sur lequel les vecteurs-forces sont représentés.

- c) Le satellite S est à l'altitude  $h$  : on a donc  $r = R + h$ .

On appelle  $\vec{F}_S$  la force qu'exerce la Terre sur le satellite. Cette force dépend de la position du satellite et on pose  $\vec{F}_S = m_S \cdot \vec{g}(h)$ . On note  $g(h)$  l'intensité de la pesanteur  $\vec{g}(h)$  à l'endroit où se trouve le satellite :  $|\vec{g}(h)| = g(h)$ .

Exprimer  $g(h)$  en fonction de  $M_T$ ,  $R_T$ ,  $h$  et  $G$  puis  $g(h)$  en fonction de  $R_T$ ,  $h$  et  $g_0 = g(0)$ .

- d) Appliquer la deuxième loi de NEWTON au satellite en orbite circulaire.  
En déduire l'expression de la vitesse  $v_S$  du satellite en fonction de  $g_0$ ,  $R_T$  et  $h$  puis celle de sa période de révolution  $T_S$ .
- e) Application numérique :  
Calculer  $v_S$  et  $T_S$  sachant que  $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  ;  $h = 200 \text{ km}$  et  $R_T = 6400 \text{ km}$ .

### III. - Le flash électronique (4 points)

D'après une documentation.

(Certains renseignements et données sont nécessaires à la résolution du sujet).

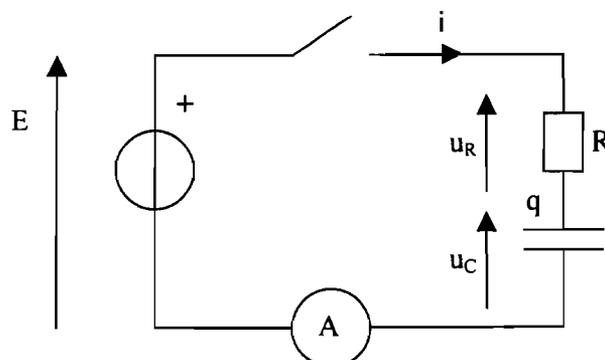
*Un flash électronique d'appareil photo est alimenté par deux piles de 1,5 volts. Un oscillateur basse tension transforme le courant continu en courant alternatif. Un petit transformateur dont le bobinage primaire constitue l'inductance de ce circuit oscillant élève la tension qui est ensuite redressée au moyen d'une diode. Cette tension redressée permet de charger un condensateur de capacité  $C = 150\mu\text{F} \pm 10\%$  à une tension de  $U = 330$  volts.*

#### 1) Etude du flash

- a) Donner l'expression de l'énergie électrique  $E_e$  stockée dans le condensateur de ce flash lorsqu'il est chargé. Calculer sa valeur numérique.
- b) La décharge rapide dans la lampe à éclats provoque un éclair d'une durée d'environ une milliseconde. Quelle est la valeur numérique de la puissance électrique  $P_e$  consommée durant cet éclair ?
- c) Pour quelle raison doit-on élever la tension avant de l'appliquer, une fois redressée, aux bornes du condensateur ?

#### 2) Etude expérimentale du circuit RC

Pour vérifier la valeur de la capacité  $C$  de ce condensateur, un élève a réalisé le montage suivant. La résistance  $R$  a une grande valeur et le générateur de tension continue a pour force électromotrice  $E = 12$  V.



A la date  $t = 0$ , il ferme le circuit et note les intensités dans le circuit toutes les 10 secondes :

t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
i ( $\mu\text{A}$ )	54,0	40,6	30,6	23,0	17,4	13,1	9,8	7,3	5,6	4,2

- a) Sachant que le condensateur est déchargé à la date  $t = 0$ , déterminer la valeur de la résistance  $R$  utilisée dans ce montage.
- b) Tracer sur une feuille de papier millimétré la courbe  $i = f(t)$  à partir du tableau de mesures ci-dessus.  
On prendra 2 cm pour 10 s en abscisse et 2 cm pour 10  $\mu\text{A}$  en ordonnée.
- c) L'intensité du courant électrique durant cette expérience décroît en fonction du temps selon la loi :

$$i(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}},$$

$\tau$  étant la constante de temps de ce circuit et  $I_0$  l'intensité à  $t = 0$  :  $I_0 = i(0)$ .

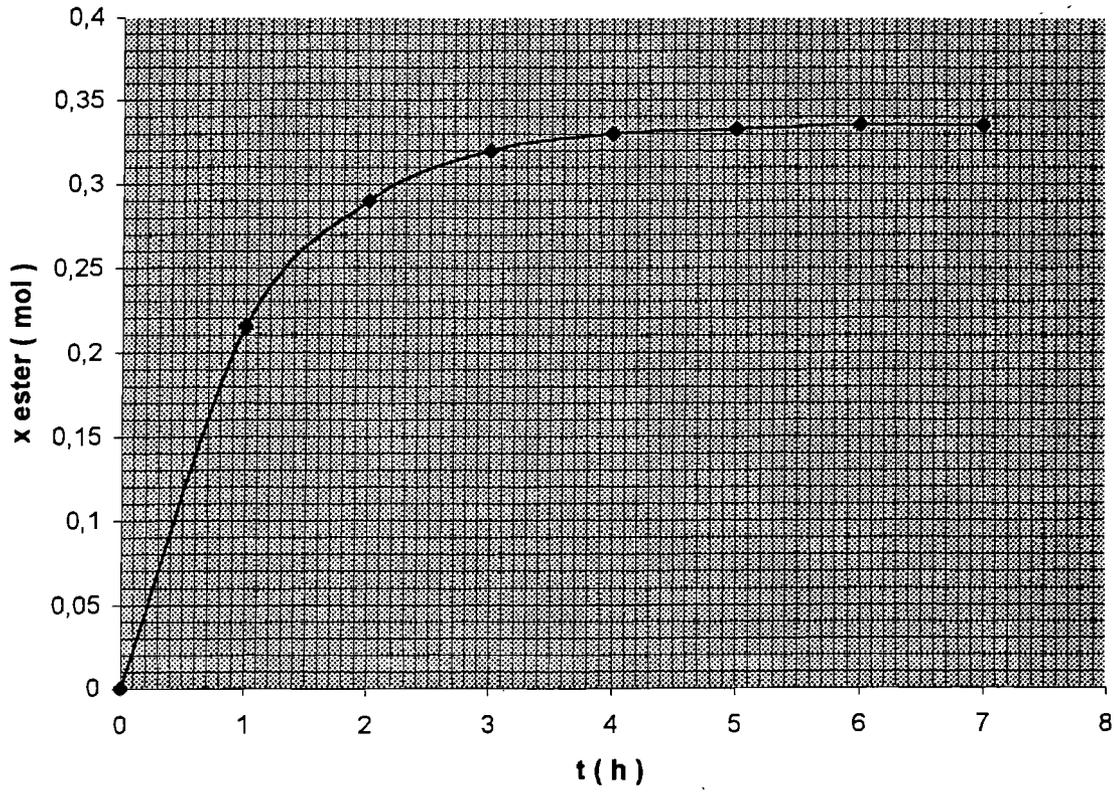
Quelle est la valeur numérique de l'intensité  $i(\tau)$  dans ce circuit lorsque  $t = \tau$  ?

Lire sur le graphe la valeur de  $\tau$  et en déduire la valeur de la capacité  $C$  de ce condensateur.  
Ce résultat vous semble-t-il conforme aux indications du fabricant ?

# ANNEXE 1

(Cinétique de la réaction d'estérification).

$$x_{\text{ester}} = f(t)$$



# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

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

**L'annexe page 11 est à rendre avec la copie.**

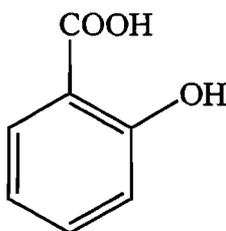
**Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :**

- |                                               |              |
|-----------------------------------------------|--------------|
| I. Quelques propriétés de l'acide salicylique | (6,5 points) |
| II. Chute d'une balle de ping-pong            | (5,5 points) |
| III. Dipôle RLC                               | (4 points)   |

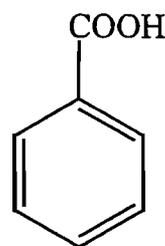
## I – Quelques propriétés de l'acide salicylique (6,5 points)

Les deux parties sont indépendantes

Données : les formules développées de deux acides



Acide salicylique



Acide benzoïque

L'acide salicylique est utilisé dans la synthèse de l'aspirine.

L'acide benzoïque est un conservateur alimentaire.

### Partie A – Étude de la fonction acide

On se propose de comparer à partir de mesures conductimétriques les acidités de l'acide salicylique et de l'acide benzoïque.

#### I – Etude théorique

1. On dispose d'un volume  $V$  d'une solution aqueuse d'un acide  $HA$  de concentration  $C$ . La transformation mettant en jeu la réaction de l'acide  $HA$  avec l'eau n'est pas totale.

a) Ecrire l'équation de la réaction de  $HA$  avec l'eau.

b) Dresser le tableau d'avancement du système en utilisant les variables  $V$  et  $C$ , l'avancement  $x$  et l'avancement à l'équilibre  $x_{eq}$ .

Exprimer les concentrations des espèces chimiques présentes à l'équilibre en fonction de  $C$  et de la concentration en ions oxonium à l'équilibre  $[H_3O^+]_{eq}$ . En déduire l'expression du quotient de réaction  $Q_{r,eq}$  en fonction de  $[H_3O^+]_{eq}$  et  $C$ .

2. L'étude de la solution à l'équilibre est effectuée par conductimétrie.

Exprimer la conductivité  $\sigma$  de la solution de  $HA$  à l'équilibre en fonction de  $[H_3O^+]_{eq}$  et des conductivités molaires ioniques  $\lambda$  des ions présents.

#### II – Etude expérimentale

##### Données :

Conductivités molaires ioniques à 25°C

$$\lambda_1 = \lambda(\text{ion oxonium}) = 35,0 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$\lambda_2 = \lambda(\text{ion salicylate}) = 3,62 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$pK_a(\text{acide salicylique/ion salicylate}) = 3,00$$

$$pK_a(\text{acide benzoïque/ion benzoate}) = 4,20$$



## II – Chute d'une balle de ping-pong (5,5 points)

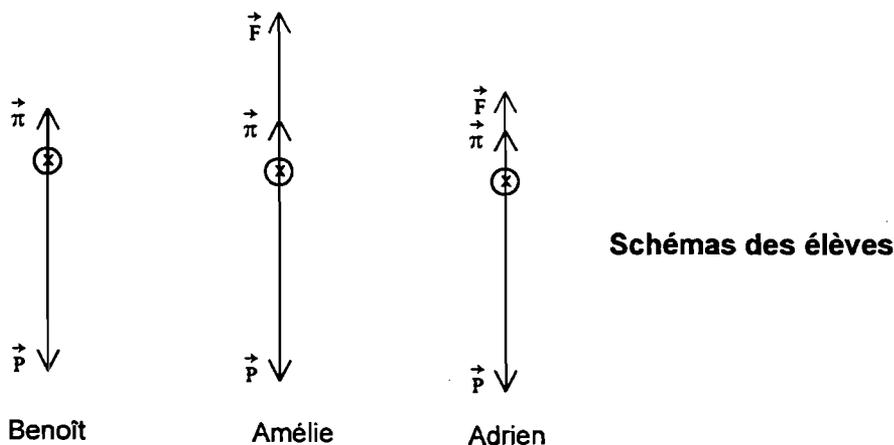
Au cours d'une séance de travaux pratiques, un professeur propose à un groupe formé d'Adrien, Benoît et Amélie d'étudier la chute d'une balle de ping-pong dans l'air. Les élèves disposent de l'enregistrement du mouvement de chute (voir document 1 page 5).

### Données :

masse de la balle  $m = 2,3 \text{ g}$   
 rayon de la balle  $r = 1,9 \text{ cm}$  ;  
 accélération de la pesanteur  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$   
 masse volumique de l'air  $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$   
 volume de la sphère :  $V_s = \frac{4}{3} \pi r^3$

L'objectif de la séance est la modélisation de la chute par une méthode numérique en faisant l'hypothèse que les frottements dépendent de la vitesse.

La première étape consiste à faire le bilan des forces s'exerçant sur la balle. Chacun se met alors au travail. Au bout de quelques minutes, ils confrontent leurs résultats :



Leur surprise est grande ; les trois schémas sont différents ! Ils appellent leur professeur.

**Le professeur** : Chacun d'entre vous a à la fois raison et tort, car chaque schéma correspond à une situation particulière. Réfléchissez !

**Adrien** : Moi je pense qu'il y a trois forces : le poids de la balle  $\vec{P}$ , la poussée d'Archimède  $\vec{\pi}$  et une force de frottement  $\vec{F}$ .

**Amélie** : Je crois que j'ai compris. Un des schémas correspond à l'instant initial, juste quand la balle est lâchée ; un autre représente les forces à une date  $t$  quelconque et un autre la situation au bout d'un temps de chute plus grand.

**Benoît** : Ne peut-on pas négliger la poussée d'Archimède devant le poids ?

**Amélie** : Bonne idée, fais le calcul !

Benoît trouve effectivement que la poussée est 62 fois plus petite que le poids.

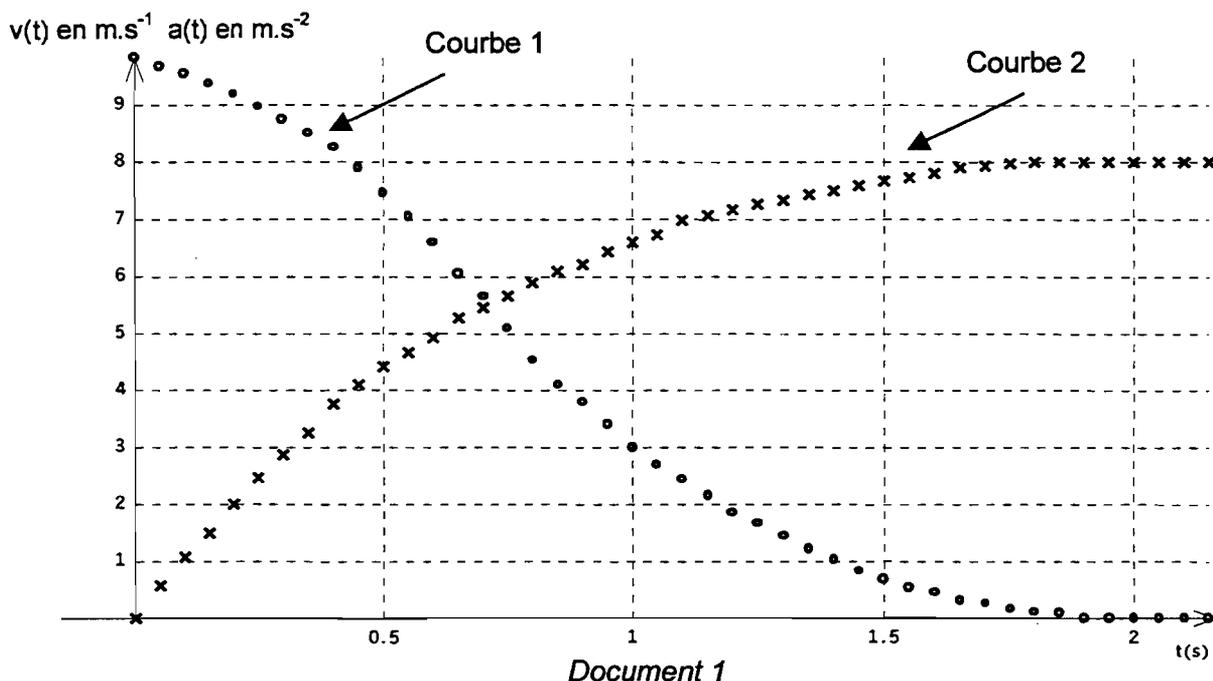
**Adrien** : Du coup, cela devient plus simple ! Maintenant on va appliquer la deuxième loi de Newton au centre d'inertie au système.

Il obtient l'équation suivante (notée **équation 1**) :  $m \frac{dv}{dt} = m.g - F$

Suite à cette première partie du dialogue, vous pouvez répondre aux questions 1, 2 et 3 (page 6).

**Amélie** : C'est bien beau, mais on ne connaît pas F !

**Le professeur** : Plusieurs modèles sont envisageables. Je vous propose de faire l'hypothèse que la valeur de la force de frottement  $\vec{F}$  est proportionnelle au carré de la vitesse :  $F = k \cdot v^2$ . Vous pouvez déterminer la valeur de k à partir des valeurs expérimentales du document 1 que voici :



**Amélie** : L'une des courbes représente l'accélération en fonction du temps  $a(t)$  et l'autre la vitesse  $v(t)$ .

**Benoît** : Bon, on sait qu'à  $t = 0$ , on doit avoir  $v_0 = 0$  puisque la balle a été lâchée sans vitesse initiale.

**Adrien** : Tu as raison. On voit que la vitesse tend vers une limite  $v_{lim}$ . Je crois que j'ai trouvé comment calculer la valeur de k d'après l'enregistrement.

Adrien se livre alors à quelques calculs et obtient l'équation suivante :

$$\frac{dv}{dt} = 9,8 - 0,15 \cdot v^2 \quad (\text{équation 2})$$

A la suite de cette deuxième partie, vous pouvez répondre aux questions 4, 5 et 6 (page 6).

Ces résultats étant validés, le professeur propose de résoudre l'équation (2) par la méthode numérique d'Euler à l'aide d'un tableur.

**Benoît** : Ça me revient ! il faut connaître les conditions initiales. On a dit qu'à  $t = 0$  on avait  $v_0 = 0$  donc on connaît  $(dv/dt)_{t=0}$ .

**Amélie** : Et après, il y a le pas d'itération  $\Delta t$ , il doit être petit.

**Benoît** : On pourrait essayer  $\Delta t = 0,05$  s.

**Amélie** : Voyons si je peux calculer les premières valeurs. On part de  $a_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  et  $v_0 = 0$ . On admet que  $dv/dt$  est proche de  $\Delta v/\Delta t$ , donc  $\Delta v = (9,8 - 0,15.v^2) \cdot \Delta t$ , soit  $\Delta v = 0,49 \text{ m.s}^{-1}$  au départ.

**Benoît** : C'est bien cela ! On dit que pendant le petit intervalle de temps  $\Delta t$ , la valeur de la dérivée de la vitesse est constante. On peut en déduire  $\Delta v$  et la nouvelle valeur de  $v$ .

**Amélie** : Si j'ai bien compris, entre  $t = 0$  s et  $t_1 = 0,05$  s, la vitesse est passée de  $v_0 = 0$  à  $v_1 = 0,49 \text{ m.s}^{-1}$ .

**Benoît** : Mais oui ! Et maintenant on calcule la nouvelle valeur de l'accélération, je trouve :  $(dv/dt)_{t_1} = 9,76 \text{ m.s}^{-2}$ . Ainsi de suite, on procède par itérations successives.

Amélie et Benoît continuent leurs calculs à la main pendant qu'Adrien effectue les calculs avec le tableur d'un ordinateur.

**Adrien** : Ça y est ! j'ai fini ! Tenez, je vous imprime le début de ma page de calculs.....mais j'ai effacé trois cases , je vous avertis ! (Voir les premières lignes du tableau en annexe page 11 à rendre avec la copie).

**Amélie** : On a les mêmes résultats que toi , et sans tableur ! Mais tous ces chiffres après la virgule, ça me fait bien rire !

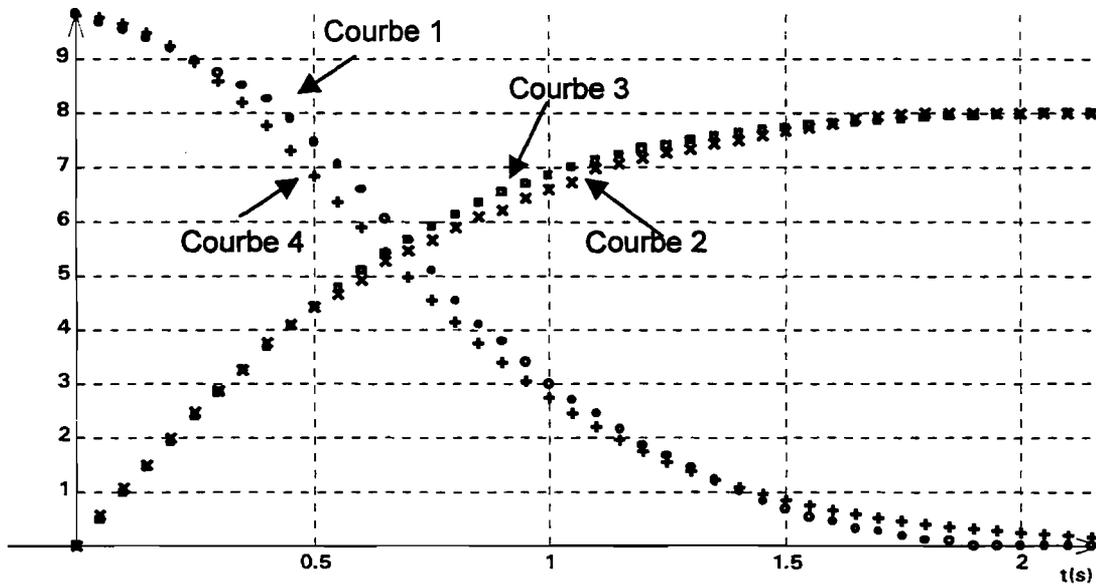
*A la suite de cette dernière partie, vous pouvez répondre aux questions 7 et 8.*

## Questions

- 1) Faire correspondre chaque schéma d'élève à une des propositions d'Amélie. Justifier.
- 2) Calculer le rapport des forces entre le poids et la poussée d'Archimède. Conclure.
- 3) Retrouver alors **l'équation (1)** trouvée par Adrien. Indiquer l'axe de projection qui a été utilisé.
- 4) Identifier sur le document 1 (page 5) les deux courbes représentées. Justifier.
- 5) Déterminer, à partir du document 1, la vitesse limite  $v_{\text{lim}}$  de la balle. En déduire la valeur expérimentale de  $k$ . Retrouver **l'équation (2)**.
- 6) Dans le cas d'une sphère de rayon  $r$  se déplaçant dans un fluide de masse volumique  $\rho$ , la valeur théorique de  $k$  (notée  $k_t$ ) a pour expression :
$$k_t = 0,22 \cdot \pi \cdot \rho \cdot r^2$$
Calculer la valeur théorique  $k_t$ .  
Comparer  $k$  et  $k_t$  et conclure.
- 7) a) Évaluer le temps caractéristique de l'évolution du système. Le choix du pas d'itération vous semble-t-il satisfaisant ? Justifier.  
b) Compléter les trois cases vides du tableau donné en **annexe page 11 (à rendre avec la copie)**. Justifier.  
c) Justifier très brièvement l'exclamation d'Amélie à propos de la précision des résultats des calculs d'Adrien.

- 8) a) Comparer les valeurs expérimentales (courbes 1 et 2) et les valeurs calculées avec la méthode d'Euler (courbes 3 et 4) qui sont rassemblées dans le graphe ci-dessous :

Vitesses en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  et accélérations en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$



- b) Avant de conclure sur la validité du modèle utilisé pour la force de frottement, que faut-il modifier dans le calcul numérique ?
- c) Quel autre modèle pourrait-on proposer pour la force de frottement ? Expliquer brièvement ce qui serait modifié dans l'équation (2) qui sert de base à la méthode d'Euler.

### III – Dipôle RLC (4 points)

On considère le circuit électrique comportant un générateur de tension continue de f.é.m  $E = 6 \text{ V}$ , un condensateur de capacité  $C$ , une bobine d'inductance  $L$  et de résistance négligeable, deux conducteurs ohmiques de résistance  $R$  et deux interrupteurs  $K$  et  $K'$  (voir figure 1).

On utilise un dispositif informatisé d'acquisition de données qui permet de visualiser sur la voie 1 la tension  $u_1$  aux bornes du condensateur en fonction du temps.

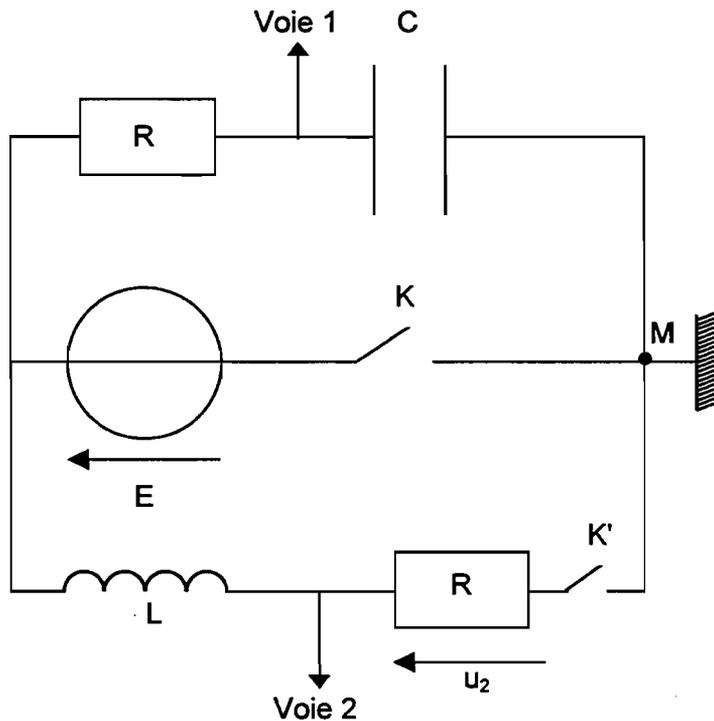
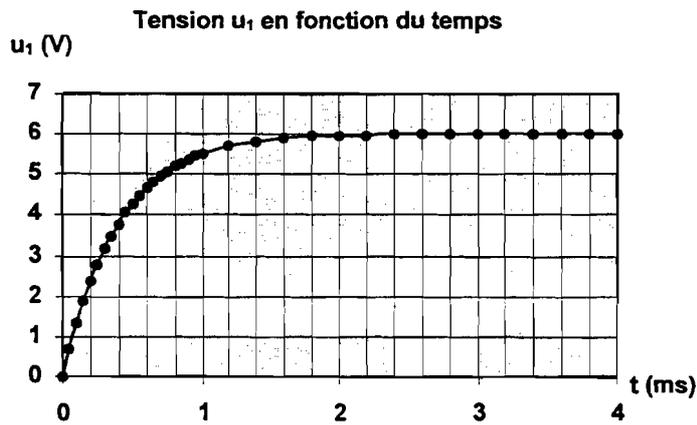


Figure 1

#### A – Première expérience

Dans cette expérience, on ferme  $K$  (en maintenant  $K'$  ouvert). Le dipôle  $(R,C)$  est alors soumis à un échelon de tension de valeur  $E$ .

1. Quel est le nom du phénomène observé sur la voie 1 à la fermeture de  $K$  ?
2. Reproduire sur la copie la partie de circuit concernée et indiquer sur ce schéma, juste après la fermeture de l'interrupteur  $K$ , le sens du courant, le signe des charges de chacune des armatures du condensateur.  
Indiquer la flèche-tension  $u_1$  aux bornes du condensateur.
3. Sur la voie 1, on obtient la courbe de la figure 2 ci-dessous :



**Figure 2**

Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau$  du dipôle (R,C) en expliquant la méthode utilisée. Sachant que  $R = 20 \Omega$ , en déduire la valeur de la capacité C.

4. L'étude théorique du dipôle (R,C) conduit à l'équation différentielle  $\tau \frac{du_1}{dt} + u_1 = E$ .

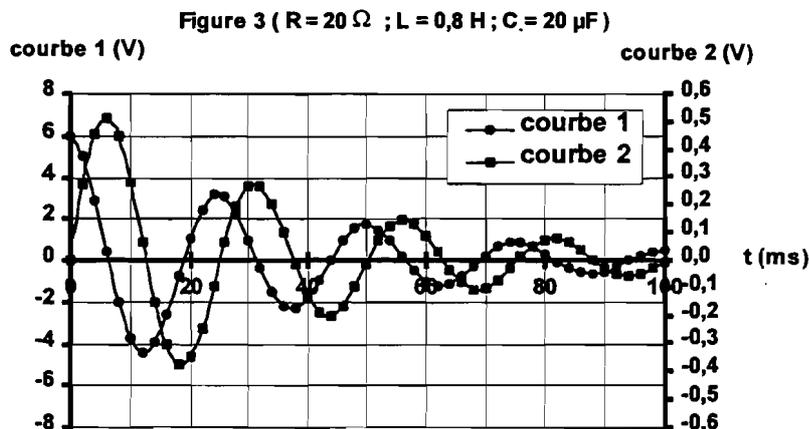
a) Retrouver cette équation différentielle en appliquant la loi d'additivité des tensions.

b) Compte tenu des conditions initiales, la solution de cette équation est de la forme

$$u_1 = E \left[ \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \right]. \text{ Calculer la valeur de } u_1 \text{ pour } t = 5\tau. \text{ Conclure.}$$

### B – Deuxième expérience

Une fois la première expérience réalisée, on ouvre K puis on ferme K'. Le circuit est alors le siège d'oscillations électriques. On utilise le même dispositif informatisé d'acquisition de données pour visualiser, sur la voie 1, la tension  $u_1$  aux bornes du condensateur et sur la voie 2, la tension  $u_2$  aux bornes du conducteur ohmique R. L'acquisition est synchronisée avec la fermeture de l'interrupteur. On obtient les courbes de la figure 3 :



**Figure 3**

1. Attribuer à chaque courbe de la figure 3 la tension correspondante en justifiant brièvement pour une courbe seulement.
2. Mesurer la pseudo-période  $T$  des oscillations. Calculer la période propre correspondant au cas où les résistances  $R$  sont négligeables. Conclure.
3. Influence des paramètres : on réalise à présent la deuxième expérience en modifiant un seul des paramètres  $L$  ou  $C$ . Deux cas sont proposés. Dans l'un, on a diminué la valeur de  $L$ , dans l'autre, on a augmenté la valeur de  $C$ . On obtient les figures 4 et 5.

Attribuer à chaque cas proposé la figure qui lui correspond. Justifier.

Figure 4

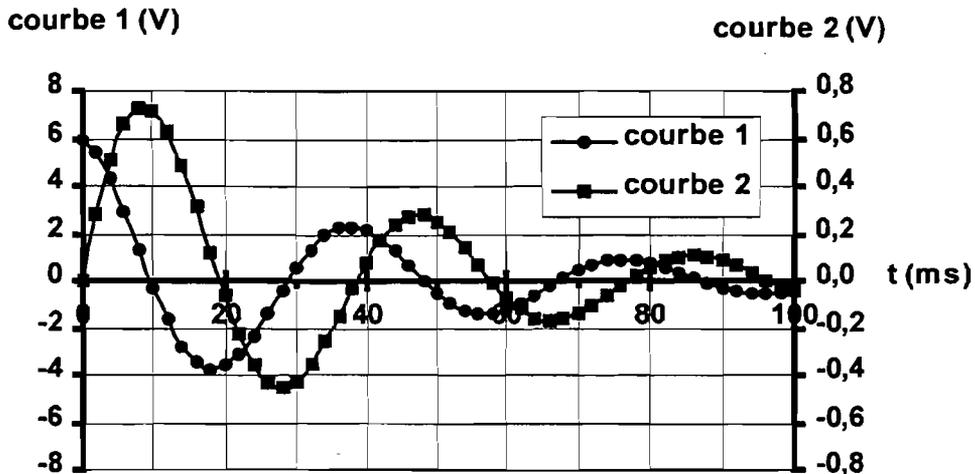
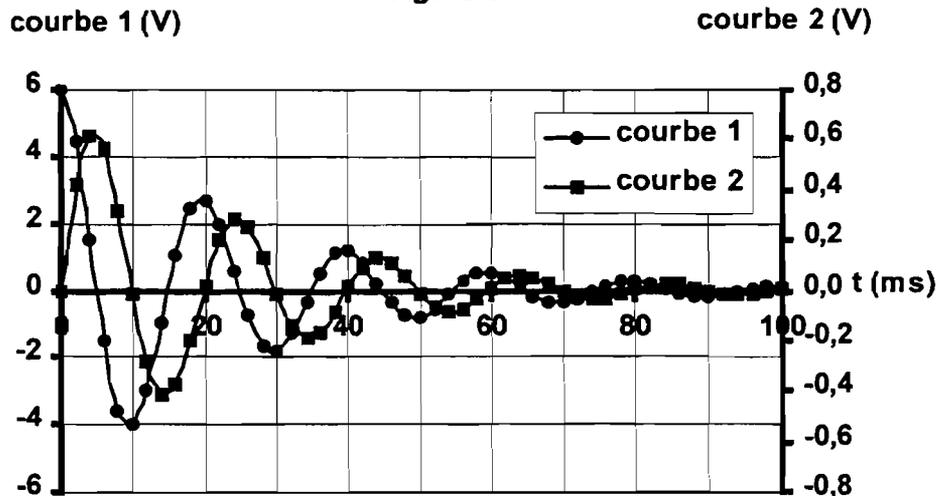


Figure 5



### EXERCICE I : ANNEXE à rendre avec la copie

	C (mol.L <sup>-1</sup> )	$\sigma$ (S.m <sup>-1</sup> )	[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] <sub>eq</sub> (mol.L <sup>-1</sup> )	Q <sub>r,eq</sub>	- lg (Q <sub>r,eq</sub> )
Ac. salicylique	1,00 × 10 <sup>-3</sup>	2,36 × 10 <sup>-2</sup>	6,11 × 10 <sup>-4</sup>	9,60 × 10 <sup>-4</sup>	3,01
Ac. salicylique	5,00 × 10 <sup>-3</sup>	7,18 × 10 <sup>-2</sup>			
Ac. salicylique	10,0 × 10 <sup>-3</sup>	10,12 × 10 <sup>-2</sup>	2,62 × 10 <sup>-3</sup>	9,30 × 10 <sup>-4</sup>	3,03
Ac. benzoïque	1,00 × 10 <sup>-3</sup>	0,86 × 10 <sup>-2</sup>	2,25 × 10 <sup>-4</sup>	6,53 × 10 <sup>-5</sup>	4,19
Ac. benzoïque	5,00 × 10 <sup>-3</sup>	2,03 × 10 <sup>-2</sup>	5,31 × 10 <sup>-4</sup>	6,31 × 10 <sup>-5</sup>	4,20
Ac. benzoïque	10,0 × 10 <sup>-3</sup>	2,86 × 10 <sup>-2</sup>	7,47 × 10 <sup>-4</sup>	6,03 × 10 <sup>-5</sup>	4,22

### EXERCICE II : ANNEXE à rendre avec la copie

Tableau des calculs utilisant la méthode d'Euler :

Temps	Vitesse	Accélération
t(s)	v (m/s)	dv/dt (m/s <sup>2</sup> )
0	0	9,8
0,05	0,49	
0,1		9,65646893
0,15	1,4610227	
0,2	1,93501329	9,23835853
0,25	2,39693122	8,93820811

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

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

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

**ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE**

**L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ**

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

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE et deux exercices de CHIMIE présentés sur 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9, y compris celle-ci.

**Les annexes pages 8 et 9 sont à rendre avec la copie.**

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

- |      |                                           |            |
|------|-------------------------------------------|------------|
| I.   | Évolution temporelle de deux oscillateurs | (9 points) |
| II.  | Pile cuivre-argent                        | (3 points) |
| III. | Étude de l'estérification                 | (4 points) |

# I - ÉVOLUTION TEMPORELLE DE DEUX OSCILLATEURS (9 points)

## A – Oscillateur mécanique

Une table à digitaliser est un dispositif permettant d'enregistrer les positions d'un système mécanique en fonction du temps.

Un solide  $S$ , de masse  $m = 100 \text{ g}$ , relié à une soufflerie réglable est accroché à deux ressorts identiques à spires non jointives. On enregistre la position de son centre d'inertie  $G$  au cours du temps à l'aide de l'ordinateur connecté à une table à digitaliser horizontale. (voir schéma n° 1)

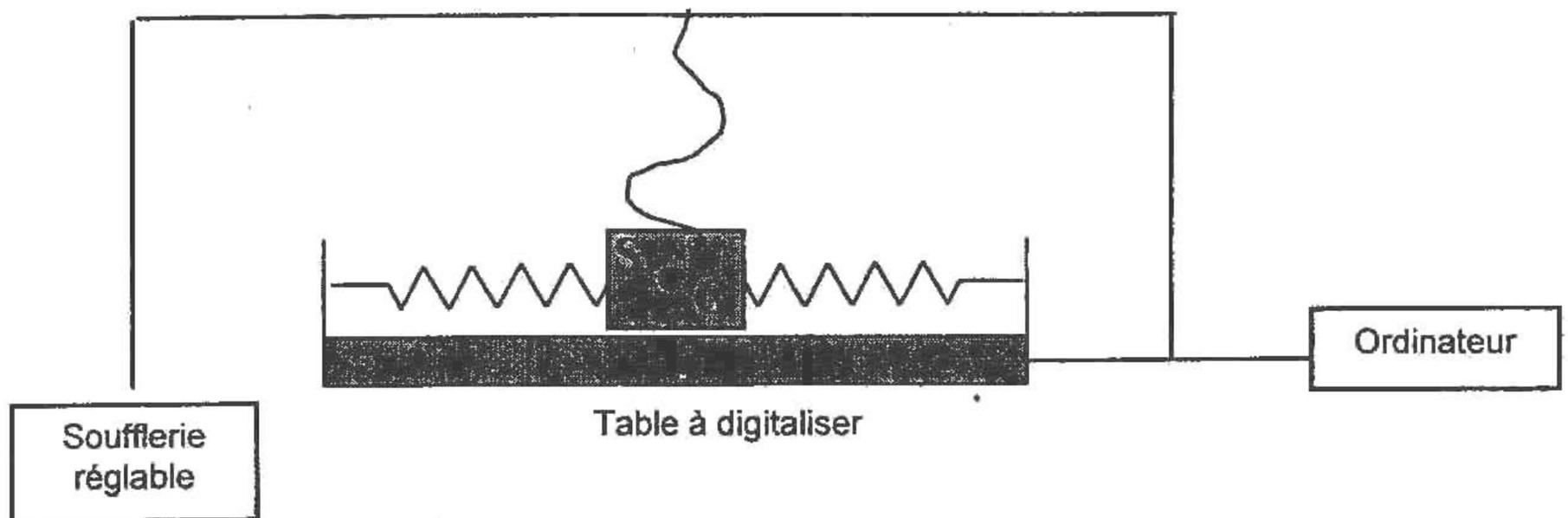


Schéma n° 1

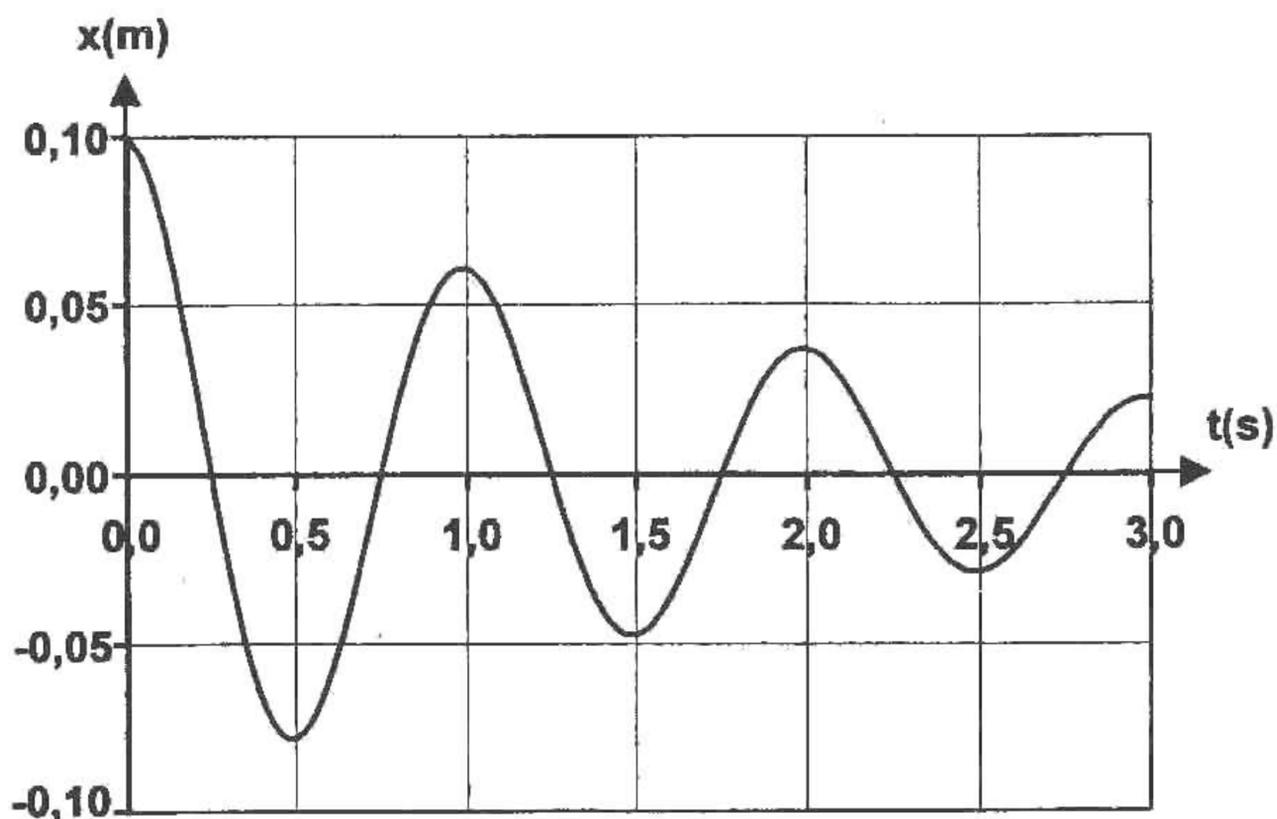
L'oscillateur décrit ci-dessus est équivalent à un solide de masse  $m$  accroché à un seul ressort à spires non jointives de constante de raideur  $k$ . La position du centre d'inertie  $G$  du solide est repérée par son abscisse  $x$  dans le repère  $(O, \vec{i})$  (voir le schéma n° 2 de l'annexe page 8 à rendre avec la copie).

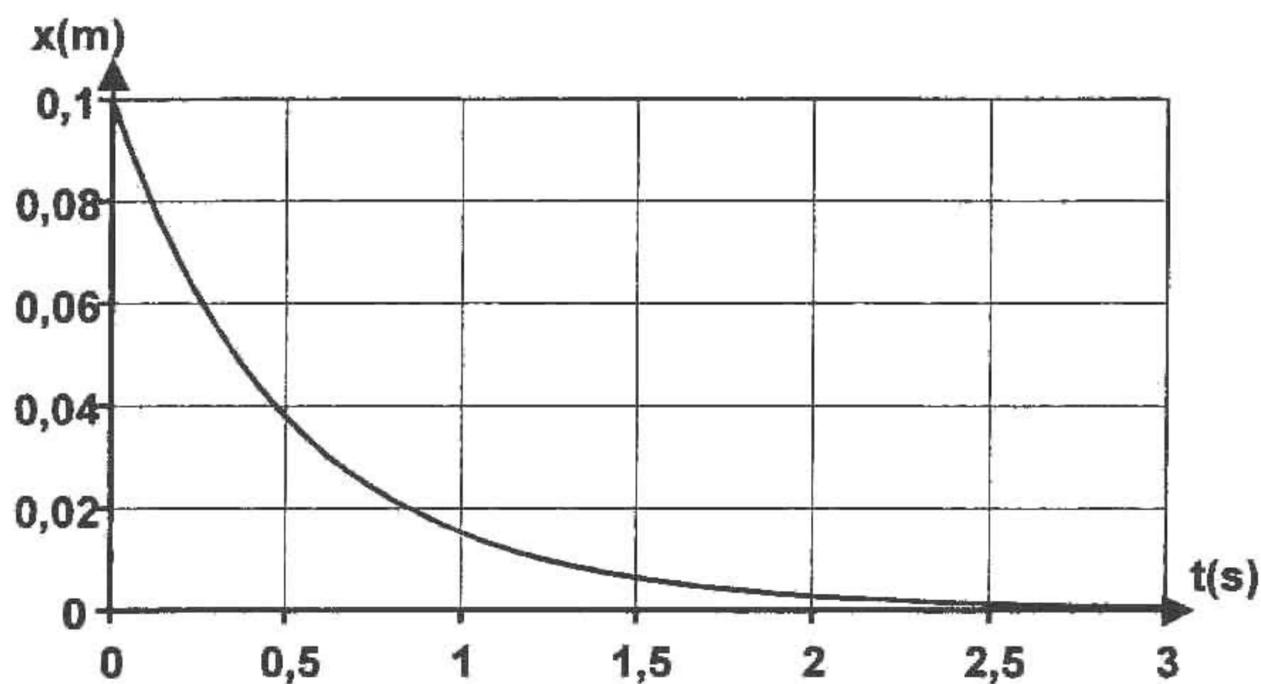
A l'équilibre, le centre d'inertie  $G$  coïncide avec l'origine  $O$  du repère.

On réalise trois enregistrements dans les conditions suivantes :

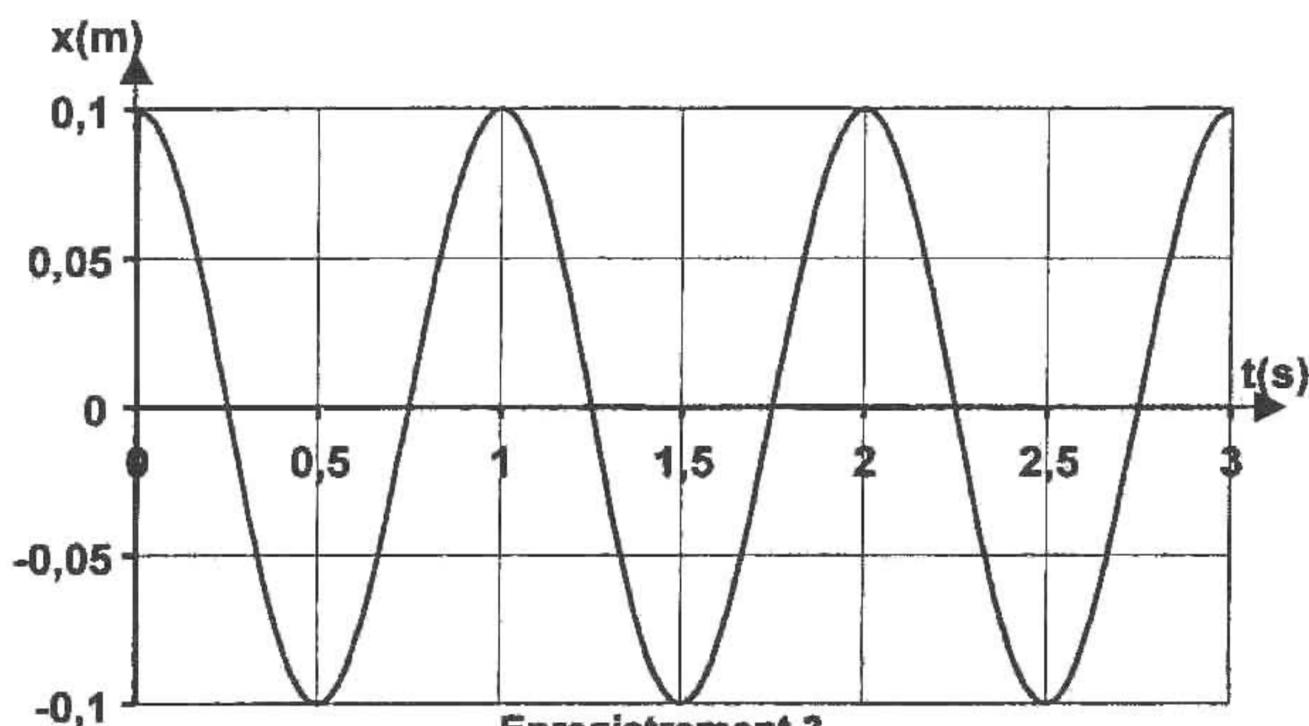
- Soufflerie à puissance maximale ;
- Puissance de la soufflerie légèrement diminuée ;
- Puissance de la soufflerie fortement diminuée.

On obtient les enregistrements 1, 2 et 3 ci dessous :





Enregistrement 2



Enregistrement 3

1. Indiquer pour chacun des trois enregistrements :

- la condition (a, b ou c) de fonctionnement de la soufflerie ;
- le régime d'évolution (périodique, pseudo-périodique ou apériodique).

Dans toute la suite on se place dans le cas où les frottements sont négligeables.

2. a) Sur le *schéma n° 2 (annexe page 8 à rendre avec la copie)*, représenter au centre de gravité G les forces s'exerçant à l'instant t sur le solide S, et les nommer.

b) En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du

centre d'inertie G du solide S est :  $m \frac{d^2x}{dt^2} + k.x = 0$ .

c) La solution analytique de l'équation différentielle est de la forme :

$$x = X_M \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0} + \Phi_0\right).$$

Comment nomme-t-on les constantes  $X_M$  et  $\Phi_0$  ? Déterminer leurs valeurs sachant que S est lâché à  $t = 0$  sans vitesse initiale au point d'abscisse  $x = 10,0$  cm.

d) Déterminer la période propre  $T_0$  de l'oscillateur en utilisant l'un des enregistrements précédents.

e) A l'aide d'une analyse dimensionnelle, déterminer l'expression de la période propre  $T_0$  parmi celles proposées ci-dessous :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad ; \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} \quad ; \quad T_0 = 2\pi \frac{m}{k} .$$

En déduire la valeur numérique de la constante de raideur  $k$  du ressort équivalent.

3. On étudie maintenant les différentes formes d'énergie du solide dans le cas du régime périodique.

a) Exprimer pour le système {ressort-solide S} à une date  $t$ , en fonction de  $k$ ,  $m$ ,  $x$  et  $v$  :

- l'énergie potentielle élastique  $E_p$ ,
- l'énergie cinétique  $E_c$ .

Donner l'expression de l'énergie mécanique  $E$  en fonction de  $E_p$  et  $E_c$ .

b) Que peut-on dire de l'énergie mécanique au cours du mouvement ?  
Exprimer et calculer l'énergie mécanique à  $t = 0$ . En déduire la vitesse de S au passage par sa position d'équilibre.

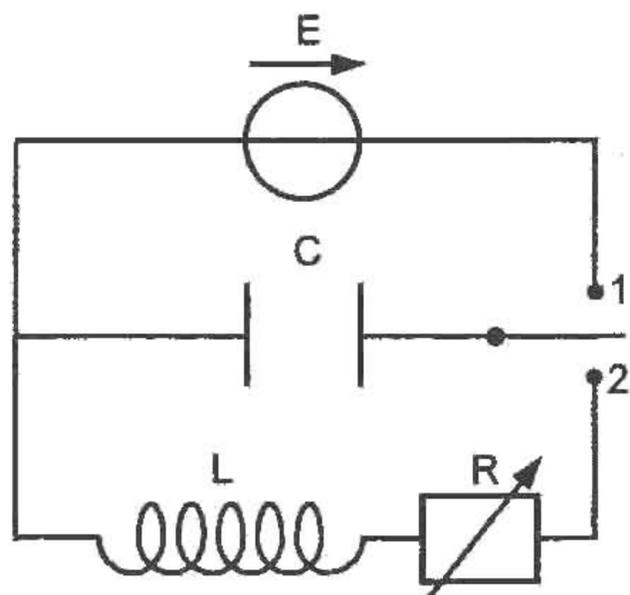
c) Les figures données sur le *schéma n° 3*, (annexe page 8 à rendre avec la copie), représentent les variations au cours du temps des différentes énergies  $E$ ,  $E_p$ ,  $E_c$ . Compléter le schéma en identifiant chacune des courbes. Justifier.

d) Dans le cas d'un régime pseudo-périodique, pourquoi l'énergie mécanique  $E$  diminue-t-elle au cours du temps ?

## B – Application des oscillations électriques

Dans cette partie, on étudie une application des oscillations électriques dans le domaine de la météorologie. Pour mesurer le taux d'humidité relative de l'air (noté % d'HR), on peut employer un capteur appelé "humidistance" dont le principe simplifié utilise un condensateur de capacité variant avec l'humidité.

Pour mesurer la valeur de la capacité d'un condensateur, on peut le placer dans le circuit ci-dessous dans lequel la bobine d'inductance  $L$  a une résistance négligeable.



L'interrupteur est d'abord placé en position 1 pour charger le condensateur, puis basculé en position 2 pour le décharger. Un système informatisé d'acquisition de données permet de relever la tension aux bornes du condensateur au cours de la décharge.

1. Suivant la valeur de la résistance  $R$  non nulle, l'évolution du système ( $R, L, C$ ) se fait suivant deux régimes différents.  
Tracer l'allure de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps pour ces deux régimes que l'on nommera.
2. On suppose maintenant que la résistance  $R$  est nulle ; reproduire la partie du circuit correspondant à la décharge . Établir l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la charge  $q$  du condensateur.
3. Vérifier que l'expression :  $q = Q_M \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0} + \Phi_0\right)$  est solution de l'équation différentielle, si la période propre  $T_0$  a pour expression  $T_0 = 2\pi \sqrt{L.C}$  .
4. Le condensateur du capteur d'humidité est introduit dans le circuit précédent.  
Dans les conditions atmosphériques de l'expérience, la période mesurée vaut  $T = 31,4 \mu\text{s}$ .  
Sachant que l'inductance de la bobine est  $L = 200 \text{ mH}$ , calculer la capacité du condensateur.
5. On lit sur la notice de l'appareil :

Caractéristiques du capteur d'humidité :  
gamme de mesures : 10 à 100 % d'HR.  
sensibilité : 0,4 pF par % d'HR.  
capacité à 25°C et à 43 % d'HR : 122 pF.  
température d'utilisation : 0 à 85°C.

- a) L'expression de la capacité  $C$  du capteur est une fonction affine croissante du taux d'HR notée  $h$  (exprimée en % d'HR). On peut donc écrire  $C = a.h + b$ .  
En vous aidant des caractéristiques du capteur, déterminer les valeurs des constantes  $a$  et  $b$  positives.
- b) Dans les conditions expérimentales de la question 4., déterminer le % d'HR de l'atmosphère.

## II - ETUDE DE LA PILE CUIVRE-ARGENT (3 points)

A partir des couples oxydant/réducteur  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Cu}_{(\text{s})}$  et  $\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})}/\text{Ag}_{(\text{s})}$  on peut envisager deux transformations dont les réactions peuvent être schématisées par les équations suivantes :



Les constantes d'équilibre de ces réactions sont  $K_1 = 2,1 \cdot 10^{15}$  et  $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-16}$ .

### A - Transformation chimique spontanée par transfert direct d'électrons

Un élève réalise l'expérience dont le protocole est donné ci-dessous :

- Verser dans un becher un volume  $V_1 = 50 \text{ mL}$  d'une solution de sulfate de cuivre (II) de concentration molaire  $C_1 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$  et un volume  $V_2 = 50 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration molaire  $C_2 = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ . La solution de sulfate de cuivre est bleue, celle de nitrate d'argent incolore.
- Plonger un fil d'argent et ajouter environ 3 g de poudre de cuivre de couleur rouge.
- Agiter.
- Filtrer la solution obtenue et observer sa couleur.

L'élève note dans les observations de son compte rendu de TP : « On observe un léger dépôt gris et une intensification de la coloration bleue »

1. Parmi les deux réactions possibles quelle est celle associée à la transformation chimique du système ?
2. Rappeler le critère d'évolution spontanée.
3. Calculer le quotient de réaction initial puis, en appliquant le critère d'évolution spontanée, montrer que le sens d'évolution prévu est compatible avec les observations expérimentales de l'élève.

### B – Constitution et fonctionnement de la pile cuivre- argent en circuit fermé

On dispose :

- d'un fil de cuivre,
- d'un fil d'argent,
- d'une solution de sulfate de cuivre (II) de volume  $V_1 = 50 \text{ mL}$  et de concentration molaire  $C_1 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ ,
- d'une solution de nitrate d'argent de volume  $V_2 = 50 \text{ mL}$  et de concentration molaire  $C_2 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ ,
- d'un papier imbibé de nitrate de potassium pouvant constituer un pont salin.

1. Faire un schéma de la pile réalisable avec le matériel donné ci-dessus.
2. On observe dans le circuit extérieur le passage d'un courant électrique de l'électrode d'argent vers l'électrode de cuivre.
  - a) Préciser sur votre schéma le sens de circulation des électrons dans le circuit et la polarité des électrodes.
  - b) Ecrire les équations des réactions modélisant les transformations ayant lieu à chaque électrode.
  - c) Ecrire l'équation de la réaction associée à la transformation ayant lieu dans la pile.
  - d) La pile cuivre-argent en fonctionnement est-elle un système dans l'état d'équilibre ou hors équilibre ? Justifier en utilisant le critère d'évolution spontanée.

### III – ETUDE DE L'ESTERIFICATION (4 points)

Deux étudiants décident de refaire les expériences réalisées en 1862 par les chimistes Marcellin Berthelot et Léon Péan de Saint-Gilles, concernant la réaction d'estérification à partir de l'acide éthanoïque et de l'éthanol.

Ils préparent dix ampoules identiques. Ils introduisent dans chaque ampoule 0,10 mol de chacun des réactifs. Les ampoules sont fermées hermétiquement et placées dans une enceinte à température constante de 100°C, à une date prise comme date initiale ( $t = 0$ ).

A une date  $t$  donnée, ils sortent une ampoule de l'enceinte, la refroidissent rapidement et effectuent un dosage de l'acide éthanoïque restant avec une solution titrée d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléïne.

Le tableau donné en annexe page 9 (à rendre avec la copie) donne les résultats des dosages successifs.

- 1) Écrire l'équation de la réaction associée à l'estérification qui se produit dans chaque ampoule. Nommer l'ester formé.
- 2) Pourquoi refroidit-on rapidement les ampoules avant chaque dosage ?
- 3) A l'aide du tableau d'avancement de la réaction ayant lieu dans chaque ampoule :
  - a) Déterminer l'avancement maximal  $x_{\max}$ .
  - b) Calculer l'avancement final  $x_f$  dans chaque ampoule. Reporter ces valeurs dans le tableau donné en annexe page 9 (à rendre avec la copie).
- 4) Définir le taux d'avancement final  $\tau$ . Pour chaque ampoule, calculer ce taux d'avancement et reporter ces valeurs dans le tableau donné en annexe à rendre avec la copie.
- 5) Sur une feuille de papier millimétré, tracer la courbe  $\tau(t)$  représentant la variation du taux d'avancement de l'estérification en fonction du temps.  
Échelles : en abscisse 1 cm représente 20 h  
en ordonnée 1 cm représente 0,05 (ou 5 %)
- 6) A partir de l'allure de la courbe  $\tau(t)$ , énoncer deux propriétés de la transformation étudiée.
- 7) Tracer, sur le même graphe, l'allure de la courbe qui serait obtenue si l'expérience était réalisée à une température plus élevée. Justifier.

# EXERCICE I : ANNEXE à rendre avec la copie

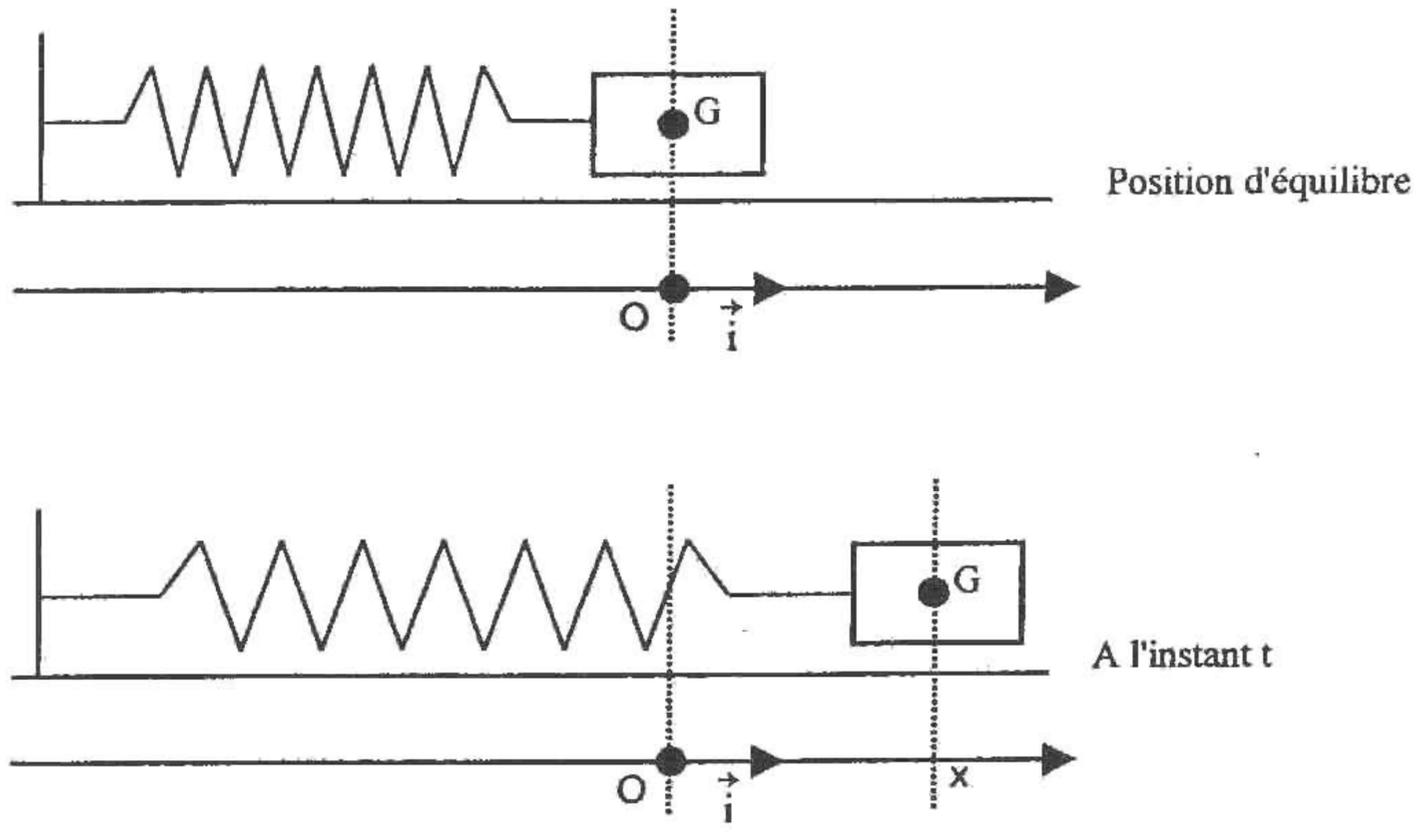


Schéma n° 2

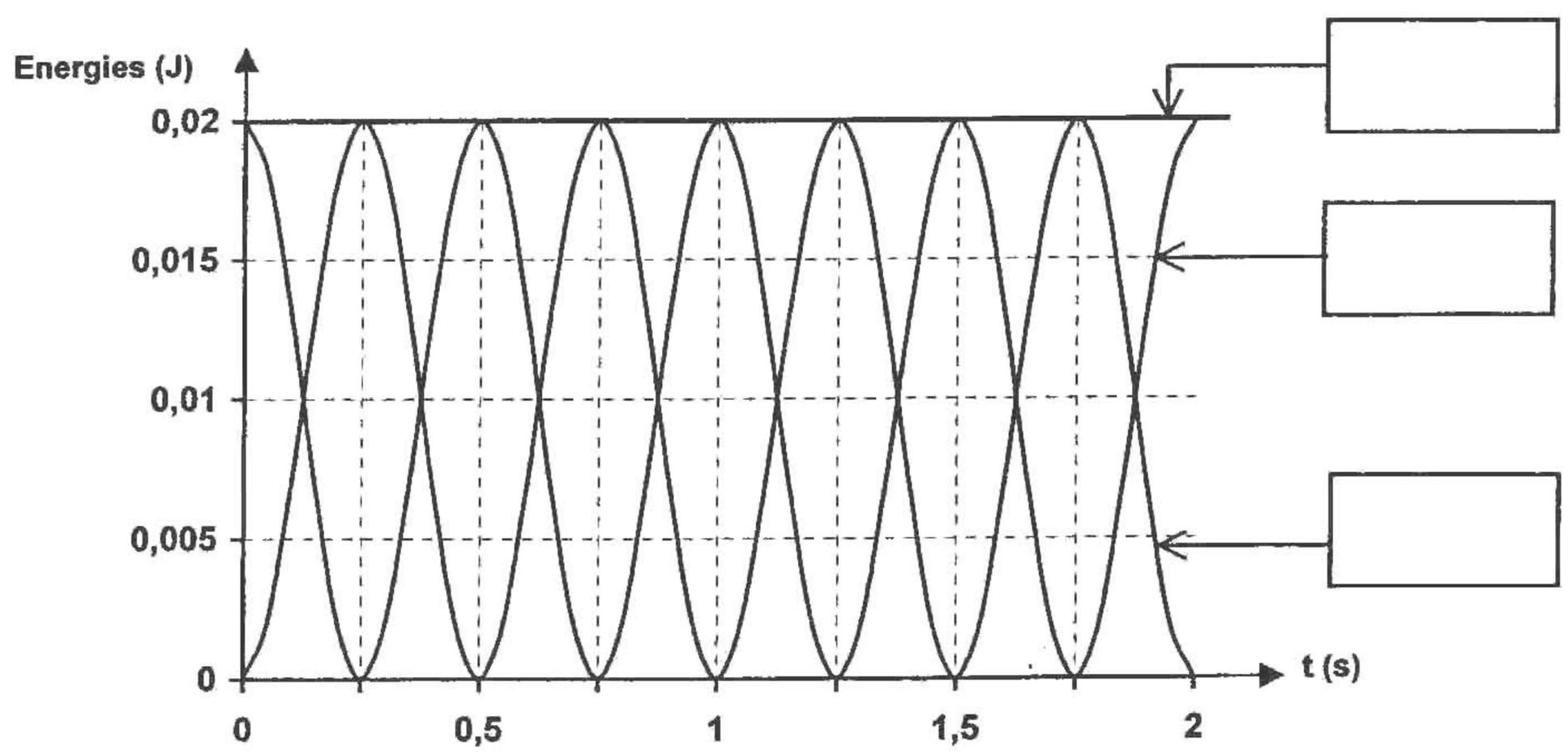


Schéma n° 3

### EXERCICE III : Annexe (à rendre avec la copie)

Résultats des dosages des dix ampoules : quantité de matière d'acide éthanoïque (n) en fonction de la date de prélèvement (t).

Date t (en h)	0	4	10	20	40	100	150	200	250	300
Quantité de matière n (en mmol)	100	75	64	52	44	36	35	34	33	33
Avancement final $x_f$ (en mmol)										
taux d'avancement $\tau$										

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

**L'usage des calculatrices est autorisé**

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

*Les données sont en italique*

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci. **Le feuillet des annexes** (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. **Étude de la vitamine C (4 points)**
- II. **Charge d'un condensateur à l'aide d'une pile (7 points)**
- III. **Autour du radium (5 points)**

## EXERCICE I. ÉTUDE DE LA VITAMINE C ( 4 POINTS)

L'acide ascorbique, couramment dénommé vitamine C, est un réducteur naturel que l'on qualifie usuellement d'antioxydant. On le trouve dans de nombreux fruits et légumes. Une carence prolongée en vitamine C favorise le scorbut. On a montré que la vitamine C peut prévenir des petits maux quotidiens tels que le rhume ainsi qu'aider dans le traitement de certains cancers.

En pharmacie il est possible de trouver l'acide ascorbique, par exemple sous forme de comprimés « de vitamine C 500 ».

### 1. Étude de la réaction entre une solution aqueuse d'acide ascorbique et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude)

Pour simplifier, l'acide ascorbique, de formule brute  $C_6H_8O_6$ , sera désigné par HA dans la suite de l'exercice.

Dans cette étude, on envisage la réaction très rapide entre une solution aqueuse d'acide ascorbique de concentration molaire en soluté apporté  $C_A = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté  $C_B = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Le volume initial de la solution aqueuse d'acide ascorbique est  $V_A = 20,0 \text{ mL}$  et on note  $V_B$  le volume de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versée.

1.1. Écrire l'équation traduisant cette réaction.

1.2. On étudie le mélange, à  $25^\circ\text{C}$ , lorsque l'on a versé  $V_B = 5,0 \text{ mL}$  de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

1.2.1. Le pH du mélange est alors égal à 4,0. En déduire la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  dans ce mélange.

1.2.2. Calculer la concentration en ions hydroxyde dans ce mélange. En déduire la quantité  $n_f(\text{HO}^-)$  d'ions hydroxyde présents à l'état final dans ce mélange.

On donne le produit ionique de l'eau à  $25^\circ\text{C}$  :  $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$ .

1.2.3. **DANS L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter le **TABLEAU 1** descriptif de la réaction chimique entre l'acide ascorbique et les ions hydroxyde. En déduire la valeur numérique de l'avancement final  $x_f$ .

1.2.4. La transformation est-elle totale ? La réaction associée à cette transformation peut-elle servir de support au dosage d'une solution aqueuse d'acide ascorbique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ?

### 2. Dosage colorimétrique d'un comprimé de vitamine C

On écrase un comprimé de « vitamine C 500 » dans un mortier. On dissout la poudre dans un peu d'eau distillée et l'on introduit l'ensemble dans une fiole jaugée de  $100,0 \text{ mL}$  ; on complète avec de l'eau distillée. Après homogénéisation, on obtient la solution S.

On prélève un volume  $V_A = 10,0 \text{ mL}$  de la solution S que l'on dose avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté  $C_B = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  en présence d'un indicateur coloré convenablement choisi. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium  $V_{BE} = 14,4 \text{ mL}$ .

2.1. Représenter un schéma annoté du dispositif pour réaliser ce titrage.

2.2. Quel indicateur coloré doit-on choisir parmi les trois proposés ci-après ? On pourra s'aider de la courbe  $\text{pH} = f(V_B)$  donnée **SUR LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE** pour justifier la réponse à cette question. *Cette courbe a été obtenue à partir d'un logiciel de simulation, indépendamment des quantités dosées dans l'exercice.*

On donne la zone de virage de quelques indicateurs colorés :

indicateur coloré	zone de virage
rouge de méthyle	4,2 - 6,2
bleu de bromophénol	3,0 - 4,6
rouge de crésol	7,2 - 8,8

2.3. Définir l'équivalence.

2.4. Calculer la quantité d'acide ascorbique dans les 10,0 mL de solution titrée en utilisant les données introductives de la question 2.

2.5. En déduire la masse  $m$ , en mg, d'acide ascorbique contenu dans un comprimé.

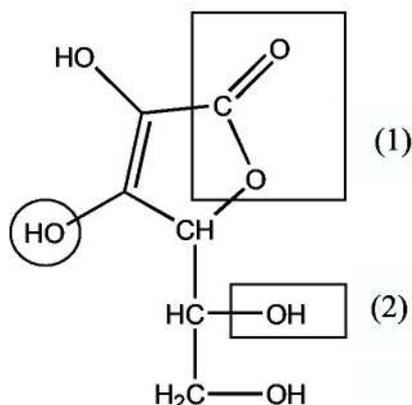
Expliquer l'indication du fabricant « vitamine C 500 ».

On donne les masses molaires atomiques en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :

$$M(\text{C}) = 12,0 ; M(\text{H}) = 1,0 ; M(\text{O}) = 16,0.$$

### 3. Étude de la molécule de l'acide ascorbique

La formule semi-développée de l'acide ascorbique est la suivante :



Les propriétés acido-basiques de cette molécule sont dues à l'hydrogène du groupe caractéristique (ou fonctionnel) entouré par un cercle. Cette molécule possède d'autres groupes caractéristiques.

À quelle famille de composés correspondent respectivement les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) encadrés dans la formule de l'acide ascorbique et notés (1) et (2) ?

## EXERCICE II. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À L'AIDE D'UNE PILE (7 POINTS)

### 1. Réalisation de la pile

On souhaite réaliser une pile au laboratoire. Pour cela, on dispose d'une lame de zinc et d'une lame de cuivre ainsi que d'un volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de sulfate de zinc de concentration molaire en soluté apporté  $C_1 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$  et d'un volume  $V_2 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration molaire en soluté apporté  $C_2 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$  et d'un pont salin.

L'expérience est réalisée à la température de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . À cette température, la constante d'équilibre associée à l'équation :  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Zn}_{(\text{s})} = \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Cu}_{(\text{s})}$  est  $K = 4,6 \times 10^{36}$ .

La pile ainsi réalisée est placée dans un circuit électrique comportant une résistance et un interrupteur. On ferme ce circuit électrique à l'instant de date  $t_0 = 0 \text{ s}$ .

- 1.1. Faire un schéma légendé de cette pile. Compléter le schéma avec la résistance et l'interrupteur.
- 1.2. Déterminer le quotient de réaction  $Q_{r,i}$  du système ainsi constitué à l'instant de date  $t_0$ . En déduire le sens d'évolution spontanée du système.
- 1.3. Pour chaque électrode, écrire la demi-équation correspondant au couple qui intervient.
- 1.4. En déduire, en justifiant la réponse, à quel métal correspond le pôle + de la pile et à quel métal correspond le pôle -.
- 1.5. D'après la théorie, on considère que la pile s'arrête de fonctionner quand le réactif limitant, constitué soit par les ions  $\text{Cu}^{2+}$ , soit par les ions  $\text{Zn}^{2+}$ , a été complètement consommé. En utilisant l'équation de la réaction se produisant à l'une des électrodes, calculer la quantité maximale d'électricité que pourrait théoriquement débiter cette pile. On donne la constante d'Avogadro  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , la charge électrique élémentaire  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

### 2. Charge d'un condensateur

On réalise un circuit électrique en montant en série la pile étudiée précédemment, un condensateur de capacité  $C = 330 \text{ } \mu\text{F}$  et un interrupteur K. Le schéma est représenté ci-dessous :

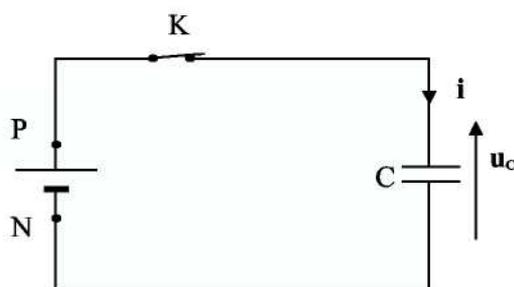


Schéma 1

Pour visualiser l'évolution de la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur en fonction du temps, on utilise un dispositif d'acquisition comme un oscilloscope à mémoire ou un ordinateur avec une interface. À l'instant de date  $t_0 = 0 \text{ s}$ , on ferme l'interrupteur K et on obtient l'enregistrement  $u_c = f(t)$  présenté SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Pour interpréter cette courbe, on modélise la pile par l'association en série d'une résistance  $r$  et d'un générateur idéal de tension de force électromotrice  $E$ .

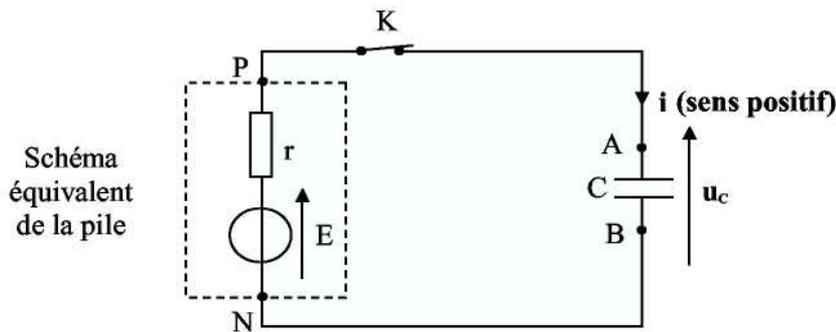


Schéma 2

2.1. À l'instant de date  $t_1 = 20 \text{ s}$ , on considère que le condensateur est chargé complètement. Quelle est la valeur de l'intensité du courant qui circule alors dans le circuit ?  
 La force électromotrice  $E$  est la valeur de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant.  
 À partir de l'enregistrement  $u_c = f(t)$  **SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**, donner la valeur de  $E$ .

2.2. Détermination de la résistance interne de la pile.

- 2.2.1. Donner l'expression littérale de la constante de temps  $\tau$ . Justifier que cette grandeur est de même dimension qu'une durée.
- 2.2.2. Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$ , par la méthode de votre choix qui apparaîtra **SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.
- 2.2.3. En déduire la valeur de la résistance interne  $r$  de la pile.

2.3. Expression de  $u_c(t)$

- 2.3.1. En respectant l'orientation du circuit indiquée sur le schéma 2, donner la relation entre l'intensité  $i$  du courant et la charge  $q$  portée par l'armature A.
- 2.3.2. Donner la relation entre la charge  $q$  et la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur.
- 2.3.3. Montrer qu'à partir de l'instant de date  $t_0$  où l'on ferme l'interrupteur, la tension  $u_c$  vérifie l'équation différentielle suivante :  $E = u_c + r \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$ .
- 2.3.4. La solution générale de cette équation différentielle est de la forme :  $u_c(t) = E (1 - e^{-\alpha \cdot t})$ . En déduire l'expression littérale de  $\alpha$ .

### EXERCICE III. AUTOUR DU RADIUM ( 5 POINTS)

Cet exercice comporte 10 AFFIRMATIONS indépendantes concernant les transformations radioactives.

Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, vous répondrez donc par VRAI ou FAUX, en justifiant votre choix à l'aide de définitions, de calculs, d'équations de réactions nucléaires,...

À la fin du XIX<sup>ième</sup> siècle, Pierre et Marie Curie découvrent deux éléments chimiques : le polonium puis le radium.

Marie Curie obtient en 1903 le prix Nobel de physique et, en 1911, celui de chimie.

Le radium  $^{226}_{88}\text{Ra}$  se désintègre spontanément en émettant une particule  $\alpha$ . Le noyau fils est un isotope du radon (Rn). Le radon est un gaz dans les conditions ordinaires de température et de pression.

Le  $^{228}_{88}\text{Ra}$  est radioactif  $\beta^-$ .

**On rappelle que les données sont en italique.**

1. AFFIRMATION : Le noyau de polonium noté  $^{208}_{84}\text{Po}$  est composé de 84 neutrons et 124 protons.
2. AFFIRMATION : La masse d'un noyau de radium est égale à la somme des masses de ses nucléons.
3. AFFIRMATION : L'équation de désintégration du radium est  $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$
4. AFFIRMATION : Le radium  $^{226}_{88}\text{Ra}$  et le radon  $^{226}_{86}\text{Rn}$  sont isotopes.
5. AFFIRMATION : Puisque le radium  $^{228}\text{Ra}$  est radioactif  $\beta^-$ , son noyau fils est donc un noyau de francium.
6. *La demi-vie du radon  $^{222}_{86}\text{Rn}$  est 3,8 jours.*  
AFFIRMATION : Au bout de 11,4 jours, le pourcentage de noyaux de radon  $^{222}_{86}\text{Rn}$  restant par rapport au nombre initial est de 12,5 % .
7. *Le noyau de radium  $^{226}_{88}\text{Ra}$  est obtenu à partir d'une suite de désintégrations radioactives  $\alpha$  et  $\beta^-$  du noyau d'uranium  $^{238}_{92}\text{U}$ .*  
AFFIRMATION : Au cours de ces désintégrations successives deux particules  $\alpha$  et trois électrons sont émis.
8. *Un échantillon de « radium 226 » a une activité de  $6,0 \times 10^5$  Bq.*  
AFFIRMATION :  $2,0 \times 10^4$  noyaux de radium  $^{226}_{88}\text{Ra}$  se sont désintégrés en une minute.
9. AFFIRMATION : L'énergie libérée par la réaction  $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$  est égale à 8 MeV.

10. La teneur en radon  $^{222}\text{Rn}$  dans les gaz du sol a été déterminée en mesurant une activité de  $3,75 \times 10^3 \text{ Bq}$  par  $\text{m}^3$  de gaz prélevé. La constante radioactive  $\lambda$  du radon  $^{222}\text{Rn}$  est  $2,10 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ .

AFFIRMATION : La quantité de matière en radon  $^{222}\text{Rn}$  dans  $1 \text{ m}^3$  responsable de cette activité est d'environ  $3 \times 10^{-15} \text{ mol}$ .

Données :

L'activité  $A$  d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations qu'il produit par seconde

$$\text{soit } A(t) = \frac{|\Delta N(t)|}{\Delta t}$$

À un instant de date  $t$ ,  $A$  est proportionnelle au nombre  $N(t)$  de noyaux radioactifs contenus dans

l'échantillon à cet instant et à la constante de radioactivité  $\lambda$  :  $A(t) = \frac{|\Delta N(t)|}{\Delta t} = \lambda \times N(t)$ .

La particule  $\alpha$  est un noyau d'hélium noté  ${}^4_2\text{He}$ .

Célérité de la lumière dans le vide  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ an} = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$

Constante d'Avogadro  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

éléments	symbole	numéro atomique Z
radon	Rn	86
francium	Fr	87
radium	Ra	88
actinium	Ac	89
thorium	Th	90
protactinium	Pa	91

entités	masse en kg
neutron	$1,674\,927 \times 10^{-27}$
proton	$1,672\,621 \times 10^{-27}$
noyau ${}^4_2\text{He}$	$6,644\,65 \times 10^{-27}$
noyau $^{226}\text{Ra}$	$3,752\,438 \times 10^{-25}$
noyau $^{222}\text{Rn}$	$3,685\,904 \times 10^{-25}$

Remplissez  
très lisiblement  
le talon ci-dessous.

NOM : \_\_\_\_\_  
Prénoms : \_\_\_\_\_

N° D'INSCRIPTION  
OU DE TABLE  
CENTRE D'EXAMEN : \_\_\_\_\_

CG3-412-2002

**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

SESSION 2003

**PHYSIQUE-CHIMIE  
OBLIGATOIRE**

Série : S

Si votre  
composition  
comporte  
plusieurs  
feuilles,  
numérotez-les.  
.....

***FEUILLET DES ANNEXES  
À RENDRE AVEC LA COPIE.***

**Tournez la page S.V.P.**

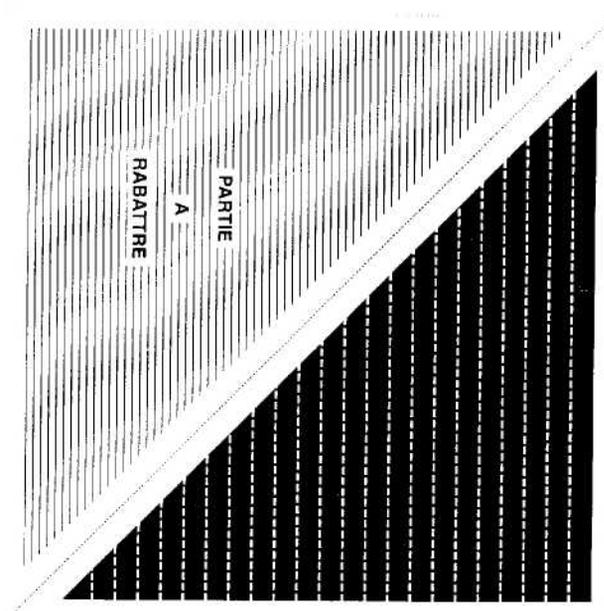
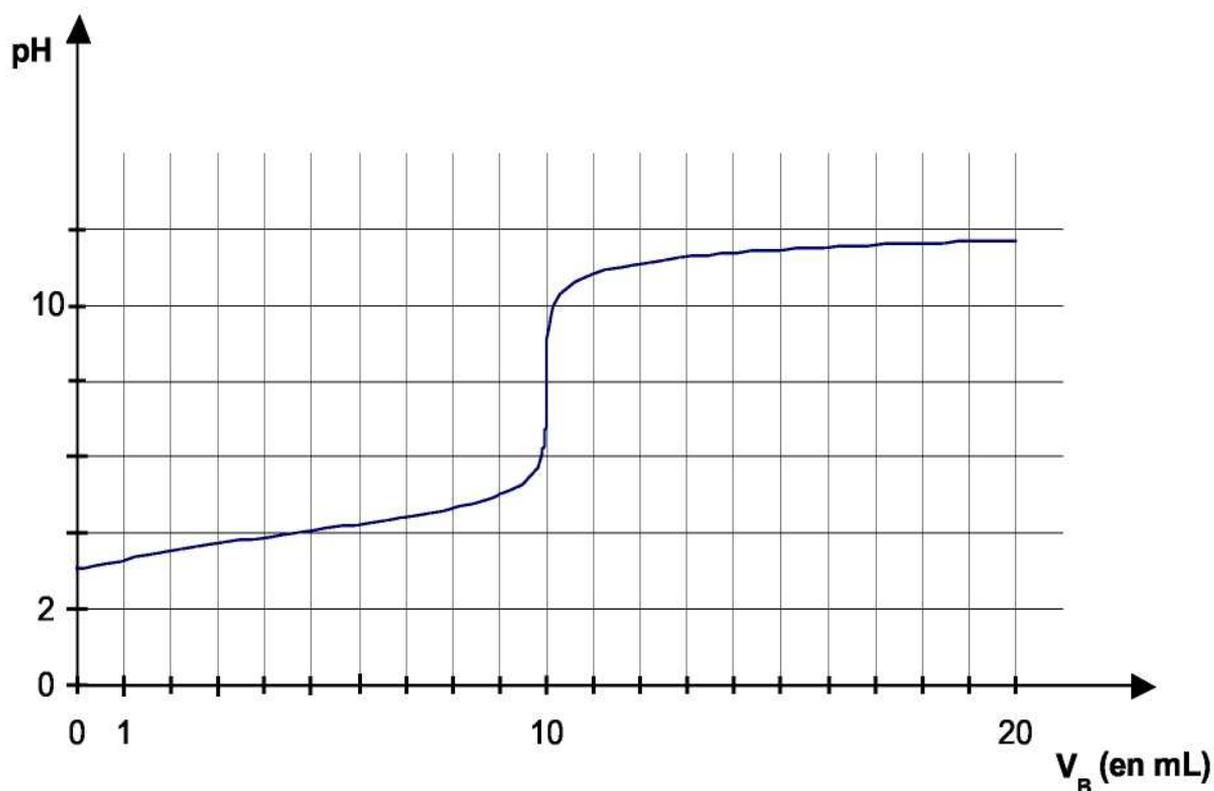


TABLEAU 1

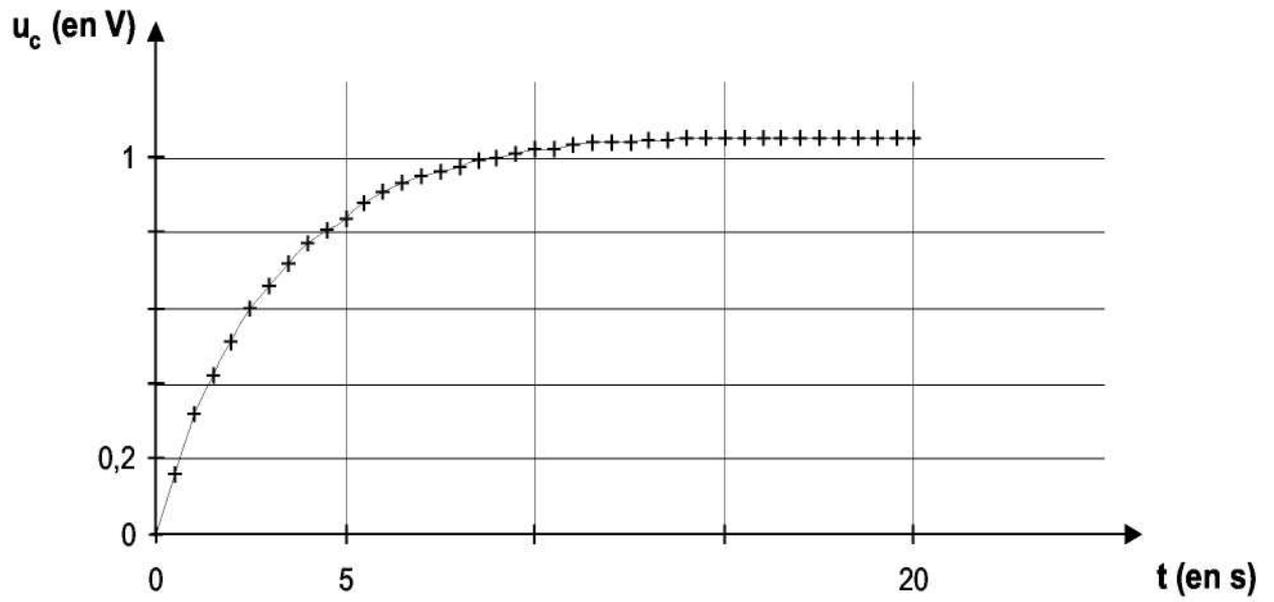
équation de la réaction		HA + ..... = ..... + .....			
état du système	avancement en mol	quantité de matière en mol			
état initial	0	$n_0(\text{HA}) =$			
état final	$x_f$	$n_f(\text{HA}) =$			

FIGURE 2

Évolution du pH au cours de la réaction entre un volume  $V_A = 20,0 \text{ mL}$  de solution aqueuse d'acide ascorbique de concentration molaire en soluté apporté  $1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et un volume  $V_B$  de solution aqueuse de soude de concentration molaire en soluté apporté  $2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .



**FIGURE 3**



# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

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

**La page 10/10 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. Des oscillations électriques à la cuve à onde.       | (9,5 points) |
| II. Étude cinétique par suivi spectrophotométrique.     | (2,5 points) |
| III. Synthèse d'un additif alimentaire à odeur de rhum. | (4 points)   |

# I – DES OSCILLATIONS ELECTRIQUES A LA CUVE A ONDES (9,5 points)

*Les différentes parties du problème sont indépendantes*

Pour étudier les ondes progressives sinusoïdales à la surface de l'eau, on utilise une cuve à ondes.

Un vibreur permet de générer des ondes planes circulaires de fréquence  $N$  à la surface de l'eau. Les crêtes des vagues donnent des rides brillantes et les creux des rides sombres sur un écran que l'on photographie.

Afin d'apprécier l'échelle, 2 marques A et B ont été faites sur l'écran qui correspondent à une distance  $AB = 7,0$  cm dans la cuve.

## A) Etude du vibreur

La surface de l'eau est excitée par de l'air pulsé : les pulsations sont créées par une petite pompe. Leur fréquence peut être réglée de 10 à 40 Hz grâce à un oscillateur électrique entretenu.

Les oscillations électriques peuvent être obtenues à l'aide d'un condensateur de capacité  $C = 30 \mu\text{F}$  relié à une bobine d'auto-inductance  $L$  et de résistance  $r$ .

1. A l'instant  $t = 0$  s, on relie le condensateur portant la charge  $Q_0$  à la bobine. On peut, à l'aide d'une interface appropriée, visualiser  $u_C(t)$  : tension aux bornes du condensateur, sur l'écran d'un ordinateur et on obtient la courbe n° 1 (page 4).

a)  $u_C(t)$  est-elle une fonction périodique ?

Comment qualifie-t-on un tel régime d'oscillations ?

b) Calculer l'énergie  $E_0$  emmagasinée par le condensateur à l'instant  $t_0 = 0$  s.

c) Calculer l'énergie  $E_1$  emmagasinée par le condensateur à l'instant  $t_1 = 30$  ms.

d) Interpréter la variation de l'énergie entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ .

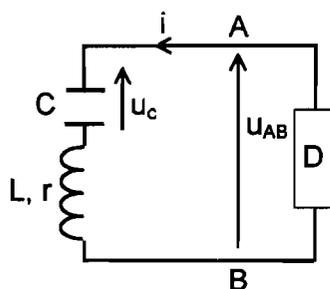
e) Ce dispositif peut-il être utilisé pour créer les oscillations à la surface de l'eau ?

2. On désire entretenir les oscillations.

a) Que signifie : "entretenir les oscillations" ?

b) Pour ce faire, on introduit un montage équivalent à un dipôle D fournissant une puissance  $p = ri^2$  où  $r$  a la même valeur que la résistance de la bobine. Quel est le nouveau régime des oscillations ?

c) Quelle est alors la forme de  $u_C(t)$  ? Ce montage peut-il être utilisé pour générer des ondes sinusoïdales dans la cuve ? (justifier).



d) Quelle est la fréquence propre des oscillations si  $L = 0,75$  H et  $C = 30 \mu\text{F}$  ?

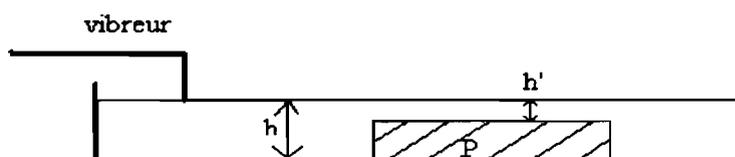
## B) Etude des ondes

### 1. Mesure de la célérité des ondes.

- 1.1. A l'aide du vibreur, on crée des ondes progressives sinusoïdales de fréquence  $N$  à la surface de l'eau. Le phénomène observé possède une longueur d'onde  $\lambda$ .
- Définir la longueur d'onde  $\lambda$ .
  - Quelle relation existe-t-il entre la longueur d'onde  $\lambda$ , la fréquence  $N$  et la célérité  $v$  des ondes observées ?
- 1.2. A l'aide de la photo 1 (page 5), déterminer le plus précisément possible la longueur d'onde  $\lambda_1$  et calculer la célérité  $v_1$  des ondes sachant que pour cette expérience 1 la fréquence des vibrations est  $N_1 = 8,0$  Hz.
- 1.3 Une expérience 2 est réalisée à une fréquence différente  $N_2 = 17$  Hz.
- A l'aide de la photo 2 (page 5), montrer que la célérité des ondes varie avec leur fréquence.
  - Comment appelle-t-on ce phénomène ?
  - Décrire une expérience permettant d'observer ce phénomène avec des ondes lumineuses.

### 2. Influence de la profondeur de l'eau sur la célérité des ondes.

- 2.1 Pour étudier l'influence de la profondeur  $h$  de l'eau sur la célérité des ondes, on place sur le fond de la cuve une plaque (P) de plexiglas transparent. On délimite ainsi des zones de profondeur  $h$  et  $h'$  ( $h' < h$ ). On génère des ondes incidentes planes sinusoïdales de fréquence  $N = 11$  Hz. Montrer, en utilisant la photo n° 3 (page 5), que la célérité des ondes dépend de la profondeur de l'eau.



- 2.2 On remplace la plaque P par une plaque P', on obtient la photo n° 4, page 5. Quel phénomène observe-t-on ? (On pourra se référer à des phénomènes lumineux abordés en seconde).

#### 2.3

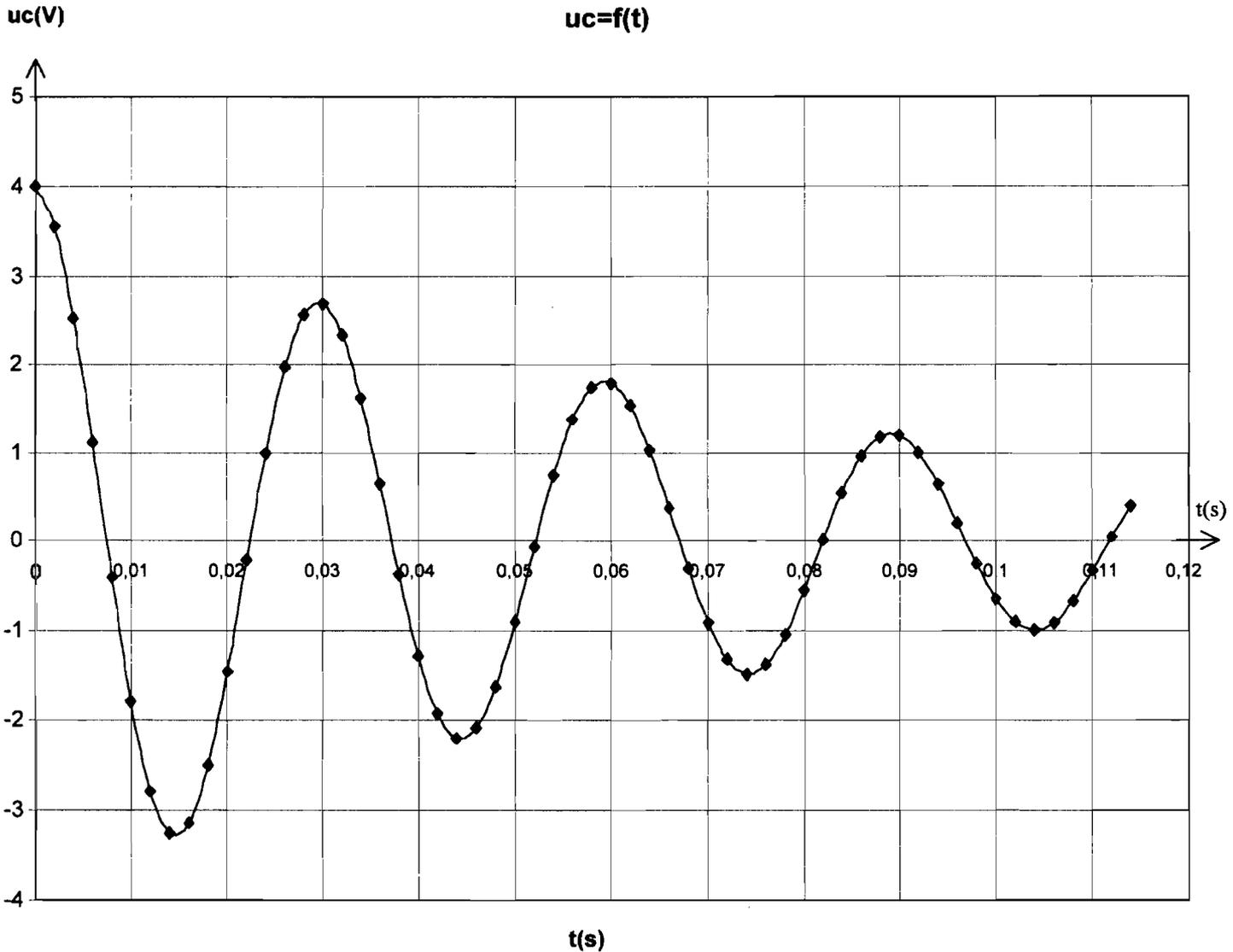
- 2.3.1 En eau très profonde, pour des vagues de basse fréquence, on peut démontrer que la célérité  $v$  des ondes ne dépend pratiquement plus de  $h$ . Elle varie alors proportionnellement à la période  $T$  suivant la loi :

$$v = \frac{g}{2\pi} T, \text{ où } g \text{ est l'intensité de la pesanteur } (g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}). \text{ Calculer } v_1 \text{ et}$$

$v_2$  pour les fréquences  $N_1 = 5,0$  Hz et  $N_2 = 10$  Hz, ainsi que les longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  correspondantes.

2.3.2 On excite sinusoïdalement un point S à partir de l'instant  $t = 0$  s. On observe un point M à 10 m de S. A quel instant  $t_1$  le point M entre-t-il en vibration si la fréquence excitatrice en S est  $N_1 = 5$  Hz ?  
Calculer de même l'instant  $t_2$  pour une fréquence  $N_2 = 10$  Hz.

2.3.3 En fait, on lance une pierre au point S ; l'ébranlement est supposé être constitué par la superposition d'ondes sinusoïdales de différentes fréquences allant de quelques Hertz à une dizaine de Hertz.  
Le point M (au centre des photographies 5 et 6, page 5) est photographié à des instants différents.  
Donner, en le justifiant, l'ordre chronologique des deux prises de vue.



*Courbe 1*

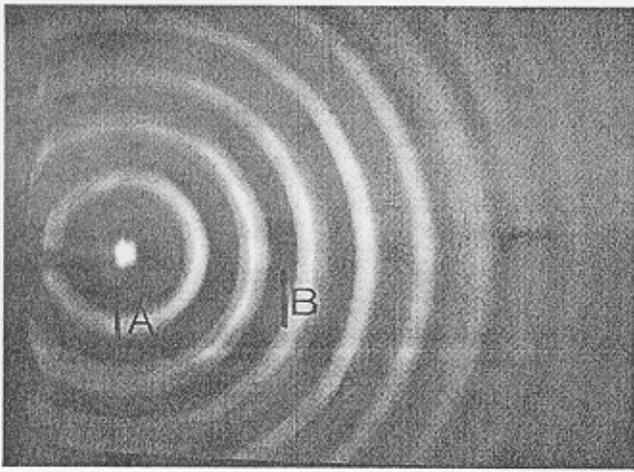


Photo 1

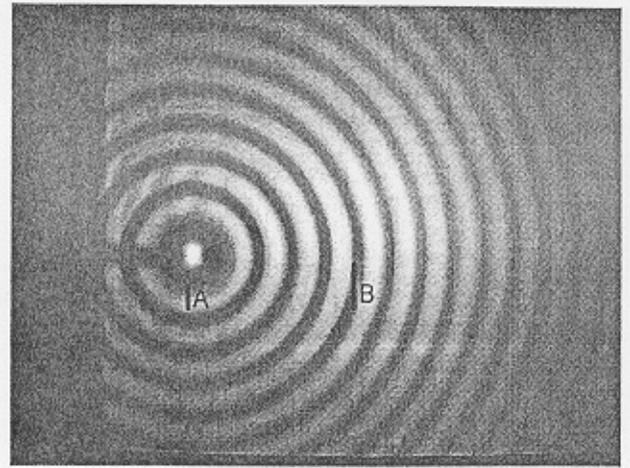


Photo 2

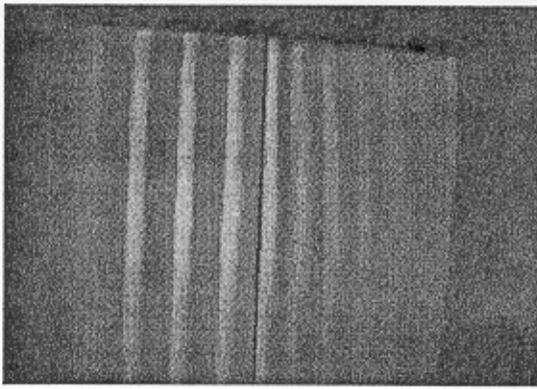


Photo 3

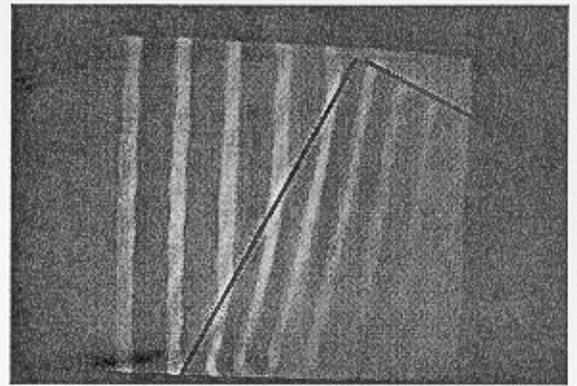


Photo 4

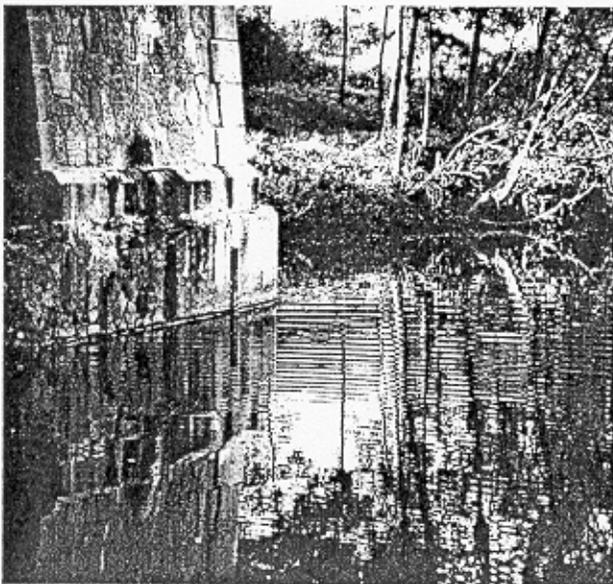


Photo 5

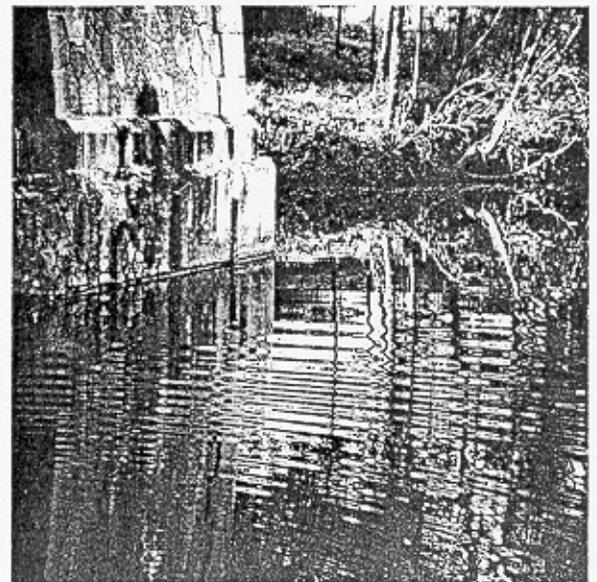
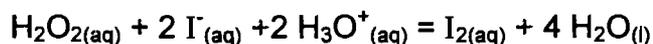


Photo 6

## II – ÉTUDE CINÉTIQUE PAR SUIVI SPECTROPHOTOMÉTRIQUE (2,5 points)

On se propose d'étudier la cinétique de la transformation lente de décomposition de l'eau oxygénée par les ions iodure en présence d'acide sulfurique, transformation considérée comme totale.

L'équation de la réaction qui modélise la transformation d'oxydoréduction s'écrit :



La solution de diiode formée étant colorée, la transformation est suivie par spectrophotométrie, méthode qui consiste à mesurer l'absorbance  $A$  de la solution, grandeur proportionnelle à la concentration en diiode.

### 1. Étude théorique de la réaction

- 1.1. Donner la définition d'un oxydant, et celle d'un réducteur.
- 1.2. Identifier dans l'équation de la réaction étudiée, les deux couples d'oxydoréduction mis en jeu et écrire leurs demi-équations correspondantes.

### 2. Suivi de la réaction

A la date  $t = 0$  s, on mélange 20,0 mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  acidifiée avec de l'acide sulfurique en excès, 8,0 mL d'eau et 2,0 mL d'eau oxygénée à  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

On remplit une cuve spectrophotométrique, et on relève les valeurs de l'absorbance au cours du temps. On détermine alors, grâce à la loi de Beer-Lambert, la concentration  $[\text{I}_2]$  du diiode formé :

t (s)	0	126	434	682	930	1178	1420	$\infty$
$[\text{I}_2]$ (mmol.L <sup>-1</sup> )	0,00	1,74	4,06	5,16	5,84	6,26	6,53	

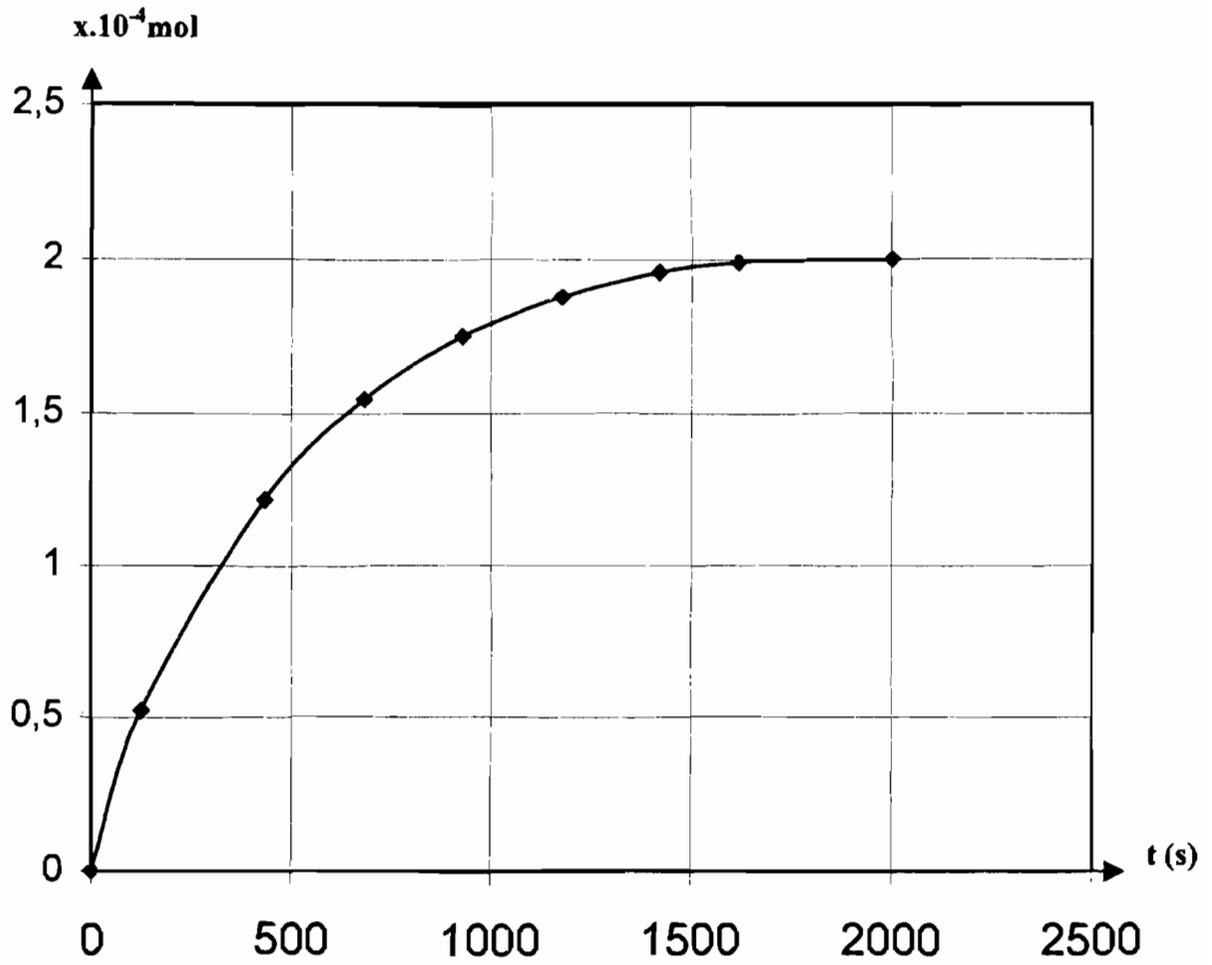
- 2.1. Le mélange initial est-il stœchiométrique ?
- 2.2. Établir le tableau descriptif de l'évolution du système (tableau d'avancement de la transformation).
- 2.3. Établir la relation entre  $[\text{I}_2]$  et l'avancement  $x$  de la transformation.
- 2.4. Déterminer l'avancement maximal. En déduire la valeur théorique de la concentration en diiode formé lorsque la transformation est terminée.

### 3. Exploitation des résultats

La courbe en annexe (page 7) représente les variations de l'avancement  $x$  de la transformation en fonction du temps.

- 3.1. Donner la composition du mélange réactionnel pour  $t = 300$  s.
- 3.2. Comment varie la vitesse volumique de réaction ? Justifier. Quel facteur cinétique peut être responsable de cette variation ?
- 3.3. Donner la définition du temps de demi-réaction, puis le déterminer.

# ANNEXE

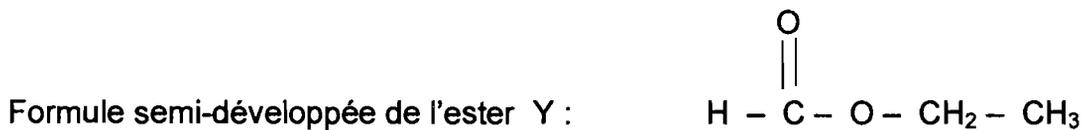


### III - SYNTHÈSE D'UN ADDITIF ALIMENTAIRE A ODEUR DE RHUM (4 points)

Le rhum est une boisson alcoolisée, fabriquée à partir de la canne à sucre. Chaque rhum a ses particularités gustatives dues à divers facteurs : variétés de cannes, lieux de cultures...

Seules certaines boissons alcoolisées, directement issues de la canne ont droit à l'appellation « rhum ».

L'industrie alimentaire met sur le marché de nombreux produits à odeur de rhum mais, pour des raisons économiques, beaucoup ne contiennent pas de « rhum ». Ces produits tiennent leur odeur d'une molécule (notée Y) que l'on peut obtenir par synthèse.



**Données :**

Espèce	Masse molaire M (g.mol <sup>-1</sup> )	Température d'ébullition θ (°C)
A	46	101
B	46	78
Y	74	55
W	18	100

#### 1. Transformation (N° 1) d'un mélange d'acide carboxylique (A) et d'alcool primaire (B)

1.1 Donner, en formules semi-développées, l'équation de la réaction de synthèse de Y.

De façon simplifiée, elle sera notée :  $A + B = Y + W$ .

1.2 Nommer Y.

Dans un ballon de 250 mL contenant 1,20 mol de B, 4 gouttes de solution d'acide sulfurique concentré (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et quelques grains de pierre ponce, on ajoute 1,20 mol de A (système S<sub>1</sub>).

On chauffe à reflux jusqu'à l'obtention de tout l'ester possible.

1.3 Le document 1 (page 10) représente les quantités de matière des réactifs et des produits dans l'état initial et dans l'état final.

L'état final est-il un équilibre chimique ? Justifier.

1.4 Calculer la constante de réaction K associée à cet équilibre.

1.5 Compléter le tableau d'avancement en faisant apparaître x et x<sub>f</sub> (document 2, page 10, à rendre avec la copie).

1.6 Exprimer le quotient de réaction  $Q_r$  dans l'état intermédiaire où l'avancement est  $x$ .

1.7 Calculer l'avancement final  $x_f$ . Montrer que ce résultat est compatible avec les valeurs du tableau.

1.8 Calculer le rendement  $\eta_1$  de la transformation 1 (exprimé en pourcentage).

## 2. Transformation (N° 2)

On considère un nouveau système  $S_2$ , que l'on chauffe à reflux.

$S_2$  ne diffère de  $S_1$  que par une donnée : on introduit 2,4 mol de A à la place de 1,2 mol. Quand l'équilibre est atteint, un dosage montre qu'il reste 1,4 mol de A.

2.1. Calculer le nouveau rendement  $\eta_2$ .

2.2. Comparer  $\eta_1$  et  $\eta_2$ , et justifier.

## 3. Transformation (N°3)

Le ballon contenant  $S_1$  est maintenant équipé d'une colonne à distiller et d'un réfrigérant, permettant la récupération d'un distillat. En tête de colonne, un thermomètre permet de suivre la température.

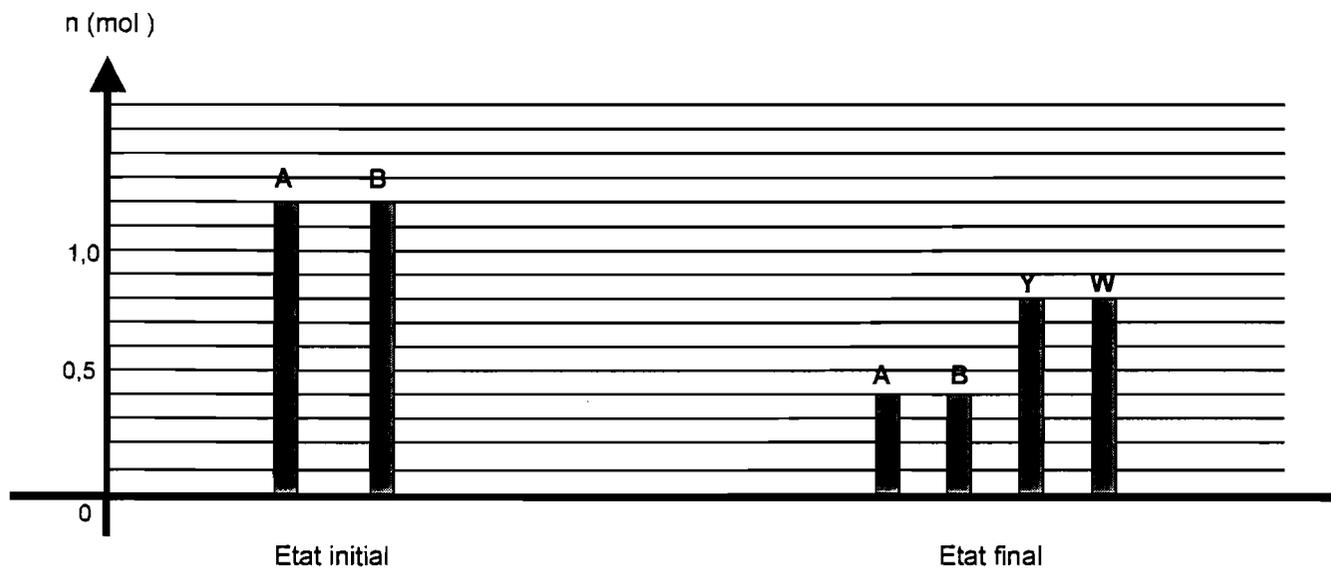
Celle-ci monte jusqu'à 55°C environ et se stabilise pendant un certain temps. Lorsque la température monte à nouveau, on arrête le chauffage. On pèse alors le distillat recueilli :  $m = 85,8$  g.

3.1 Donner, en justifiant, la nature du distillat obtenu .

3.2 Calculer le rendement  $\eta_3$ .

3.3 Comparer  $\eta_1$  et  $\eta_3$ , et justifier.

### EXERCICE III - Document 1



### EXERCICE III - Document 2 à compléter et à rendre avec la copie

Equation de la réaction		A	+	B	=	Y	+	W
Etat du système	Avancement $x$ (mol)	$n_A$ (mol)		$n_B$ (mol)		$n_Y$ (mol)		$n_W$ (mol)
initial	0	1,20		1,20				
intermédiaire	$x$							
final	$x_f$							

## Exercice n° I : OSCILLATIONS LIBRES ET FORCÉES (5,5 POINTS)

*sans calculatrice*

Les valeurs numériques nécessaires à la résolution sont données à la fin de l'exercice.  
Pour modéliser le ressort du système de suspension de voiture, un élève suggère d'utiliser un ressort de constante de raideur  $k$  (valeur indiquée par le fournisseur).

### A - ÉTUDE STATIQUE

Dans un premier temps, cet élève se propose de vérifier la valeur de la constante de raideur du ressort. Pour cela il mesure la longueur du ressort seul et trouve une longueur  $l_0$ . Il suspend ensuite une masse  $m$  au ressort, celui-ci a alors une longueur  $l$ .

**A-1** A partir de la mesure observée, calculer la valeur  $k'$  de la raideur.

**A-2** Quelle est l'erreur relative commise par rapport à la valeur de  $k$  indiquée par le fournisseur.

### B - ÉTUDE DYNAMIQUE

Cet élève utilise un système d'acquisition de données schématisé figure 1.

Deux électrodes A et B, immobiles plongées dans la solution S, sont reliées aux bornes +5V et -5 V d'un générateur de tension (voir schéma ci-dessous). Une tige métallique  $t$ , recouverte d'un isolant sur toute sa longueur, est fixée à la masse  $m$ . Son extrémité E, légèrement dénudée de son isolant, suit donc exactement le mouvement de la masse  $m$ .

La mesure de la tension entre le point E et la borne 0V du générateur permet de détecter la position de E (le dispositif de mesure n'est pas représenté sur le schéma). Ainsi, il est possible de connaître la position de la masse  $m$  au cours des oscillations.

Après réglage des paramètres du logiciel d'acquisition, l'élève écarte la masse  $m$  vers le bas, de **1 cm**, et il laisse le système osciller librement.

Le déclenchement de l'acquisition se fait par le passage à la position d'équilibre. La courbe obtenue est en **annexe figure a**

**B-1** Indiquer comment mesurer la période d'oscillations de la masse  $m$  suspendue au ressort et donner la valeur de cette période.

**B-2** Cette valeur est-elle en accord avec la valeur théorique

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad ?$$

**B-3** Sachant que le newton a la dimension  $\text{kg.m.s}^{-2}$ , montrer que  $T$  s'exprime en secondes.

**B-4** On remplace la solution conductrice par une solution  $S'$  plus visqueuse. Dessiner sur la figure b de l'annexe (à remettre avec la copie) l'allure de la courbe obtenue après une nouvelle acquisition.

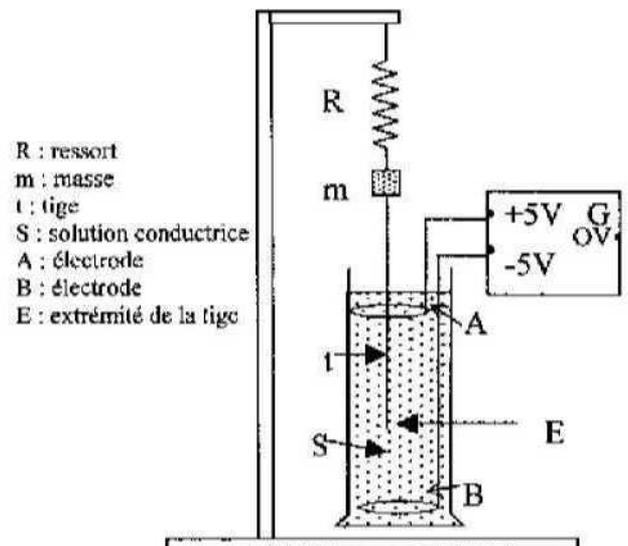


Figure 1

### C - ÉTUDE DES OSCILLATIONS FORCÉES

L'élève relie maintenant l'extrémité du ressort à un excentrique mu par un moteur (**figure 2**) et réalise plusieurs enregistrements pour différentes vitesses de rotation du moteur mesurées par la fréquence de rotation  $f$  en Hertz.

Il relève l'amplitude de chaque courbe enregistrée.

$f$ (Hz)	1,5	2	2,5	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	4	4,5
$x_{\max}$ (cm)	0,4	0,6	1	1,5	2,1	2,3	2	1,5	1	0,7

C-1 Quel nom donne-t-on au moteur muni de l'excentrique ?

C-2 Quel nom donne-t-on au système (ressort + masse) ?

C-3 Quel phénomène obtient-on à  $f = 3,2$  Hz?

C-4 En déduire la période des oscillations à la résonance.

C-5 Comparer cette période à celle des oscillations libres.

C-6 Quel(s) changement(s) observerait-on si on utilisait la solution visqueuse S'.

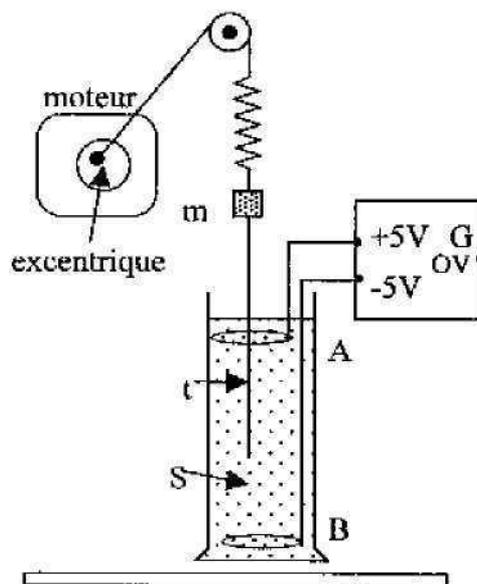


Figure 2

### D - SUSPENSION D'UNE AUTOMOBILE

Le système de suspension d'une automobile comprend des ressorts et des amortisseurs.

L'automobile est donc un système mécanique oscillant de fréquence propre  $f_0$  -

Certaines pistes du désert ont un aspect de « tôle ondulée » : elles comportent une succession régulière de bosses, distantes de  $L$  (quelques dizaines de centimètres).

Pour une vitesse  $V_R$ , le véhicule subit des oscillations de forte amplitude qui diminuent dangereusement sa tenue de route.

D-1 Expliquer ce phénomène, en précisant le rôle joué par la piste déformée.

D-2 Exprimer la vitesse  $V_R$  en fonction de  $f_0$  et  $L$ .

Calculer cette vitesse en  $\text{km.h}^{-1}$  avec  $f_0 = 5,0$  Hz et  $L = 80$  cm.

Données :

$$k = 40\text{N.m}^{-1} \qquad \frac{1}{2,4} = 0,42$$

$$m = 100 \text{ g}$$

$$l_0 = 10,0 \text{ cm} \qquad \frac{1}{3,2} = \frac{\pi}{10}$$

$$l = 12,4 \text{ cm}$$

$$g = 10\text{N.kg}^{-1} \qquad \pi = 3,14$$

ANNEXE  
A REMETTRE AVEC LA COPIE

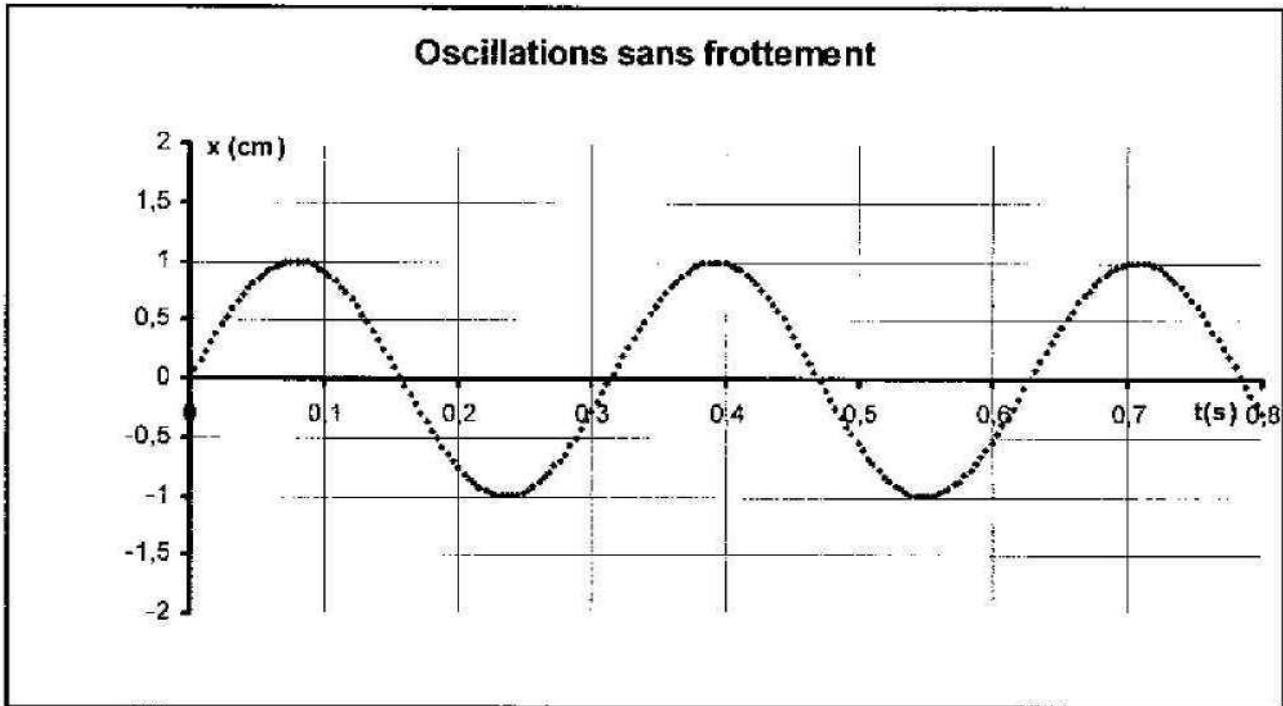


figure a

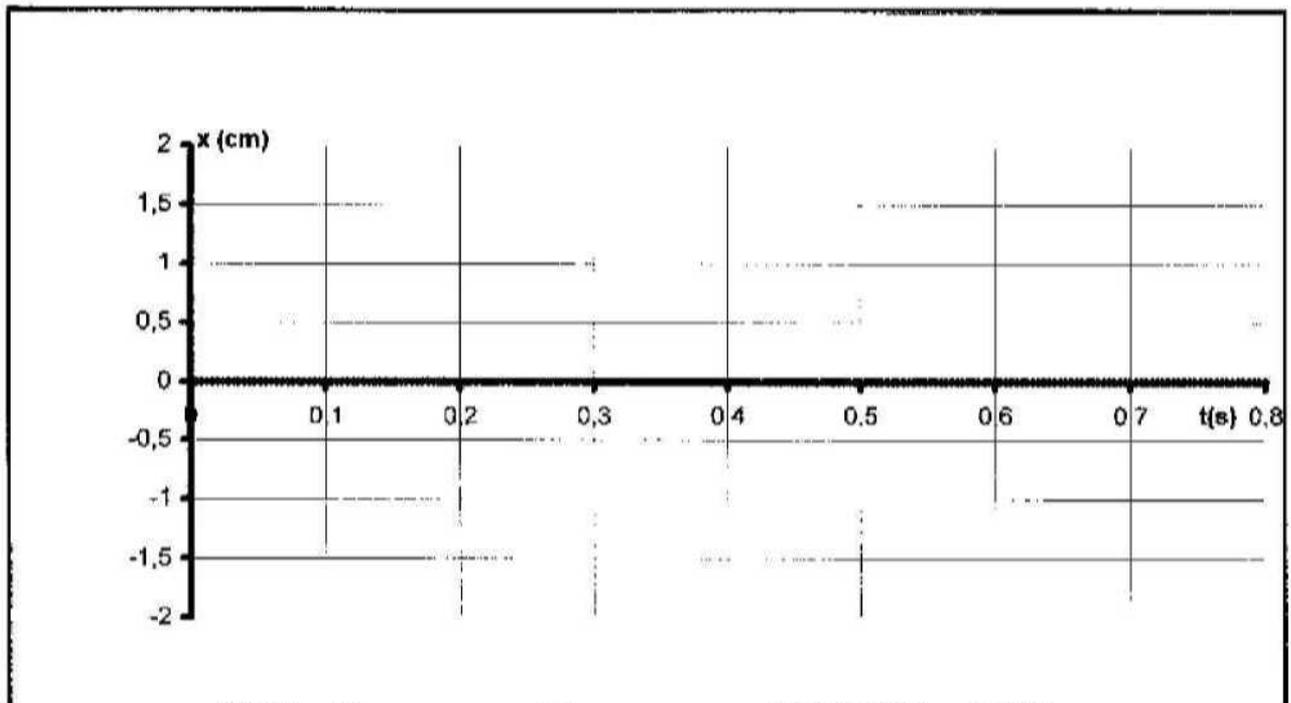


figure b

## Exercice n° II : ÉLABORATION DU ZINC PAR ELECTROLYSE (6,5 POINTS)

### sans calculatrice

Les données numériques et leurs approximations sont données en fin d'exercice.

Certains métaux sont préparés par électrolyse d'une solution aqueuse les contenant à l'état de cations. Plus de 50% de la production mondiale de zinc sont obtenus par électrolyse d'une solution de sulfate de zinc acidifiée à l'acide sulfurique.

Les ions sulfate ne participent pas aux réactions électrochimiques. On observe un dépôt métallique sur l'une des électrodes et un dégagement gazeux sur l'autre.

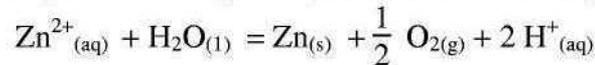
### A - ÉTUDE DE LA TRANSFORMATION.

**A-1** Quelles sont les réactions susceptibles de se produire sur chaque électrode sachant que c'est le solvant qui est oxydé en dioxygène?

On donne les couples oxydant / réducteur :  $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Zn}_{(\text{s})}$   $\text{H}^{+}_{(\text{aq})} / \text{H}_{2(\text{g})}$   $\text{O}_{2(\text{g})} / \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

**A-2** Schématiser l'électrolyseur, en précisant le nom de chaque électrode, leur polarité et le sens de déplacement des espèces chargées.

**A-3** En justifiant le choix des couples, vérifier que l'équation de la réaction globale de cette électrolyse est :



**A-4** S'agit-il d'une transformation spontanée ou forcée? Pourquoi?

Quelle vérification théorique proposeriez-vous?

**A-5** Établir le tableau d'avancement correspondant à la réaction d'électrolyse.

### B - EXPLOITATIONS

L'électrolyse a lieu sous 3,5 V. L'intensité du courant peut atteindre 80 kA. Après 48 h de fonctionnement, le dépôt de zinc est suffisamment épais. Il est alors séparé de l'électrode, fondu et coulé en lingots.

**B-1** Quelle est la relation entre l'avancement  $x$  de la réaction et la quantité d'électricité  $Q$  transportée dans cet électrolyseur?

**B-2** Quelle est l'ordre de grandeur de la masse de zinc produite par une cellule en 2 jours?

(on pourra utiliser des résultats de calcul donnés à la fin du sujet)

**B-3** En fait, on obtient une quantité de zinc inférieure à celle attendue. Pourquoi?

**B-4** A l'autre électrode on récupère le dioxygène. Le rendement de la réaction qui le produit est de 80% et le volume molaire de  $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$  dans les conditions expérimentales.

Donner la relation entre l'avancement  $x$  et le volume  $v$  de dioxygène récupéré.

Quel est l'ordre de grandeur de  $v$ ?

#### Données

masse molaire Zn :  $65,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  →

masse volumique Zn :  $7,14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  →

1 Faraday :  $9,65\cdot 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$  →

#### Approximations pour le calcul

$65 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

$10^5 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$

$65 \times 8 \times 36 \approx 9 \cdot 10^5$

$8 \times 48 \times 36 \approx 14000$       $\frac{65 \times 48}{8 \times 36} \approx 10$

$\frac{8 \times 48}{36} \approx 10$

**MÉCANISME DE FUSION DE L'HYDROGÈNE DANS UNE ÉTOILE 4 pts**

On se propose de commenter un extrait d'article du dossier hors série de la revue « Pour la science » de janvier 2001.

« ...La phase de **fusion** (ou combustion) de l'hydrogène est la plus longue de la vie des étoiles. Si la masse stellaire est comparable ou inférieure à celle du Soleil, la température centrale est inférieure à une **vingtaine de millions de degrés**. Dans ces conditions, la fusion de **deux noyaux d'hydrogène** (ou protons) produit un **noyau de Deutérium** qui capture un autre proton et forme un **noyau d'Hélium 3** ... Finalement, **deux noyaux d'Hélium 3** fusionnent en un **noyau d'Hélium 4** ...L'ensemble de ces réactions constitue la première des chaînes proton - proton ou chaîne p-p, la plus importante dans le cas du Soleil ...».

**NB : les 3 parties de l'exercice sont indépendantes et peuvent donc être traitées indépendamment les unes des autres.**

Les valeurs numériques ont été volontairement simplifiées, afin de permettre la réalisation des calculs sans faire usage de la calculatrice.

**A - QUELQUES CONSIDÉRATIONS DE VOCABULAIRE**

**A-1** Donner une définition rapide des mots « fusion nucléaire » et « fission nucléaire ».

**A-2** En considérant les charges des noyaux en cause dans le mécanisme de fusion, expliquer pourquoi ces réactions ne peuvent se produire qu'à très haute température ( $2,1.10^7$  °C). On parle alors de fusion thermonucléaire...

**B - ÉTUDE DE LA CHAÎNE DE RÉACTIONS**

Notations utilisées pour les noyaux concernés :

Hydrogène (ou proton) :  ${}^1_1\text{H}$  (ou  ${}^1_1\text{p}$ )      Deutérium :  ${}^2_1\text{H}$       Hélium 3 :  ${}^3_2\text{He}$       Hélium 4 :  ${}^4_2\text{He}$

**B-1** Écrire la réaction de fusion de deux noyaux d'hydrogène en un noyau de deutérium et une particule que l'on notera sous la forme  ${}^A_Z\text{X}$ . Comment s'appelle cette particule ?

**B-2** Écrire la réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un proton en un noyau d'hélium 3. Cette fusion s'accompagne de l'émission d'un photon. Comment peut-on interpréter cette émission ?

**B-3** Écrire la réaction de fusion de deux noyaux d'hélium 3 en un noyau d'hélium 4. Cette fusion s'accompagne de l'émission de deux autres noyaux identiques. Lesquels ?

**B-4** Écrire la réaction bilan des trois réactions de fusion précédentes, qui, à partir de noyaux d'hydrogène, permet d'obtenir un noyau d'hélium 4.

**C - CONSIDÉRATIONS ÉNERGÉTIQUES. LE SOLEIL "MAIGRIT-IL" ?**

On considère désormais la réaction suivante  $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_1\text{e} + 2 \gamma$

On donne les masses des noyaux, en unité de masse atomique :

${}^1_1\text{H}$  : 1,0073 u       ${}^4_2\text{He}$  : 4,0026 u       ${}^0_1\text{e}$  : 0,0006 u

1 u correspond à une énergie de 935 MeV ( $\approx 1000$  MeV)

**C-1** Calculer la perte de masse correspondant à cette fusion.

**C-2** En déduire une estimation, en MeV, de la valeur de l'énergie libérée par nucléon lors de cette fusion. On choisira, parmi les estimations suivantes, la réponse correcte :

0,6 MeV      6 MeV      60 MeV

**C-3.** Le soleil transforme, chaque seconde, 720 millions de tonnes d'hydrogène en hélium 4.

Estimer la perte de masse subie, chaque seconde, par le soleil.

On choisira, parmi les estimations suivantes, la réponse correcte :

4 500 tonnes      45 000 tonnes      450 000 tonnes      4 500 000 tonnes

**NB : On pourra remarquer que le rapport 0,0254/4,0292 est très peu différent de 1/160.**

On réalise une pile formée à partir des couples  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$  et  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$ .

Chaque solution a pour volume  $V = 100 \text{ mL}$  et la concentration initiale des ions positifs est  $C = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Données :

$$M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Charge élémentaire de l'électron: } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Constante d'Avogadro: } N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{Charge d'une mole d'électrons: } F = 96500 \text{ C}$$

Pour la réaction suivante:  $\text{Ni}^{2+} + \text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + \text{Ni}$ , la constante d'équilibre vaut  $K = 10^{18}$ .

### 1. Réalisation de la pile

**1.1.** L'électrode positive de cette pile est l'électrode de nickel.

Légèrer le schéma de la figure 1 en annexe (à rendre avec la copie) avec les termes suivants: électrode de zinc, électrode de nickel, pont salin, solution contenant des ions  $\text{Zn}^{2+}$ , solution contenant des ions  $\text{Ni}^{2+}$ .

**1.2.** Équation des réactions.

Écrire les demi-équations des réactions se produisant aux électrodes.

Préciser à chaque électrode s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

Écrire l'équation de la réaction globale qui intervient quand la pile débite.

Calculer la valeur du quotient réactionnel initial  $Q_{r,i}$ . Cette valeur est-elle cohérente avec la polarité proposée ?

### 2. Étude de la pile

**2.1.** On fait débiter la pile dans un conducteur ohmique.

**2.1.1.** Compléter le schéma de la figure 1.

**2.1.2.** Préciser sur ce schéma le sens du courant et le sens de déplacement des électrons dans le circuit extérieur.

**2.2.** Comment varie la concentration des ions positifs dans chacun des béchers ?

En déduire l'évolution du quotient réactionnel  $Q_r$ .

**2.3.** Sachant que la masse des électrodes ne limite pas la réaction, pour quelle raison la pile s'arrêtera-t-elle de débiter? Quelle est alors la valeur numérique de  $Q_r$  ?

**2.4.** La réaction étant considérée comme totale, calculer l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$  de la réaction.

**2.5.** Quelle relation existe-t-il entre  $x_{\text{max}}$  et la quantité de matière d'électrons qui ont circulé ?

En déduire la quantité totale d'électricité fournie par cette pile.

### 3. Décharge partielle de la pile

On prend une deuxième pile identique et on la laisse fonctionner pendant une heure. On supposera que l'intensité reste constante.

On constate une augmentation de masse de l'électrode de nickel de  $\Delta m = 100$  mg.

#### 3.1.

**3.1.1.** Calculer la quantité de matière d'ions  $\text{Ni}^{2+}$  disparus notée  $n_{\text{disp}}(\text{Ni}^{2+})$  pendant cette durée.

**3.1.2.** Déterminer la quantité d'électricité correspondante notée  $Q$ .

En déduire la valeur de l'intensité du courant.

**3.2.** On donne les valeurs de l'absorbance, pour des solutions de sulfate de nickel de concentrations  $C$  différentes, mesurées à une longueur d'onde égale à 390 nm.

$C$ (mol.L <sup>-1</sup> )	0	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050
A	0	0,20	0,41	0,61	0,82	1,02

Tracer la courbe de l'absorbance sur la figure 2 en annexe (**à rendre avec la copie**) en fonction de la concentration  $C$ .

**3.3.** On mesure l'absorbance de la solution dans laquelle plonge l'électrode de nickel. La valeur mesurée est  $A = 0,67$ .

En déduire graphiquement la concentration des ions  $\text{Ni}^{2+}$  restant en solution.

Quelle est la quantité d'ions  $\text{Ni}^{2+}$  disparus ?

Ce résultat est-il conforme avec le calcul du 3.1.1. ?

## RADIOACTIVITÉ DANS LA FAMILLE DE L'URANIUM

Données (valables pour tout l'exercice)

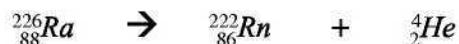
Unité de masse atomique	$u = 1,660\,54 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
Megaélectronvolt	$1 \text{ MeV} = 1 \times 10^6 \text{ eV}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00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

Nom du noyau ou de la particule	Radon	Radium	Hélium	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^4_2\text{He}$	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$	${}_{-1}^0\text{e}$
Masse (en u)	221,970	225,977	4,001	1,009	1,007	$5,49 \times 10^{-4}$

### 1. Désintégration du radium

L'air contient du radon 222 en quantité plus ou moins importante.

Ce gaz radioactif naturel est issu des roches contenant de l'uranium et du radium. Le radon se forme par désintégration du radium (lui-même issu de la famille radioactive de l'uranium 238), selon l'équation de réaction nucléaire suivante :



**1.1.** Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration?

Justifier votre réponse.

#### 1.2. Défaut de masse

Donner l'expression littérale du défaut de masse  $\Delta m$  du noyau de symbole  ${}^A_Z\text{X}$  et de masse  $m_X$

Calculer le défaut de masse du noyau de radium Ra. L'exprimer en unité de masse atomique u.

**1.3.** Écrire la relation d'équivalence masse-énergie.

**1.4.** Le défaut de masse  $\Delta m(\text{Rn})$  du noyau de radon Rn vaut  $3,04 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Définir l'énergie de liaison  $E_l$  d'un noyau.

Calculer, en joule, l'énergie de liaison  $E_l(\text{Rn})$  du noyau de radon.

Vérifier que cette énergie de liaison vaut  $1,71 \times 10^3 \text{ MeV}$ .

En déduire l'énergie de liaison par nucléon  $E_l/A$  du noyau de radon.

Exprimer ce résultat en  $\text{MeV.nucléon}^{-1}$ .

### 1.5. Bilan énergétique.

Établir littéralement la variation d'énergie  $\Delta E$  de la réaction (1) en fonction de  $m_{\text{Ra}}$ ,  $m_{\text{Rn}}$  et  $m_{\text{He}}$ , masses respectives des noyaux de radium, de radon et d'hélium.

Exprimer  $\Delta E$  en joule.

### 2. Fission de l'uranium 235.

À l'état naturel, l'élément uranium comporte principalement les isotopes  ${}_{92}^{238}\text{U}$  et  ${}_{92}^{235}\text{U}$ .

Dans une centrale nucléaire "à neutrons lents", le combustible est de l'uranium « enrichi ».

Lors de la fission d'un noyau d'uranium 235, un grand nombre de réactions sont possibles.

Parmi celles-ci, il y en a une qui donne les noyaux de zirconium et de tellure, dont les symboles des noyaux sont  ${}_{40}^{99}\text{Zr}$  et  ${}_{52}^{134}\text{Te}$ .

**2.1.** Définir le terme "isotope"

**2.2.** Intérêt énergétique de la fission

Donner la définition de la fission.

Écrire la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 bombardé par un neutron, conduisant à la formations de Zr et de Te.

Les noyaux U, Zr et Te sont placés sur la courbe d'Aston (**Annexe à rendre avec la copie**).

À partir de cette courbe, dégager l'intérêt énergétique de cette réaction de fission

### 3. Désintégration du noyau Zr.

Le noyau Zr issu de la fission du noyau d'uranium est instable. Il se désintègre au cours d'une désintégration  $\beta^-$  en donnant le noyau de niobium Nb.

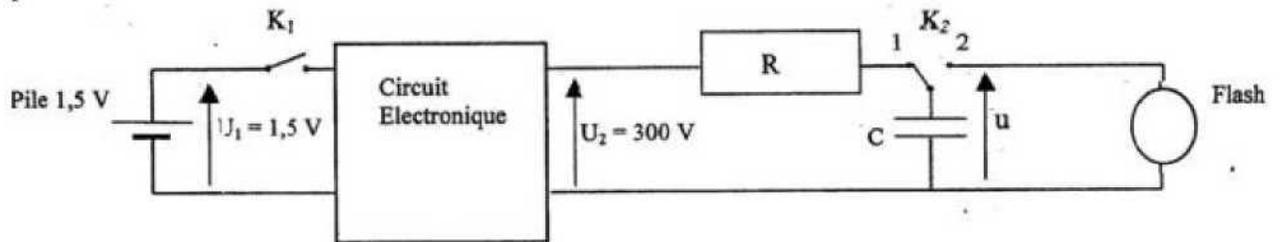
**3.1.** Donner la définition de la radioactivité  $\beta^-$ .

**3.2.** Écrire l'équation de désintégration du noyau Zr.

On se propose d'étudier le fonctionnement d'un flash d'appareil photographique jetable. Pour obtenir un éclair de puissance lumineuse suffisante, on utilise un tube flash qui nécessite pour son amorçage, une forte tension (au moins 250 V) pour émettre un éclair très bref. Pour stocker l'énergie nécessaire au fonctionnement du tube flash, on utilise un condensateur de capacité  $C$ . Ce condensateur est chargé à l'aide d'un circuit électronique alimenté par une pile.

On schématise le fonctionnement de ce dispositif sur le schéma ci-dessous :

- l'alimentation est assurée par une pile de tension continue  $U_1 = 1,50 \text{ V}$ ;
- un circuit électronique permettant d'élever la tension  $U_1$  à une tension continue  $U_2 = 300 \text{ V}$ .
- un conducteur ohmique de résistance  $R = 1,00 \text{ k}\Omega$  permettant la charge du condensateur de capacité  $C = 150 \text{ }\mu\text{F}$  en plaçant l'interrupteur  $K_2$  en position 1 et en fermant l'interrupteur  $K_1$ .
- le tube flash qui est déclenché (une fois le condensateur chargé) en basculant l'interrupteur  $K_2$  en position 2.



### 1. Charge du condensateur :

On charge le condensateur en fermant l'interrupteur  $K_1$ .

**1.1.** On donne l'expression de la constante de temps  $\tau = RC$ . Vérifier par analyse dimensionnelle l'homogénéité de cette formule.

**1.2.** Calculer numériquement  $\tau$ .

**1.3.** Calculer l'énergie emmagasinée  $E$  par le condensateur de capacité  $C$  une fois la charge terminée à la tension  $U_2$ .

**1.4.** En calculant l'énergie  $E'$  qu'aurait stockée le condensateur s'il avait été chargé directement à l'aide de la pile (tension  $U_1$ ), justifier l'intérêt de charger le condensateur avec une haute tension de 300 V.

## 2. Décharge.

En plaçant l'interrupteur inverseur  $K_2$  sur la position 2 on provoque le flash grâce à l'énergie stockée dans le condensateur.

On enregistre la tension  $u$  aux bornes du condensateur  $C$  (voir graphique en annexe).

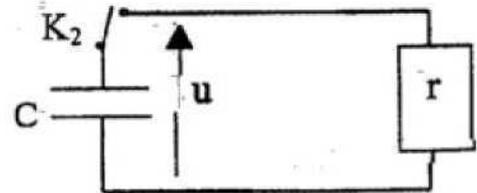
### 2.1. Comparaison entre temps de charge et temps de décharge.

**2.1.1.** Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau'$  correspondant à la décharge en précisant la méthode employée (**l'annexe complétée sera rendu avec la copie**).

**2.1.2.** Comparer les constantes de charge  $\tau$  et de décharge  $\tau'$ . Ce constat est-il en accord avec les conditions de fonctionnement du tube flash ?

**2.2.** On assimilera, après son amorçage, le tube flash à un conducteur ohmique de résistance  $r$ . À partir du schéma électrique ci-contre montrer que l'équation différentielle de la décharge du condensateur à travers un conducteur ohmique de résistance  $r$  est de la forme :

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{r.C}.u = 0$$



**2.3.** Vérifier que la solution est de la forme  $u = U_0 \exp(-t / \tau')$

**2.4.** Que représente la tension  $U_0$  pour le fonctionnement du tube flash ?

**2.5.** Déterminer  $U_0$ . Cette valeur est-elle en accord avec la production de l'éclair ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 1

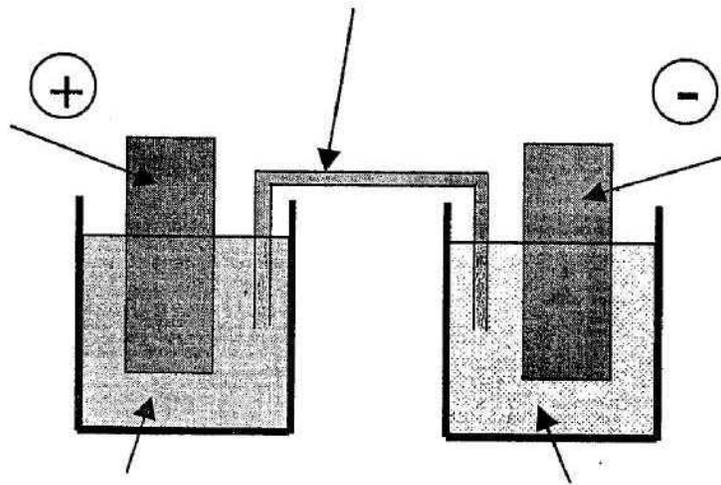
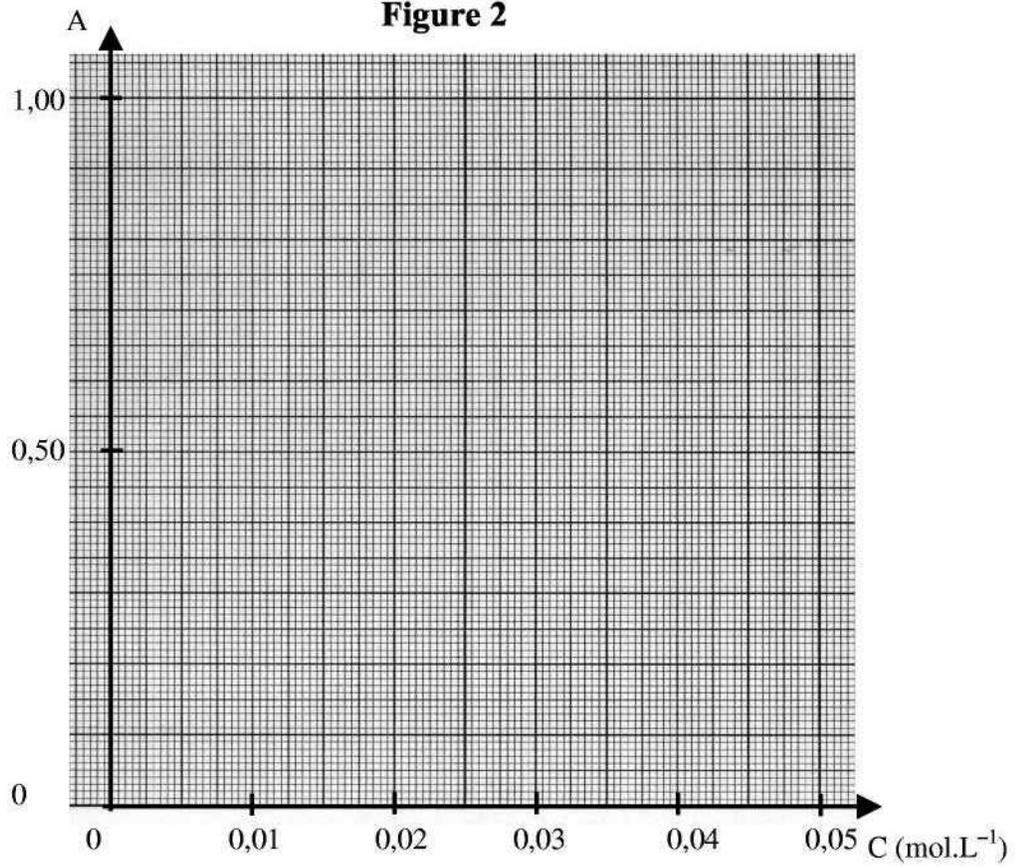
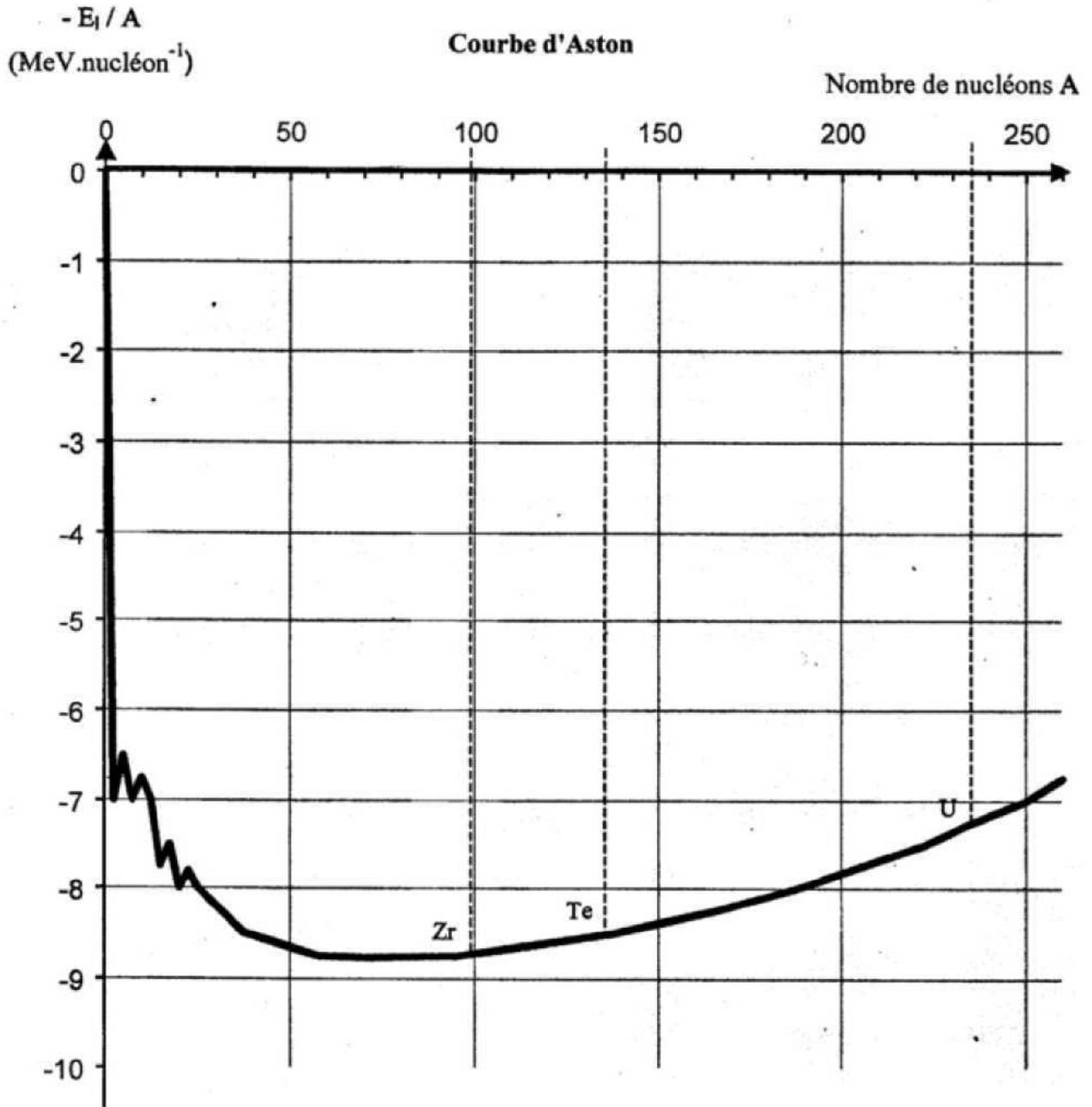


Figure 2

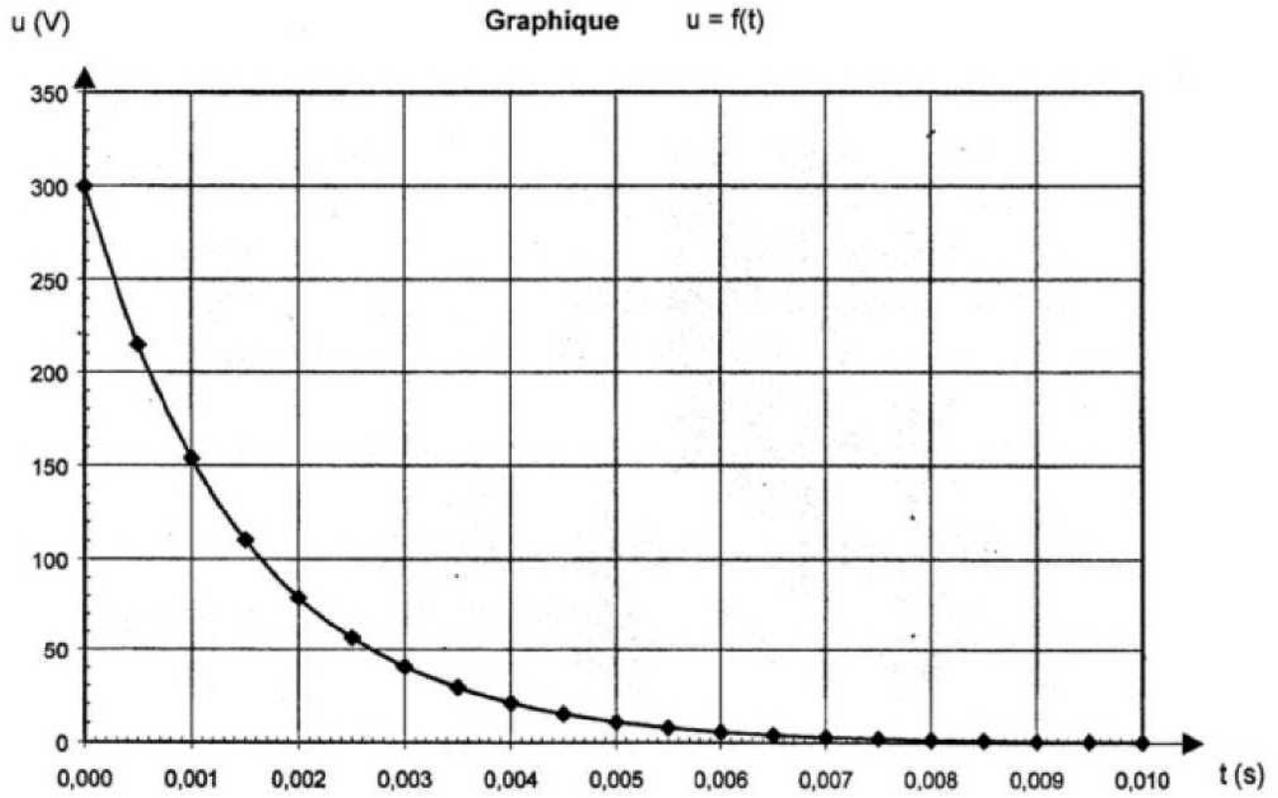


**TOUTES LES ANNEXES, COMPLETEES OU NON, DOIVENT ETRE REMISES  
ET AGRAFEES AVEC LA COPIE D'EXAMEN**

# ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE



**Obligatoire**

SESSION 2003

**PHYSIQUE – CHIMIE**

**Série S**

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

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 1 exercice de PHYSIQUE et 2 exercices de CHIMIE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci.

**Ce sujet comporte deux annexes.**

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

- I. Les ondes sismiques
- II. La pile à combustible. (**Annexe à rendre avec la copie**)
- III. Réactions acido-basiques (**Annexe à rendre avec la copie**)

## Exercice n°1 : (9,5 points)

### LES ONDES SISMIQUES

Les parties A et B sont indépendantes.

#### Partie A: Étude d'un séisme .

Lors d'un séisme, la Terre est mise en mouvement par des ondes de différentes natures, qui occasionnent des secousses plus ou moins violentes et destructrices en surface.

On distingue:

- les **ondes P**, les plus rapides, se propageant dans les solides et les liquides.
- les **ondes S**, moins rapides, ne se propageant que dans les solides.

L'enregistrement de ces ondes par des sismographes à la surface de la Terre permettent de déterminer l'épicentre du séisme (lieu de naissance de la perturbation).

Les schémas A et B modélisent la progression des ondes sismiques dans une couche terrestre.

**A.1.** Les ondes P, appelées aussi ondes de compression, sont des ondes longitudinales.

Les ondes S, appelées aussi ondes de cisaillement, sont des ondes transversales.

**A.1.1** Définir une onde transversale.

**A.1.2** Indiquer le schéma correspondant à chaque type d'onde.

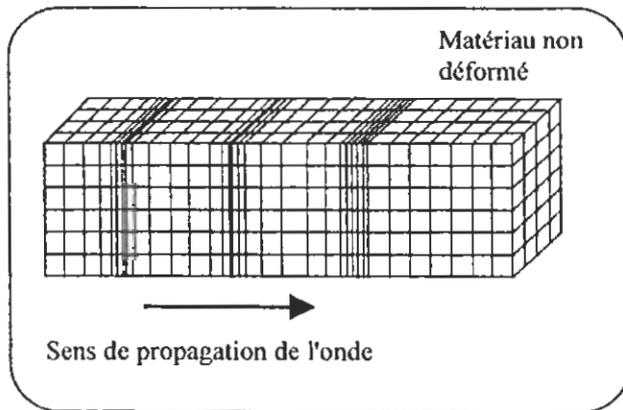


Schéma A

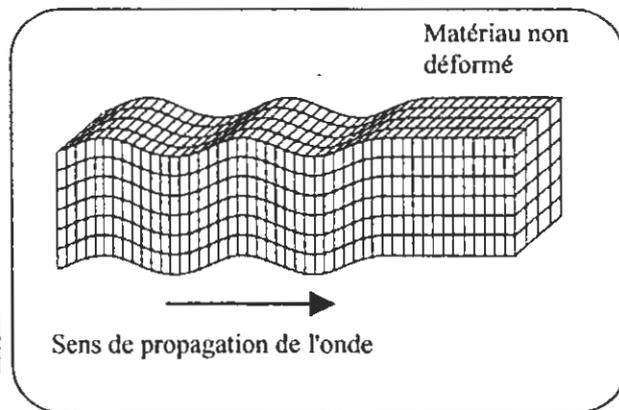
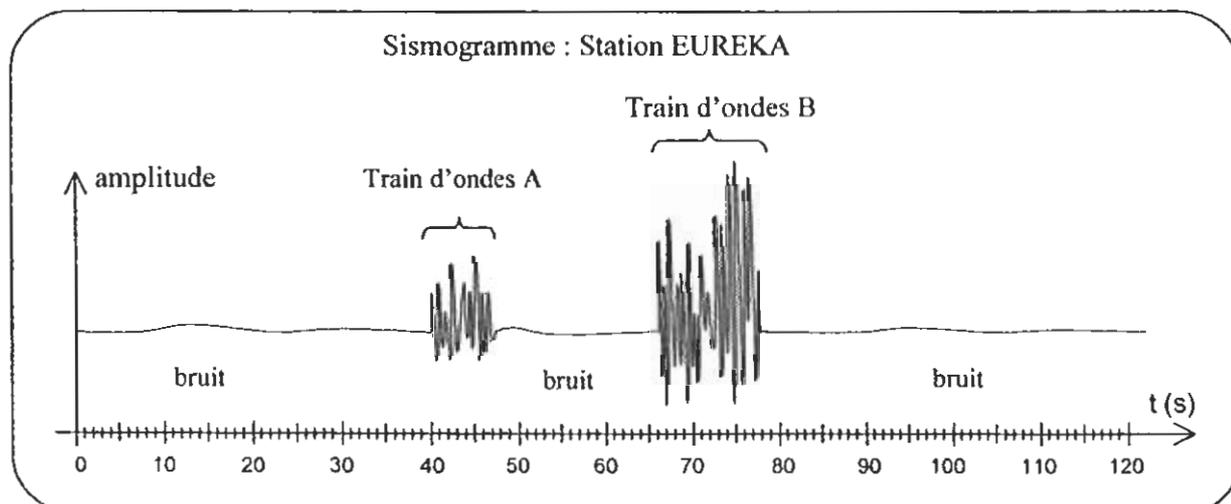


Schéma B

**A.2.** Un séisme s'est produit à San Francisco (Californie) en 1989.

Le document ci-dessous présente le sismogramme obtenu, lors de ce séisme à la station EUREKA



Le sismogramme a été enregistré à Eureka, station sismique située au nord de la Californie. L'origine du repère ( $t = 0$  s) a été choisie à la date du début du séisme à San Francisco.

Le sismogramme présente deux trains d'ondes repérés par A et B.

**A.2.1** À quel type d'onde (S ou P) correspond chaque train ?  
Justifier votre réponse à l'aide du texte d'introduction.

**A.2.2** Sachant que le début du séisme a été détecté à Eureka à 8 h 15 min 20 s TU (Temps Universel), déterminer l'heure TU (h ; min ; s) à laquelle le séisme s'est déclenché à l'épicentre.

**A.2.3** Sachant que les ondes P se propagent à une célérité moyenne de  $10 \text{ km.s}^{-1}$ , calculer la distance séparant l'épicentre du séisme de la station Eureka.

**A.2.4** Calculer la célérité moyenne des ondes S.

### **Partie B : oscillateur mécanique susceptible d'être excité par une onde sismique longitudinale.**

L'onde sismique longitudinale est modélisée par une onde sinusoïdale d'amplitude  $A_s$  et de période  $T_s$  qui se propage suivant une direction horizontale.

On peut considérer que cette onde agit sur un oscillateur mécanique horizontal et provoque des oscillations horizontales d'amplitude  $A$  et de période  $T$ .

On cherche à savoir comment l'amplitude  $A_s$  et la période  $T_s$  de l'onde sinusoïdale vont agir sur l'amplitude et la période des oscillations de l'oscillateur mécanique.

On étudie le comportement de l'oscillateur horizontal dans différentes situations.

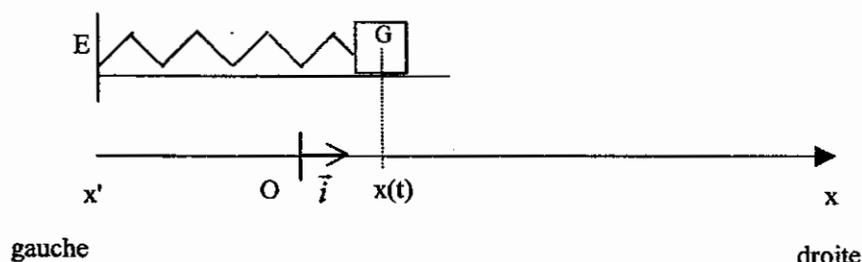
#### **B.1 Oscillateur libre :**

L'oscillateur mécanique horizontal est constitué d'un ressort de constante de raideur  $k$  et d'un solide de masse  $m$ . La masse du ressort est négligeable devant la masse  $m$  du solide.

L'extrémité E du ressort est fixe. L'autre extrémité est accrochée au solide.

L'ensemble se déplace sur une surface plane et horizontale comme schématisé ci- dessous :

Schéma de l'oscillateur horizontal en mouvement.



Le centre d'inertie G du solide est repéré sur un axe horizontal  $x'x$  d'origine O par l'abscisse  $x(t)$ .

Le point d'origine O correspond à la projection de la position de G à l'équilibre du système solide – ressort au repos.

Tous les frottements sont négligés.

Dans ces conditions, on détermine le mouvement du solide.

- B.1.1** Donner le nom des forces qui s'exercent sur le solide lorsqu'il occupe sa position d'équilibre. Faire un schéma illustrant la réponse.
- B.1.2** Le système étant mis en oscillation, donner le nom des forces qui s'exercent sur le solide à un instant  $t$ , date à laquelle l'élongation du centre d'inertie est  $x(t)$ . Faire un schéma illustrant la réponse en considérant  $x(t) > 0$ .
- B.1.3** En appliquant la deuxième loi de Newton au solide, écrire l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie.

La solution de l'équation différentielle est de la forme :  $x(t) = x_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \phi_0\right)$  et correspond au mouvement du centre d'inertie de l'oscillateur.

**B.1.4** Donner le nom, la signification et l'unité des grandeurs dans le système d'unités internationales (SI) qui interviennent dans cette équation :  $x_{\max}$ ,  $T_0$ ,  $t$  et  $\phi_0$ .

**B.1.5** Donner l'expression de la période propre de l'oscillateur en fonction de la constante de raideur  $k$  et de la masse  $m$ .

**B.2** Pour étudier les facteurs qui pourraient influencer sur la période de l'oscillateur, on réalise plusieurs expériences.

Expérience 1 :  $m = 250 \text{ g}$  et  $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$

On écarte l'oscillateur de 5 cm vers la droite et à l'instant  $t = 0$ , on le lâche sans vitesse initiale. Un système d'acquisition permet d'enregistrer la courbe  $x(t)$ . Celle-ci est reportée sur le graphe 1.

Expérience 2 :  $m = 250 \text{ g}$  et  $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$

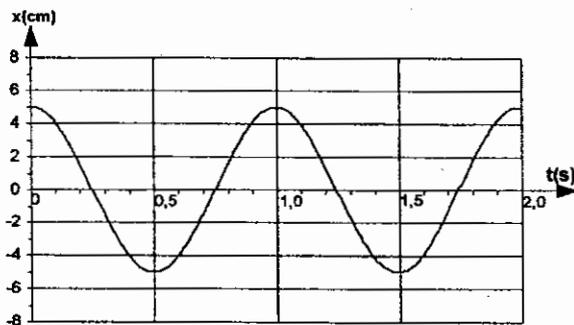
On écarte l'oscillateur de 5 cm vers la droite et à l'instant  $t = 0$ , on le lance vers la gauche avec une vitesse initiale non nulle. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe  $x(t)$ . Celle-ci est reportée sur le graphe 2.

Expérience 3 :  $m = 250 \text{ g}$  et  $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$

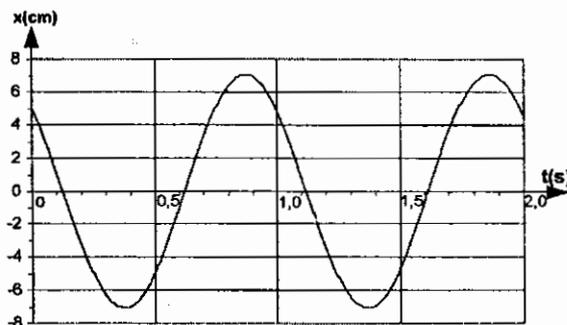
On écarte l'oscillateur de 7 cm vers la droite et à l'instant  $t = 0$ , on le lâche sans vitesse initiale. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe  $x(t)$ .

Celle-ci est reportée sur le graphe 3.

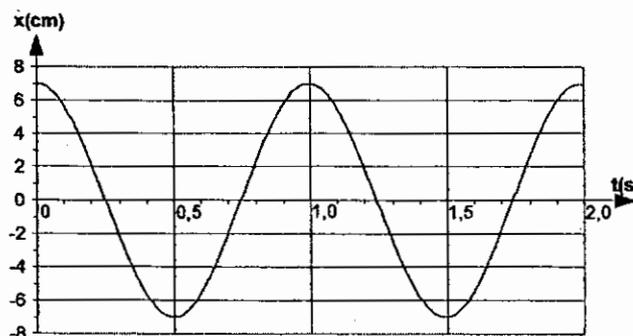
Graphe 1  
 $x_0(1) = 5 \text{ cm}$ ,  $v_0(1) = 0$



Graphe 2  
 $x_0(2) = 5 \text{ cm}$ ,  $v_0(2) < 0$



Graphe 3  
 $x_0(3)$ ,  $v_0(3)$  à déterminer



Questions :

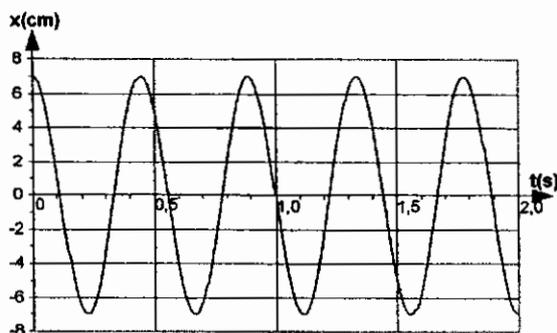
- B.2.1** La période des oscillations déterminée graphiquement pour les expériences 1, 2 et 3 est d'environ 1 s. Vérifier par le calcul la valeur de  $T_0$ .
- B.2.2** Les conditions initiales ( $x_0$  et  $v_0$ ) pour les expériences 1 et 2 étant données, déterminer celles de l'expérience 3, notées  $x_0(3)$  et  $v_0(3)$ .
- B.2.3** La période de l'oscillateur dépend-elle des conditions initiales de mise en oscillation ? Justifier votre réponse avec les graphes.
- B.2.4** Pour chacune des expériences 1, 2 et 3 précédentes, déterminer graphiquement l'amplitude des oscillations.  
En utilisant les conditions initiales indiquées ou déterminées à la question B.2.2. pour ces 3 expériences :
- B.2.4.1** Préciser si l'amplitude dépend de la vitesse initiale.
- B.2.4.2** Préciser si l'amplitude dépend de l'élongation initiale.

**B.3. Pour étudier les facteurs qui pourraient influencer sur l'amplitude du mouvement de l'oscillateur, on réalise de nouvelles expériences.**

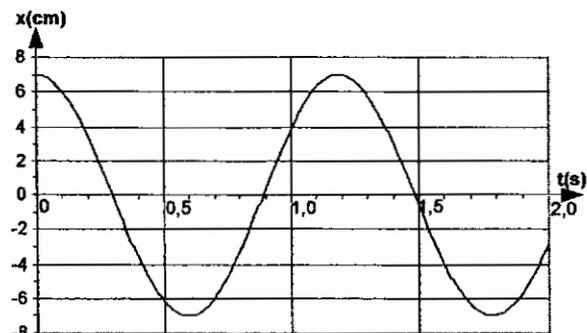
Expérience 4 : On modifie la masse,  $m = 50 \text{ g}$  et  $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$   
On écarte l'oscillateur de 7 cm vers la droite et à l'instant  $t = 0$ , on le lâche sans vitesse initiale. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe  $x(t)$ . Celle-ci est reportée sur le graphe 4.

Expérience 5 :  $m = 250 \text{ g}$ , on modifie la constante de raideur  $k = 7 \text{ N.m}^{-1}$   
On écarte l'oscillateur de 7 cm vers la droite et à l'instant  $t = 0$ , on le lâche sans vitesse initiale. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe  $x(t)$ . Celle-ci est reportée sur le graphe 5.

Graphe 4



Graphe 5



Question :

Pour chacune des expériences 4 et 5 l'amplitude des oscillations est de 7 cm. Déterminer graphiquement la valeur de la période de l'oscillateur pour chaque expérience.  
L'amplitude des oscillations dépend-elle de la période de l'oscillateur ?

#### B.4 Oscillateur élastique soumis à des oscillations forcées :

L'oscillateur élastique est soumis à des oscillations provoquées par un système extérieur appelé exciteur. L'exciteur oscille avec une période  $T_E$  et une amplitude  $A_E$ .

On considère l'oscillateur élastique constitué du solide de masse  $m = 250 \text{ g}$  et du ressort de constante de raideur  $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$ .

Après un régime transitoire, l'oscillateur atteint un régime d'oscillations sinusoïdales de période  $T$ .

Pour étudier les facteurs qui influent sur la période et l'amplitude on réalise trois autres expériences.

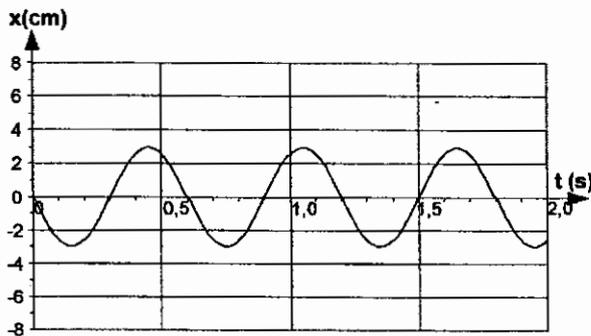
Expérience 6 : période de l'exciteur  $T_E = 0,60 \text{ s}$ , amplitude de l'exciteur  $A_E = 5 \text{ cm}$ .

Après le régime transitoire, le système d'acquisition permet d'enregistrer pour l'oscillateur élastique une nouvelle courbe  $x(t)$ . Celle-ci est reportée sur le graphe 6.

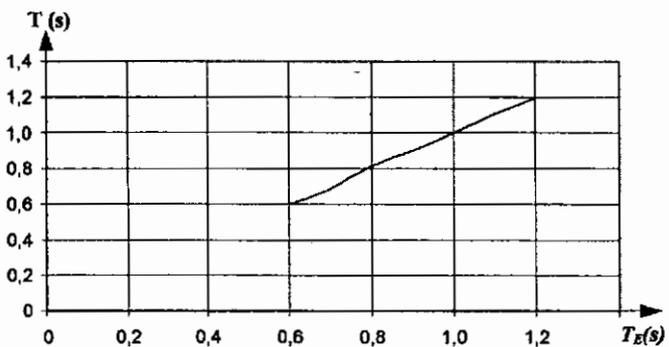
Expérience 7 : On modifie la période de l'exciteur ; on conserve l'amplitude  $A_E$ . Après le régime transitoire on mesure la période de l'oscillateur élastique en fonction de la période de l'exciteur. On obtient le graphe 7 :  $T = f(T_E)$ .

Expérience 8 : On modifie la période de l'exciteur, on conserve l'amplitude  $A_E$ . On mesure l'amplitude de l'oscillateur élastique en fonction de la période de l'exciteur. On obtient le graphe 8 :  $x_{\max} = f(T_E)$ .

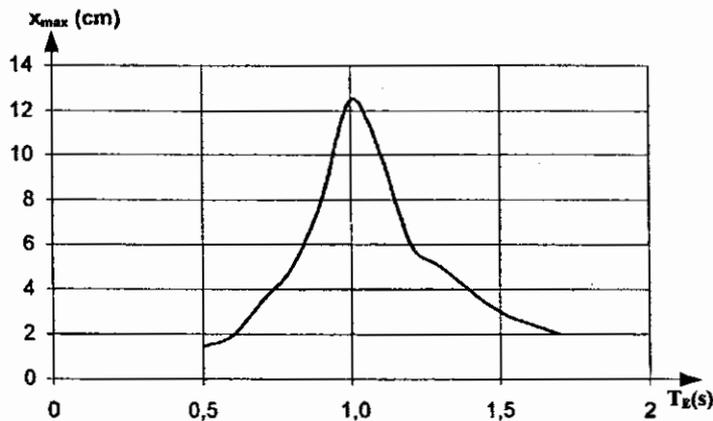
Graphe 6



Graphe 7



Graphe 8



#### Questions :

- B.4.1** En utilisant le graphe 6, déterminer l'amplitude  $x_{\max}$  et la période  $T$  de l'oscillateur élastique. Comparer ces valeurs respectivement à  $A_E$  et  $T_E$ .
- B.4.2** Quel renseignement sur la période de l'oscillateur élastique nous donne le graphe de l'expérience 7 ? Justifier en utilisant ce graphe.
- B.4.3** Quel phénomène le graphe de l'expérience 8 met-il en évidence ? Évaluer graphiquement la période caractéristique  $T_R$  de ce phénomène. Comparer à la période propre  $T_0$  de l'oscillateur élastique calculée à la question 2.1.

### **B.5. Oscillateur soumis à une onde sismique longitudinale.**

L'onde sismique longitudinale est assimilée à une excitation sinusoïdale de période constante  $T_S$  et d'amplitude constante  $A_S$ .

**B.5.1.** L'oscillateur est dans le plan horizontal. Pour que l'excitation de l'oscillateur soit maximale, quelle doit être la direction privilégiée de l'onde sismique longitudinale ?

**B.5.2** L'oscillateur est soumis à l'onde sismique de période  $T_S$  et d'amplitude  $A_S$ .

**B.5.2.1** Après le régime transitoire, quelle sera la période  $T$  des oscillations de l'oscillateur soumis à l'onde sismique de période  $T_S$  ?

**B.5.2.2.** En utilisant le graphe de l'expérience 8, que peut-on dire de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur pour une même amplitude  $A_S$  de l'onde sismique :

a) si la période de l'onde sismique est égale à la période propre de l'oscillateur ?

b) si la période de l'onde sismique est supérieure ou inférieure à la période propre de l'oscillateur ?

## Exercice n°2 : ( 2,5 points)

### LA PILE À COMBUSTIBLE

Le principe des piles à combustible a été découvert par l'électrochimiste William Grove en 1839, mais leur utilisation réelle ne date que des années 1960, à l'occasion des programmes spatiaux de la NASA.

Ces piles alimentaient en électricité les ordinateurs de bord des vaisseaux Gemini et Appolo et fournissaient l'eau de consommation.

En effet, par comparaison aux piles salines et alcalines, les piles à combustible, type hydrogène-oxygène, présentent deux avantages : faire appel à des réactifs (dioxygène de l'air et dihydrogène) disponibles en grande quantité et être non polluantes car libérant de l'eau.

Le principe de fonctionnement est simple : la cellule de réaction est composée de deux électrodes séparées par un électrolyte (exemple : l'acide phosphorique  $H_3PO_4$ ). Elle est alimentée en dihydrogène et en dioxygène en continu.

Le fonctionnement de la pile repose sur une réaction d'oxydoréduction au niveau des électrodes.

#### Données:

Masses molaires atomiques :  $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$   
 $M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Constante d'Avogadro:  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Charge électrique élémentaire :  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Faraday:  $1 F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$

#### 1. Schéma de la pile à combustible

- 1.1 Quelle est la nature des porteurs de charges à l'extérieur de la pile ?
- 1.2 Légender le schéma de la pile (voir annexe N°1) en indiquant le sens conventionnel de circulation du courant électrique  $I$  et le sens de circulation des porteurs de charges, à l'extérieur de la pile (en ajoutant des flèches bien orientées). (L'annexe complétée sera rendue avec la copie)

2. Les couples d'oxydoréduction mis en jeu dans la réaction sont :  $H_{(aq)}^+ / H_{2(g)}$  et  $O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$

- 2.1 Écrire les demi-équations électroniques pour chaque couple mis en jeu, quand la pile débite.
- 2.2 En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu dans la cellule de réaction.

### **3. Le réactif qui est réduit est appelé le "combustible" de la pile.**

- 3.1 Parmi les espèces chimiques présentes dans les couples, laquelle constitue le combustible ? Justifier la réponse en définissant la réaction de réduction.
- 3.2 Préciser le nom de l'électrode où se produit la réduction. Cette électrode est-elle le pôle positif ou négatif de la pile ?

### **4. Dans un véhicule motorisé fonctionnant grâce à une pile à combustible, on estime à 1,5 kg la masse de dihydrogène nécessaire pour parcourir 250 km.**

- 4.1 Calculer la quantité de matière de dihydrogène  $n(\text{H}_2)$  correspondant à cette masse, puis le volume de dihydrogène  $V(\text{H}_2)$  en mètre-cube ( $\text{m}^3$ ), dans les conditions où le volume molaire  $V_m$  est égal à  $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- 4.2 Justifier le fait que les piles à combustible ne soient pas encore utilisées dans les voitures, en utilisant la réponse à la question 4.1.
- 4.3 Rappelons la loi des gaz parfaits :  $P.V = n.R.T$  avec :
- P ( pression du gaz ) ; V ( volume du gaz ) ; n ( quantité de matière de gaz ) ;
- R ( constante des gaz parfaits ) ; T ( température du gaz ) .

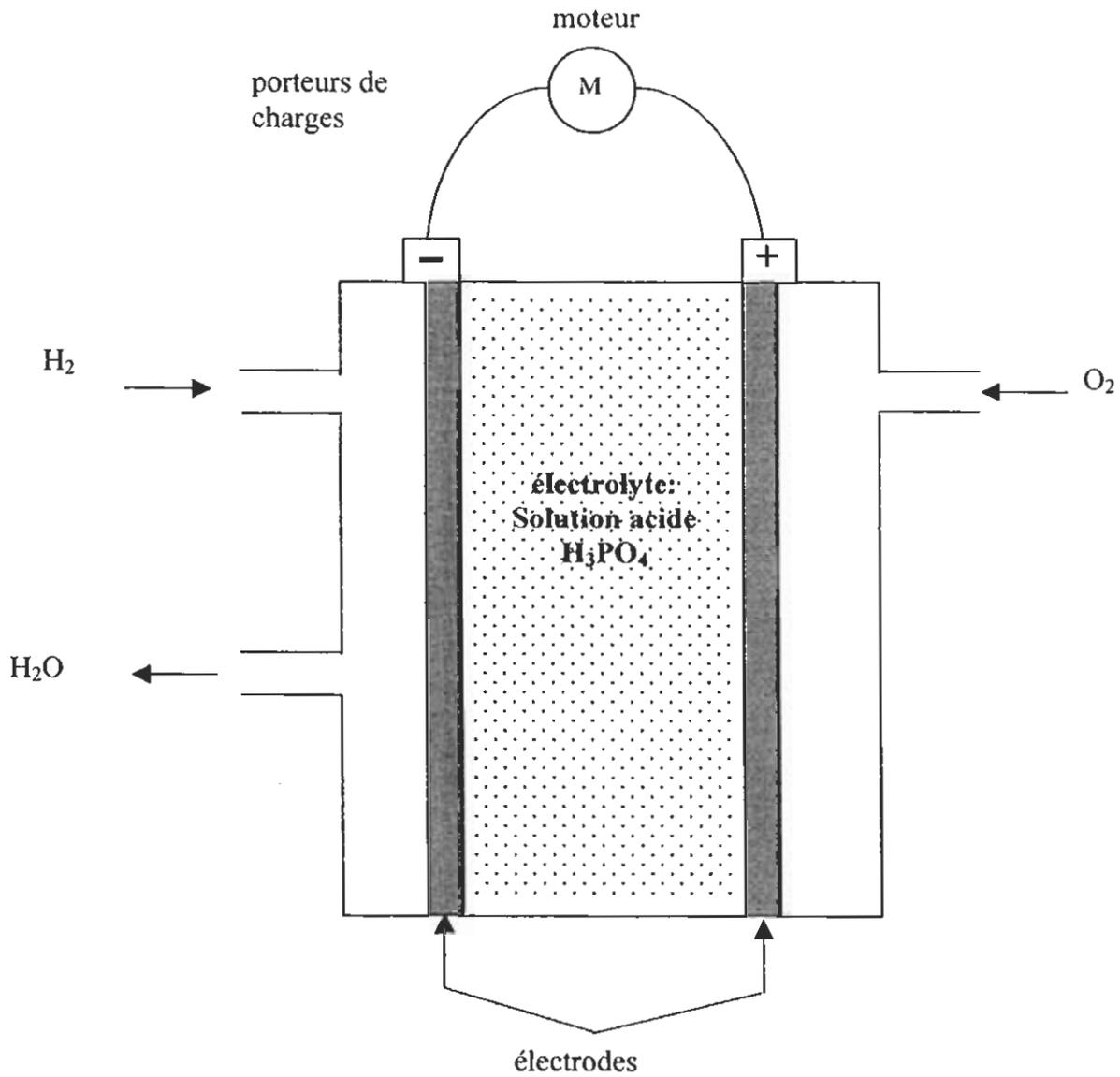
Proposer un moyen de réduire l'espace occupé par ce gaz, à température ambiante, pour la quantité de matière n de gaz calculée précédemment. Justifier la réponse à l'aide de la loi précédente.

### **5. Dans la navette spatiale, les piles à combustible débitent un courant d'intensité $I = 200 \text{ A}$ .**

- 5.1 Calculer la charge électrique Q libérée en 24 heures.
- 5.1 En déduire la quantité de matière  $n_p$  des porteurs de charge, ayant circulé dans le circuit de la navette, pendant 24 heures et la quantité de matière  $n(\text{H}_2)$  de dihydrogène consommée.

**Annexe 1 : À rendre avec la copie**

**Schéma de la pile à combustible.**



## Exercice n°3 (4 points)

### RÉACTIONS ACIDO-BASIQUES

#### 1. Identification d'un indicateur coloré.

On dispose d'un flacon d'indicateur coloré avec comme seule indication sa concentration molaire :

$$C_0 = 2,90 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

On mesure son pH : 4,18.

On en déduit la concentration molaire en ions oxonium  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 6,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Le couple acide/base présent dans cet indicateur coloré sera noté HInd/Ind<sup>-</sup>.

La solution d'indicateur coloré a été préparée à partir de la forme acide de l'indicateur : HInd.

L'équation de la réaction entre HInd et l'eau est :  $\text{HInd} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ind}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

1.1 En considérant un volume  $V=100 \text{ mL}$  de solution d'indicateur, déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide HInd avec l'eau.

Cet acide est-il totalement dissocié dans l'eau ? Justifier votre réponse.

1.2 Donner l'expression littérale de la constante d'acidité  $K_A$  de la réaction de l'acide HInd sur l'eau.

1.3 Les concentrations à l'équilibre permettent de calculer la constante d'acidité de la réaction :

$$K_A = 1,9 \cdot 10^{-5}$$

Sachant que  $\text{p}K_A = -\log K_A$ , calculer le  $\text{p}K_A$  du couple HInd/Ind<sup>-</sup> et identifier l'indicateur à l'aide des données du tableau suivant :

Indicateur	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique	$\text{p}K_A$
Hélianthine	Jaune orangé	3,1 – 4,4	rouge	3,7
Vert de Bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu	4,7
Bleu de Bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu	7,0
Phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10,0	fuschia	9,4

#### 2. Dosage d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée.

Dans le laboratoire d'un lycée, on dispose d'un flacon d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée où est notée sur l'étiquette l'indication suivante :

*33% minimum en masse d'acide chlorhydrique.*

On appellera cette solution  $S_0$ .

On veut connaître la concentration molaire  $c_0$  de cette solution.

##### Première étape :

On dilue 1000 fois la solution  $S_0$ . On obtient alors une solution  $S_1$  de concentration  $C_1$ .

##### Deuxième étape :

On prélève précisément un volume  $V_1=100,0 \text{ mL}$  de solution  $S_1$ .

On dose par conductimétrie la solution  $S_1$  par une solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . La représentation graphique de la conductance de la solution en fonction du volume  $V$  de solution titrante versé est donnée dans l'annexe 2, document n°1.

- 2.1 On ajoute la solution d'hydroxyde de sodium pour doser la solution  $S_1$ .  
Écrire l'équation de la réaction acido-basique.
- 2.2 Déterminer graphiquement, sur le document n°1 de l'annexe 2, le volume versé  $V_E$  à l'équivalence.
- 2.3 A l'équivalence, écrire la relation existant entre  $C_1$ ,  $C_B$ ,  $V_E$  et  $V_1$  et calculer la concentration molaire  $C_1$  de la solution d'acide chlorhydrique diluée  $S_1$ .
- 2.4 En déduire la concentration molaire  $C_0$  de la solution d'acide chlorhydrique concentrée  $S_0$ .
- 2.5 Calculer la masse  $m_0$  d'acide chlorhydrique HCl dissous dans un litre de solution.  
On donne la masse molaire de l'acide chlorhydrique  $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

La solution  $S_0$  a une masse volumique  $\rho_0 = 1160 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Le pourcentage massique de la solution  $S_0$  représente la masse d'acide chlorhydrique dissous dans 100 g de solution.

- 2.6 Quelle est la masse  $m$  d'un litre de solution  $S_0$  ?
- 2.7 Calculer le pourcentage massique de la solution  $S_0$ . L'indication de l'étiquette du flacon de solution d'acide chlorhydrique concentrée est-elle correcte ?

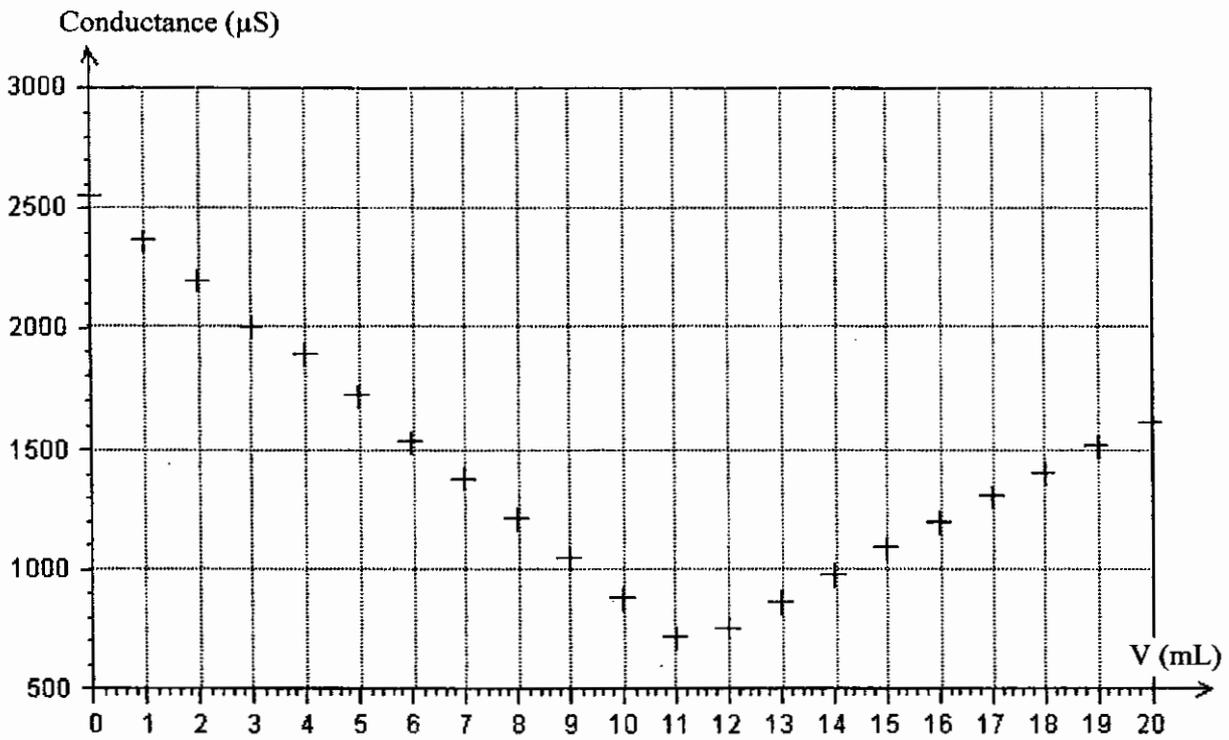
Une simulation du dosage par suivi pH-métrique de la solution  $S_1$  est donnée dans l'annexe 2, document n°2.

- 2.8 Sur le document n°2, indiquer la zone de virage de l'indicateur identifié à la question 1.3. En utilisant cet indicateur pour le dosage de la solution  $S_1$ , décrire le changement de couleur observé.
- 2.9 Dans la liste donnée à la question 1.3, y-a-t-il un indicateur coloré mieux adapté pour repérer l'équivalence du dosage ? Justifiez votre réponse.

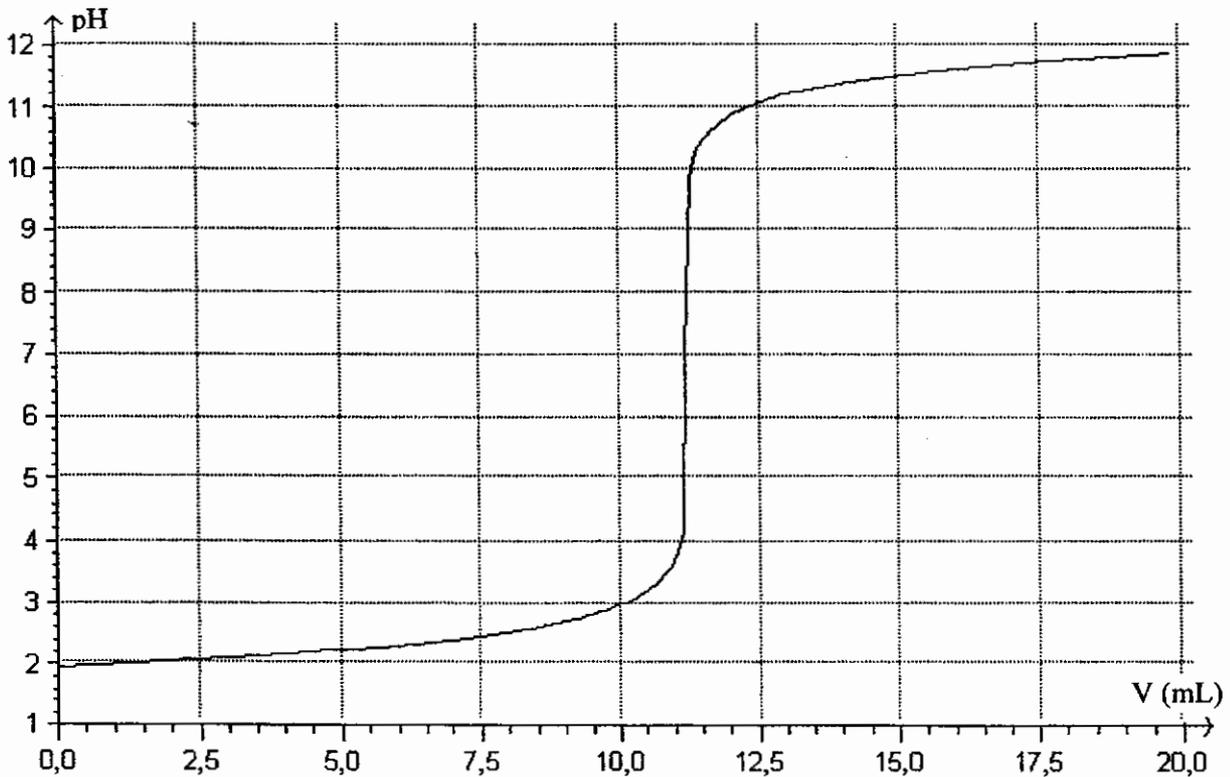
*Attention : L'annexe 2 est à rendre avec votre copie.*

## Annexe 2 : À rendre avec la copie

Document n°1 : Dosage de la solution diluée d'acide chlorhydrique S<sub>1</sub> par conductimétrie



Document n°2 : Simulation du dosage de la solution diluée d'acide chlorhydrique S<sub>1</sub> par pH-métrie



**Asie 2003 LES APPLICATIONS TECHNOLOGIQUES DE LA RADIOACTIVITÉ (6,5 points)***Calculatrice autorisée*

"Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, d'énormes progrès ont été réalisés en médecine grâce à la radioactivité. La technique consiste à introduire dans l'organisme des substances radioactives appelées traceurs pour diagnostiquer (identifier la maladie) et soigner. Par exemple, on sait que les phosphonates entrent dans le métabolisme<sup>1</sup> osseux; si on injecte du phosphonate radiomarqué au "technétium 99", celui-ci se comporte comme un traceur. Il participe au métabolisme de la même façon que le phosphonate naturel auquel il est mélangé et se répartit sur le squelette. Le rayonnement gamma émis traverse les tissus et peut donc être détecté à l'extérieur de l'organisme par une gamma caméra. Cette caméra permet d'obtenir des informations sous forme d'une image appelée la scintigraphie. Celle-ci pourra apporter des renseignements fonctionnels comme, par exemple, le degré de consolidation d'une fracture.

D'autres traceurs sont utilisés; citons: l' "iode 131"; le "carbone 11"; l' "azote 13"; l' "oxygène 15". Ils sont choisis parce que leur activité décroît rapidement.

La radioactivité est utilisée dans le traitement des tumeurs et des cancers: c'est la radiothérapie. Le principe consiste à bombarder une tumeur avec le rayonnement  $\beta$  émis par le "cobalt 60".

Dans certains cas, il faut une source radioactive plus ionisante: on utilise un rayonnement de type alpha, plus massif que les autres.

La découverte de la radioactivité a donné aux sciences, à la médecine et à l'industrie un élan qui, après un siècle, ne s'est pas ralenti."

<sup>1</sup> Le métabolisme représente l'ensemble des transformations physiques et chimiques dans les tissus vivants.

*D'après des textes d'un site internet*

**1. Questions préalables**

**1.1.** Par quels nombres caractérise-t-on le noyau d'un atome?

**1.2.** Le "carbone 11" et le "carbone 12" sont deux isotopes. Qu'est-ce qui différencie les isotopes d'un même élément chimique?

**1.3.** L' "oxygène 15" est radioactif  $\beta^+$ . Ecrire l'équation de la désintégration correspondante. On supposera que le noyau fils n'est pas émis dans un état excité.

*Extrait de la classification périodique:*

${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$	${}_{11}\text{Na}$
----------------	----------------	----------------	----------------	--------------------	--------------------

**2. A propos du texte**

**2.1.** Dans le texte on parle de traceurs, quelle propriété commune présentent-ils?

**2.2.** Le texte donne une particularité des radioéléments utilisables en scintigraphie, laquelle?

**2.3. Quelques types de rayonnement**

**2.3.1.** Dans le texte, il est question de radioactivité  $\beta^-$  et alpha; donner le nom et le symbole  ${}_Z^AX$  de chacune de ces particules.

**2.3.2.** Justifier à partir de la question précédente la phrase "un rayonnement de type alpha plus massif que les autres".

**3. Scintigraphie**

On injecte à un patient un échantillon d' "iode 131" de temps de demi-vie égal à 8 jours environ.

**3.1.** Donner la définition du temps de demi-vie.

**3.2.** En vous aidant du tableau ci-dessous, justifier le choix de l' "iode 131" en scintigraphie.

	Activité $A_0$ en Bq au moment de l'injection	Activité $A_{400}$ en Bq 400 jours après l'injection.
traceur de demi-vie égale à 8 jours (Iode 131)	$2 \times 10^5$	$6 \times 10^{-3}$
traceur de demi-vie égale à 80 jours	$2 \times 10^5$	6 255

## 4. Radiothérapie

Le cobalt  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  est émetteur  $\beta^-$  de constante radioactive  $\lambda = 4 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ .

**4.1.** Écrire l'équation de désintégration du "cobalt 60". On supposera que le noyau fils est produit dans un état excité.

Données:

Extrait de la classification périodique:

${}_{25}\text{Mn}$	${}_{26}\text{Fe}$	${}_{27}\text{Co}$	${}_{28}\text{Ni}$	${}_{29}\text{Cu}$
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Constante d'Avogadro:  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Masse molaire atomique du cobalt 60 :  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

**4.2.** Un centre hospitalier reçoit un échantillon de "cobalt 60".

**4.2.1.** Déterminer le nombre  $N_0$  de noyaux contenus dans l'échantillon de  $1 \mu\text{g}$  à l'instant de sa réception dans l'établissement hospitalier.

**4.2.2.** Rappeler l'expression liant  $\Delta N$ ,  $\Delta t$ ,  $\lambda$  et  $N$  dans laquelle  $N$  représente le nombre de noyaux encore présents dans l'échantillon à l'instant de date  $t$ .

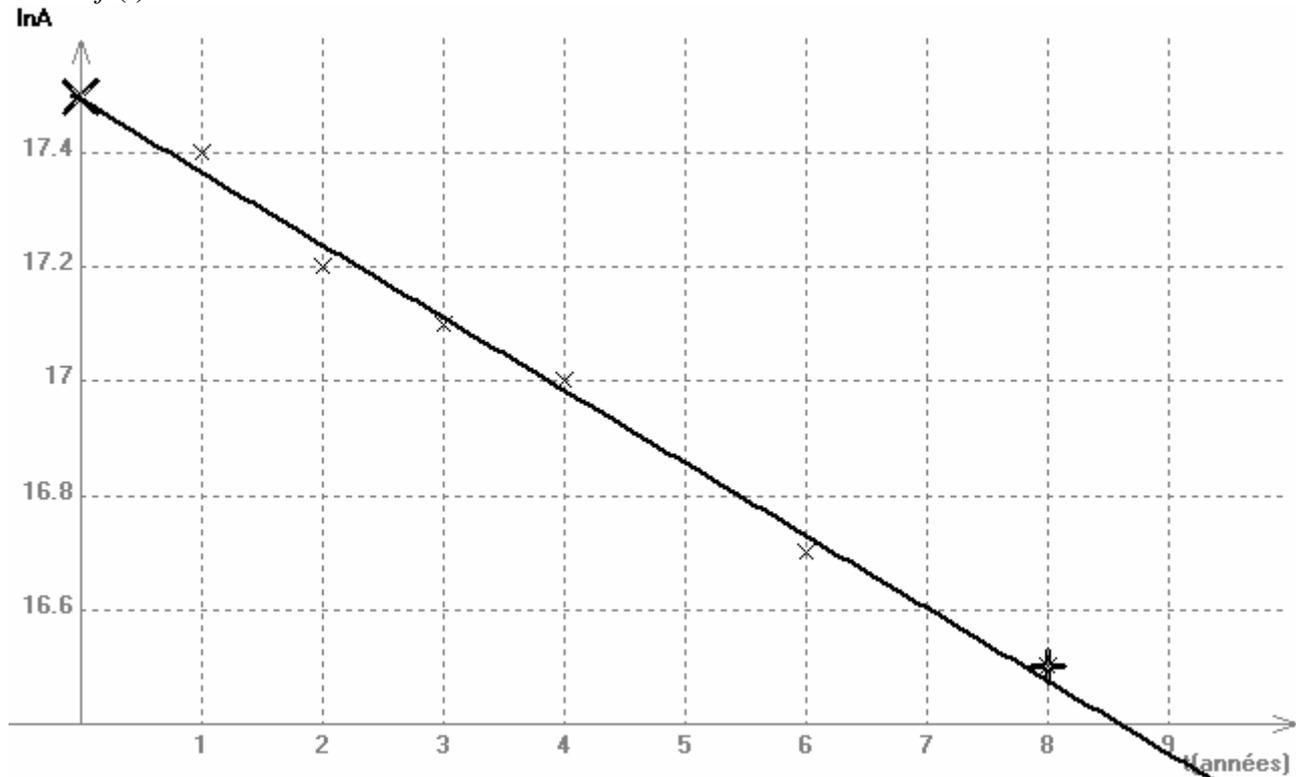
**4.2.3.** Donner l'expression de  $\Delta N$  en fonction de  $\Delta t$ ,  $\lambda$ ,  $N_0$  et  $t$ .

Le technicien du laboratoire est chargé de contrôler cette source, tous les ans. A l'aide d'un compteur, il détermine le nombre de désintégrations  $\Delta N$  obtenues pendant une courte durée notée  $\Delta t = 1 \text{ s}$ .

Ce nombre est appelé activité  $A$  définie par  $\frac{|\Delta N|}{\Delta t}$ . L'activité peut se mettre sous la forme  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ .

**4.2.4.** Que vaut littéralement  $A_0$ ?

**4.2.5.** On trace à l'aide d'un logiciel approprié le graphe du logarithme de l'activité  $A$  en fonction du temps:  $\ln A = f(t)$ .



Rappel:  $\ln(ab) = \ln a + \ln b$

Exprimer  $\ln A$  en fonction de  $t$ ,  $\lambda$  et  $A_0$ , activité initiale de l'échantillon à l'instant de sa réception.

**4.2.6.** Montrer que la forme de la courbe ci-dessus constitue une vérification expérimentale de l'expression trouvée précédemment.

**4.2.7.** Déterminer graphiquement la valeur de la constante de désintégration radioactive  $\lambda$  en  $\text{an}^{-1}$ .

**4.2.8.** Donner la relation entre  $t_{1/2}$  et  $\lambda$ .

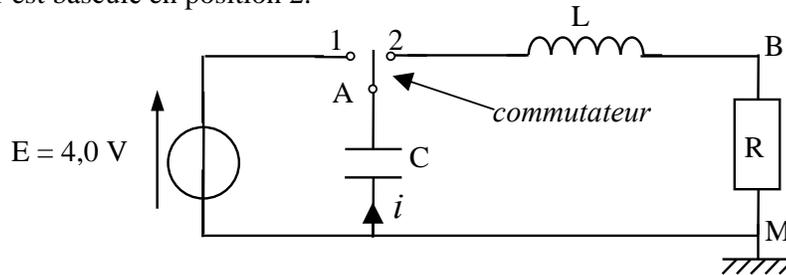
**4.2.9.** Calculer  $t_{1/2}$  en années. Dans les tables on trouve  $t_{1/2} = 1,68 \times 10^8 \text{ s}$  pour le "cobalt 60". Commenter.

Cet exercice est un **Questionnaire à Réponses Ouvertes et Courtes**. A chaque affirmation, vous répondrez par **VRAI** ou **FAUX**. Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires brefs (définitions, calculs, exemples ou contre-exemples ...).

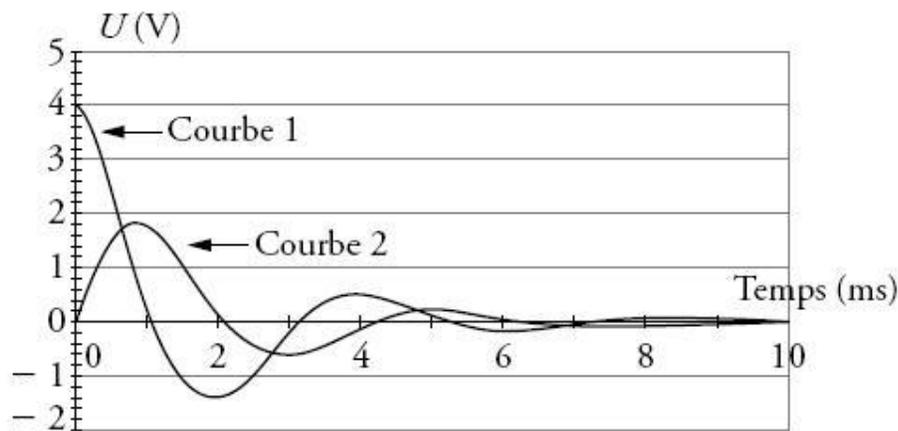
### Question 1

On a réalisé le montage ci-dessous avec les composants suivants : un conducteur ohmique de résistance  $R = 4,0 \times 10^2 \Omega$ , une bobine d'inductance  $L = 0,40 \text{ H}$  (résistance interne de la bobine négligée) et un condensateur de capacité  $C = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ .

On charge le condensateur, commutateur basculé en position 1, puis, à l'instant de date  $t_0 = 0$ , le commutateur est basculé en position 2.



Les points A, B et M sont reliés à un ordinateur ou à un système d'acquisition. Grâce à un logiciel adapté on observe l'évolution des tensions au cours du temps (schéma ci-après).



#### 1. A propos des courbes

La courbe 1 visualisée est :

- a. la tension aux bornes du condensateur
- b. la tension aux bornes du conducteur ohmique
- c. la tension aux bornes de la bobine

La courbe 2 visualisée est :

- d. la tension aux bornes de la bobine
- e. la tension aux bornes du conducteur ohmique

#### 2. A propos des énergies

A l'instant initial le circuit RLC a emmagasiné une énergie  $E_1$  de :

- a. 8,0 mJ
- b.  $8,0 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
- c.  $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

3. Lorsque les deux courbes se coupent pour la première fois, la valeur de l'intensité du courant vaut :

- a. 5,0 mA;
- b. 7,7 mA
- c. 4,2 mA

4. Lorsque les deux courbes se coupent pour la première fois, la somme des énergies emmagasinée dans la bobine et dans le condensateur notée  $E_2$  est :

- a.  $7,0 \cdot 10^{-6}$  J      b.  $5,0 \cdot 10^{-6}$  J      c.  $2,0 \cdot 10^{-6}$  J

5. Lorsque les deux courbes se coupent pour la première fois, l'énergie qui a été dissipée dans la résistance vaut :

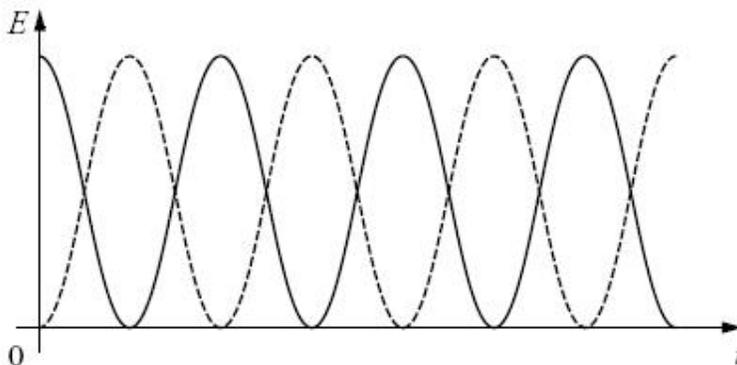
- a.  $3,0 \cdot 10^{-6}$  J      b.  $1,0 \cdot 10^{-3}$  J      c. 10 mJ

### Question 2

On donne le graphe représentant en fonction du temps l'énergie cinétique et l'énergie potentielle élastique d'un système solide-ressort horizontal, écarté de sa position d'équilibre, lâché sans vitesse initiale à l'instant  $t = 0$  s et à l'abscisse  $x_0$ .

L'origine des abscisses correspond à la position d'équilibre du système.

1. La courbe correspondant à l'énergie cinétique est représentée en trait plein.



2. On suppose que l'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau horizontal où se situe le système. Le système de masse  $m$ , comporte un ressort de raideur  $k$ .

L'expression de l'énergie mécanique du système est donnée par l'expression :  $E_m = \frac{1}{2} kx_0^2$

3. L'allure des courbes permet d'affirmer qu'il n'y a pas de frottements.

### Question 3 :

On dispose d'une solution de nitrate d'argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$  de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ , d'une solution de sulfate de cuivre de concentration  $0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ , d'un fil d'argent, d'une lame de cuivre et d'un pont salin au nitrate de potassium.

On peut former une pile par l'association des couples  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} / \text{Ag}_{(\text{s})}$  et  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Cu}_{(\text{s})}$ .

Soit l'équation de réaction :  $2 \text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cu}_{(\text{s})} = 2 \text{Ag}_{(\text{s})} + \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$

La constante d'équilibre est  $K = 2,0 \cdot 10^{15}$ .

1. On relie les deux métaux constituant les bornes de la pile par une chaîne conductrice, le quotient de réaction initial de ce système, pour l'équation donnée est :

- a)  $Q_{r,i} = 50$ , alors la réaction est spontanée dans le sens direct.  
 b)  $Q_{r,i} = 50$ , alors la réaction est spontanée dans le sens inverse.  
 c)  $Q_{r,i} = 0,02$ , alors la réaction est spontanée dans le sens direct.  
 d)  $Q_{r,i} = 0,02$ , alors la réaction est spontanée dans le sens inverse.

2. Lorsque cette pile fonctionne (ou débite) son quotient de réaction :

- a) augmente.  
 b) diminue.  
 c) ne varie pas.

3. Quel est le pôle négatif de la pile :

- a) l'électrode d'argent ?  
 b) l'électrode de cuivre ?

**Question 4 :**

Une pile de ce type a une f.é.m.  $E = 2,0 \text{ V}$  ; elle est prévue pour fonctionner pendant 10 h si elle débite de manière constante un courant d'intensité 320 mA.

**Données :**  $1 \text{ F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

1. L'énergie maximale disponible de cette pile est égale à :

- a) 11,5 J ;
- b)  $1,15 \cdot 10^4 \text{ J}$  ;
- c)  $2,30 \cdot 10^4 \text{ J}$ .

2. La quantité d'électrons qui circulent pendant la durée totale du fonctionnement est égale à :

- a) 0,12 mol ;
- b) 1,0 mol ;
- c) 2,0 mol.

### I. La fabrication du savon

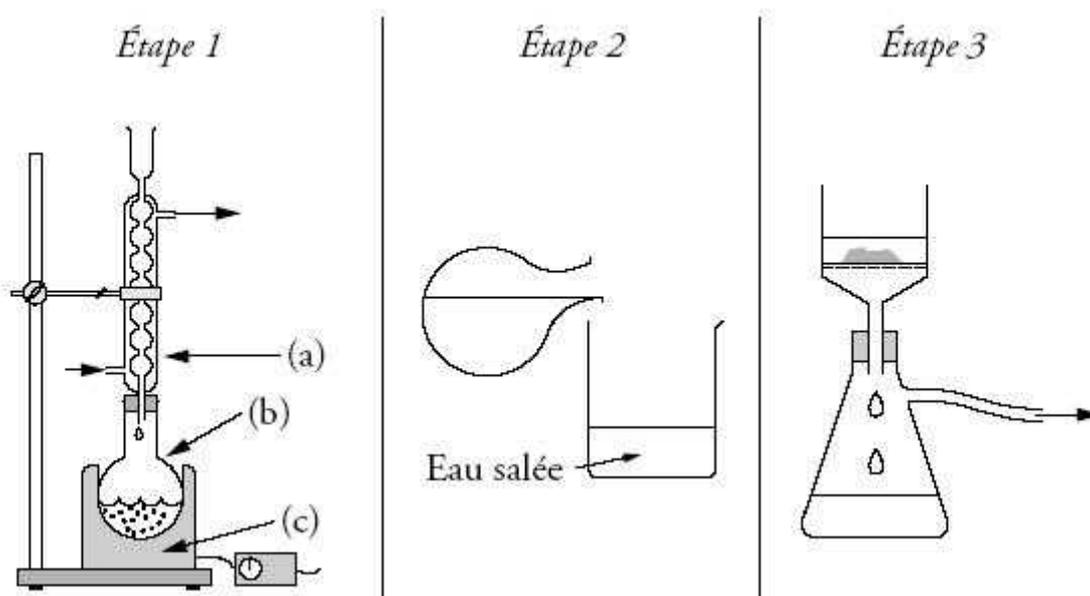
La fabrication du savon est l'une des plus anciennes utilisations des corps gras. Jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, elle se réalisait dans des chaudrons, en milieu aqueux. L'opération était longue et fastidieuse. En travaux pratiques, on la réalise plus rapidement, en solution alcoolique, selon les mêmes étapes.

**Étape 1 :** on chauffe pendant trente minutes un mélange de :

- $2,0 \cdot 10^{-2}$  mol d'huile de soja (essentiellement constituée d'oléine),
- $5,0 \cdot 10^{-2}$  mol d'hydroxyde de sodium (soude),
- 2 mL d'éthanol,
- quelques grains de pierre ponce.

**Étape 2 :** on laisse refroidir le mélange quelques minutes puis on le transvase dans un becher contenant une solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium.

**Étape 3 :** le précipité obtenu est filtré, rincé à l'eau salée, séché puis pesé. La masse expérimentale obtenue est  $m_{\text{exp}} = 10,5$  g.



**Données :**

- Formule de l'oléine : 
$$\begin{array}{c} \text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH} \\ | \\ \text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 \end{array}$$

Réactif	Oléine	Hydroxyde de sodium (soude)	Savon
<b>Solubilité dans l'eau</b>	insoluble	soluble	soluble
<b>Solubilité dans l'éthanol</b>	soluble	soluble	
<b>Solubilité dans l'eau salée</b>	insoluble	soluble	peu soluble
<b>Masse molaire moléculaire (g.mol<sup>-1</sup>)</b>	884	40	304

## 1. A propos du mode opératoire

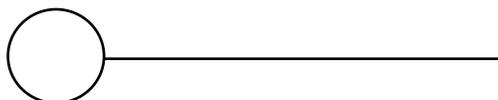
- Préciser le nom de l'opération réalisée aux étapes 1 et 3.
- Justifier, en vous aidant du tableau des solubilités, l'emploi de l'eau salée dans l'étape 2.
- Nommer les éléments (a), (b), (c), du montage utilisé dans l'étape 1.  
Quel est le rôle de l'élément (a) ?
- Quel est le rôle de la pierre ponce ?
- Pourquoi opère-t-on à chaud ?

## 2. Étude quantitative

- Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation qui a lieu dans l'étape 1 en utilisant les formules semi-développées. Nommer les produits obtenus (1 et 2).
- Compléter le tableau d'avancement donné **en annexe à rendre avec la copie**.  
En déduire le réactif limitant.
- Définir puis calculer le rendement de cette transformation.

## II. Les propriétés du savon

L'ion carboxylate du savon peut être schématisé ainsi :



La partie rectiligne représente la chaîne carbonée, la partie circulaire le groupe carboxylate.

- Identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe. Justifier la solubilité du savon dans l'eau.
- L'eau savonneuse a un pH supérieur à 7 du fait des propriétés basiques de l'ion carboxylate.  
Écrire l'équation de la réaction entre l'ion carboxylate et l'eau en précisant les couples acido-basiques qui interviennent.

### Annexe à rendre avec la copie

*tableau d'avancement à compléter*

	Oléine	Soude	Produit 1	Produit 2
Quantité de matière dans l'état initial (en mol)				
Quantité de matière en cours de transformation (en mol)				
Quantité de matière dans l'état final (en mol)				

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

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 et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, 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. La lumière : une onde (4 points)
- II. L'arôme de banane (6,5 points)
- III. Temps caractéristiques de quelques systèmes (5,5 points)

## EXERCICE I. LA LUMIÈRE : UNE ONDE (4 points)

Le texte ci-dessous retrace succinctement l'évolution de quelques idées à propos de la nature de la lumière.

**Huyghens** (1629-1695) donne à la lumière un caractère ondulatoire par analogie à la propagation des ondes à la surface de l'eau et à la propagation du son.

Pour Huyghens, le caractère ondulatoire de la lumière est fondé sur les faits suivants :

- « le son ne se propage pas dans une enceinte vide d'air tandis que la lumière se propage dans cette même enceinte. La lumière consiste dans un mouvement de la matière qui se trouve entre nous et le corps lumineux, matière qu'il nomme éther ».

- « la lumière s'étend de toutes parts<sup>①</sup> et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés<sup>②</sup>, les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher<sup>③</sup> »

- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être<sup>④</sup> par le transport d'une matière, qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous ainsi qu'une balle ou une flèche traverse l'air ».

**Fresnel** (1788-1827) s'attaque au problème des ombres et de la propagation rectiligne de la lumière.

Avec des moyens rudimentaires, il découvre et il exploite le phénomène de diffraction.

Il perce un petit trou dans une plaque de cuivre. Grâce à une lentille constituée par une goutte de miel déposée sur le trou, il concentre les rayons solaires sur un fil de fer.

Extraits d'articles parus dans l'ouvrage « Physique et Physiciens » et dans des revues « Sciences et Vie ».

① de toutes parts = dans toutes les directions      ③ sans s'empêcher = sans se perturber

② de tout opposés = de sens opposés      ④ ne saurait être = ne se fait pas

### 1. QUESTIONS À PROPOS DU DOCUMENT ENCADRÉ

#### 1.1. Texte concernant Huyghens

1.1.1. Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques ?

1.1.2. Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.

#### 1.2. Texte concernant Fresnel

1.2.1. Fresnel a utilisé les rayons solaires pour réaliser son expérience.

Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique ?

1.2.2. Fresnel exploite le phénomène de diffraction de la lumière par un fil de fer.

Le diamètre du fil a-t-il une importance pour observer le phénomène de diffraction ?

Si oui, indiquer quel doit être l'ordre de grandeur de ce diamètre.

### 2. DIFFRACTION

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .

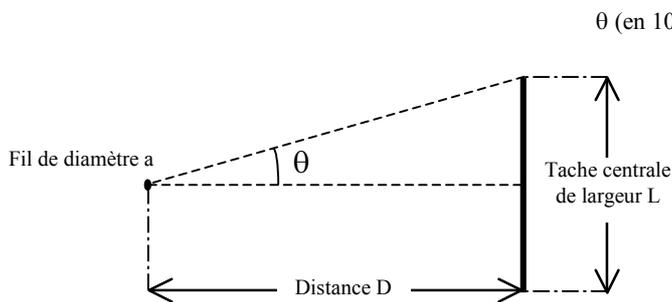
À quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus. On désigne par  $a$  le diamètre d'un fil.

La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance  $D = 1,60$  m des fils.

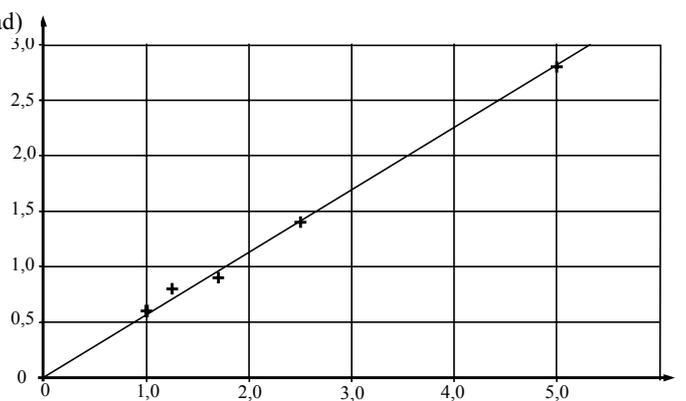
Pour chacun des fils, on mesure la largeur  $L$  de la tache centrale.

À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire  $\theta$  du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

**Figure 1**  
(Vue du dessus)



**Figure 2**



2.1. L'angle  $\theta$  étant petit,  $\theta$  étant exprimé en radian, on a la relation :  $\tan \theta \approx \theta$   
Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer  $\theta$  pour chacun des fils.

2.2. Donner la relation liant  $\theta$ ,  $\lambda$  et a. Préciser les unités de  $\theta$ ,  $\lambda$  et a.

2.3. On trace la courbe  $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ . Celle-ci est donnée sur la figure 2 ci-dessus :

Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de  $\theta$  donnée à la question 2.2.

2.4. Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique utilisée ?

2.5. En utilisant la figure 2, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée.

560 cm ; 560 mm ; 560  $\mu\text{m}$  ; 560 nm

2.6. Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, on observerait des franges irisées.

En utilisant la réponse donnée à la question 2.2., justifier succinctement l'aspect « irisé » de la figure observée.

### 3. DISPERSION

Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit.

3.1. Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?

3.2. Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.

3.3. Rappeler la définition d'un milieu dispersif.  
Pour un tel milieu, l'indice de réfraction dépend-il de la fréquence de la radiation monochromatique qui le traverse ?

3.4. À la traversée d'un prisme, lorsqu'une lumière monochromatique de fréquence donnée passe de l'air (d'indice  $n_a = 1$ ) à du verre (d'indice  $n_v > 1$ ), les angles d'incidence ( $i_1$ ) et de réfraction ( $i_2$ ), sont liés par la relation de Descartes-Snell :  $\sin(i_1) = n_v \sin(i_2)$

Expliquer succinctement, sans calcul, la phrase : « Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit ».

## EXERCICE II. L'ARÔME DE BANANE (6,5 points)

Les parties 1, 2, 3, 4, et 5 sont indépendantes.

L'arôme de banane est dû :

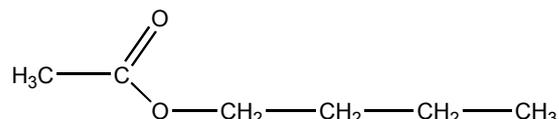
- soit à la présence d'extraits naturels de banane ;
- soit à la présence d'un composé artificiel, l'acétate de butyle (ou éthanoate de butyle).

### 1. COMPOSÉ NATUREL OU COMPOSÉ ARTIFICIEL ?

Donner une des raisons qui font qu'un industriel puisse plutôt avoir recours à l'utilisation du composé artificiel.

### 2. QUESTIONS PRÉLIMINAIRES.

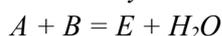
L'acétate de butyle a pour formule semi-développée :



2.1. À quelle famille de composés organiques appartient cette espèce chimique ?

2.2. La synthèse de l'acétate de butyle (E) peut être réalisée à partir d'un acide carboxylique (A) et d'un alcool (B).

L'équation associée à la réaction modélisant la synthèse de E s'écrit :



Parmi les composés cités ci-dessous reconnaître les composés A et B.

<i>Acide carboxylique</i>		<i>Alcool</i>	
<i>acide méthanoïque</i>	$\text{HCO}_2\text{H}$	<i>butan-1-ol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
<i>acide acétique (ou acide éthanoïque)</i>	$\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$	<i>éthanol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
<i>acide butanoïque</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{H}$	<i>propan-1-ol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

### 3. SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE DE BUTYLE AU LABORATOIRE.

On se propose de synthétiser au laboratoire l'acétate de butyle (E) à partir des composés A et B et de réaliser un suivi cinétique de cette synthèse.

Pour cela, dans un becher placé dans un bain d'eau glacée, on introduit :

- un volume  $V_A = 5,8 \text{ mL}$  d'acide carboxylique A ;
- un volume  $V_B = 9,2 \text{ mL}$  d'alcool B (soit  $0,10 \text{ mol}$ ) ;
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Données :

	<i>masse molaire M (en <math>\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}</math>)</i>	<i>masse volumique <math>\mu</math> (en <math>\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}</math>)</i>	<i>température d'ébullition sous pression normale <math>\theta_{\text{éb}}</math> (en <math>^{\circ}\text{C}</math>)</i>
<i>A</i>	60	1,05	118,2
<i>B</i>	74	0,81	117,7
<i>E</i>	116	0,87	126,5
<i>eau</i>	18	1,00	100,0

3.1. Indiquer pourquoi il est nécessaire de placer initialement le becher dans un bain d'eau glacée.

3.2. Justifier succinctement l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique sachant qu'il ne participe pas à la transformation chimique étudiée.

3.3. Le mélange initial {acide + alcool} est équimolaire : la quantité d'acide introduit est égale à 0,10 mole.

En utilisant les données, écrire l'expression littérale permettant de calculer la quantité d'acide carboxylique A introduite dans un volume  $V_A$ .

3.4. Déterminer l'avancement maximal de la réaction dans ces conditions. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

#### 4. SUIVI DE LA SYNTHÈSE PAR TITRAGE DE L'ACIDE RESTANT.

On agite le mélange initial et on répartit avec précision le mélange dans 10 tubes à essais placés préalablement dans un bain d'eau glacée ; chaque tube contient ainsi un dixième du volume du mélange initial. On munit chaque tube d'un réfrigérant.

On place ensuite simultanément tous les tubes dans un bain thermostaté à 80°C et on déclenche alors le chronomètre (instant de date  $t_0 = 0$  s).

Afin de réaliser un suivi temporel de la synthèse de l'acétate de butyle, on dose, à des dates déterminées, les acides restants (acide sulfurique et acide carboxylique A) dans chacun des tubes par une solution de soude de concentration molaire apportée  $c = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ , en présence d'un indicateur coloré. Avant chaque titrage, on plonge le tube dans un bain d'eau glacée.

Une étude préalable a permis de connaître le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide sulfurique présent dans chacun des tubes.

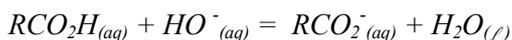
Les résultats expérimentaux des titrages successifs sont donnés ci-dessous. On désigne par  $V_{eq}$  le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide carboxylique seul.

$t$ (en min)	0	5	10	15	20	30	45	60	75	90
$V_{eq}$ (en mL)	10,0	6,3	5,0	4,4	4,0	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3

4.1. Quel est le rôle de l'indicateur coloré ?

4.2. Justifier, sans calcul, l'évolution au cours du temps du volume de soude à verser pour atteindre l'équivalence.

4.3. L'équation chimique associée au titrage de l'acide carboxylique seul par la soude est la suivante :



Définir l'équivalence correspondant à ce titrage.

4.4. En raisonnant sur le contenu d'un tube (c'est-à-dire sur un volume égal au dixième du volume du mélange réactionnel initial), exprimer la quantité d'acide carboxylique présent dans un tube à un instant de date  $t$  en fonction de  $c$  et  $V_{eq}$ . Pour la résolution de cette question, le candidat pourra, s'il le souhaite, utiliser un tableau d'avancement.

4.5. Pour la totalité du mélange initialement préparé {5,8 mL d'acide carboxylique A et 9,2 mL d'alcool B} :

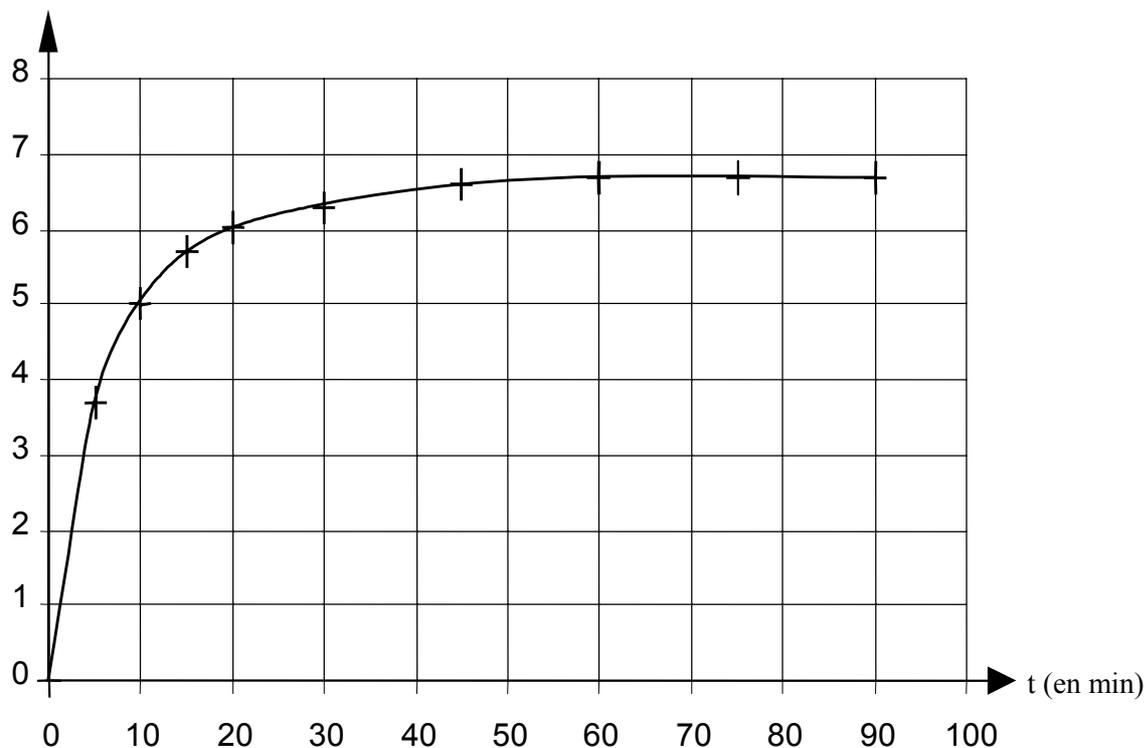
4.5.1. Préciser la relation existant entre l'avancement de la **réaction de synthèse de l'ester** et la quantité d'ester formé. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4.5.2. Montrer qu'à une date  $t$  donnée, l'avancement de cette **réaction de synthèse de l'ester** est donné par la relation :  $x = 0,10 - 10 \cdot c \cdot V_{eq}$ .

## 5. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE L'AVANCEMENT DE LA SYNTHÈSE ORGANIQUE.

À partir des résultats expérimentaux, il est donc possible de tracer la courbe donnant l'évolution temporelle de l'avancement  $x$  de la réaction de synthèse pour le mélange initial. La courbe est donnée ci-dessous :

$x$  (en  $10^{-2}$  mol)



- 5.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final. En utilisant le résultat de la question 3.4., montrer que le taux d'avancement final est inférieur à 1.
- 5.2. À partir des résultats de la question 5.1. et de l'allure de la courbe  $x = f(t)$ , justifier chacune des deux propositions suivantes :
- la transformation chimique est lente ;
  - la transformation chimique n'est pas totale.
- 5.3. Au bout d'une certaine durée, le système chimique est en état d'« équilibre dynamique ». Expliquer cette expression.
- 5.4. *La transformation réalisée est lente et non totale ce qui entraîne deux inconvénients pour cette synthèse.*
- 5.4.1. À partir des mêmes réactifs (acide carboxylique A et alcool B) et du même catalyseur :
- indiquer une méthode permettant d'accélérer la synthèse de l'acétate de butyle ;
  - indiquer une méthode permettant d'augmenter le taux d'avancement à l'équilibre.
- 5.4.2. *Pour synthétiser l'acétate de butyle par une transformation chimique rapide et totale, il est possible de remplacer l'acide carboxylique A par un de ses dérivés.*  
Donner son nom et sa formule semi-développée.

**EXERCICE III. TEMPS CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES SYSTÈMES (5,5 points)**

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes, toutefois l'objectif de cette étude expérimentale consiste, pour trois systèmes différents :

- d'une part, à étudier un « temps » défini comme « temps caractéristique »
- d'autre part, à observer l'influence éventuelle sur ce temps caractéristique :
  - de grandeurs caractéristiques ;
  - de conditions initiales ;
  - de paramètres extérieurs.

Pour chacun des phénomènes, les grandeurs caractéristiques, les conditions initiales et les paramètres extérieurs envisagés sont précisés dans le tableau de données.

**1. DÉCROISSANCE RADIOACTIVE**

Un échantillon de matière radioactive est placé dans la chambre d'un photomultiplicateur.

Un détecteur, associé au photomultiplicateur, mesure un nombre d'événements, pendant une durée  $\Delta t$  déterminée.

On trace la courbe d'évolution du nombre d'événements mesuré par seconde (noté  $x$ ), au cours du temps.

Soit  $x_0$  la valeur de  $x$  à l'instant choisi pour origine des dates.

On réalise des mesures avec des échantillons de radon  $^{220}_{86}\text{Rn}$  et de radon  $^{222}_{86}\text{Rn}$  qui sont des émetteurs  $\alpha$ .

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1	expérience 2	Expérience 3
Grandeurs caractéristiques du système : nature du noyau	radon 220	radon 220	radon 222
Conditions initiales : population initiale de noyaux radioactifs $N_0 \neq N_0' \neq N_0''$	$N_0$	$N_0'$	$N_0''$
Paramètres extérieurs	Aucune modification des paramètres extérieurs		
Temps caractéristique	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = ?$ (déterminé à la question 1.3.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de  $x$  au cours du temps sont représentées à l'annexe page A2 (**À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**).

1.1. Définir le temps de demi-vie (ou demi-vie).

1.2. La loi de décroissance radioactive s'écrit sous la forme  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ , où :

$N$  est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant de date  $t$ ,

$N_0$  est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant choisi pour origine des dates  $t_0 = 0 \text{ s}$ ,

$\lambda$  est la constante radioactive.

En utilisant la définition du temps de demi-vie, établir l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $t_{1/2}$ .

1.3. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-vie.

La détermination devra apparaître clairement sur la courbe (3) de l'annexe page A2 (**À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**).

Pour cette détermination, on admettra que le nombre d'événements détectés par seconde, à l'instant de date  $t$ , est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon, à cette même date.

Pour déterminer le temps de demi-vie, on peut alors utiliser la courbe  $x = f(t)$  de la même façon que celle représentant le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon en fonction du temps.

1.4. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 1.3. préciser :

- si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie ;
- si les conditions initiales ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie.

## 2. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À TRAVERS UN CONDUCTEUR OHMIQUE

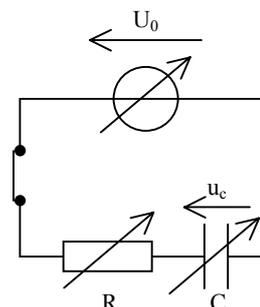
Soit un dipôle RC constitué d'un condensateur de capacité  $C$  réglable et d'un conducteur ohmique de résistance  $R$  réglable. On étudie la charge du condensateur à travers le conducteur ohmique.

Pour cela, on réalise le montage de la figure ci-contre.

Le générateur délivre, à ses bornes, une tension constante  $U_0$  réglable.

Au cours d'une expérience avec acquisition et traitement informatisés des données, on enregistre les variations de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur au cours du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales. Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :



	expérience 1	expérience 2	expérience 3	expérience 4
Grandeurs caractéristiques du système	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 10 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$
	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 12,5 \text{ }\mu\text{F}$
Conditions initiales : $u_C$ (à $t_0 = 0 \text{ s}$ ) = $0,0 \text{ V}$	Aucune modification des conditions initiales			
Paramètres extérieurs	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 5,00 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_3 = 0,31 \text{ s}$	$\tau_4 = ?$ (déterminé à la question 2.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la tension  $u_C$  au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (**À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**).

- 2.1. Dans le cas de l'expérience 4, déterminer graphiquement par une méthode au choix, la constante de temps du circuit. La méthode sera explicitée et la détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 2.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 2.1., préciser :
  - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur de la constante de temps ;
  - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur de la constante de temps.
- 2.3. Plusieurs expressions de la constante de temps  $\tau$  d'un circuit RC sont proposées ci-dessous :

$$\tau = U_0 RC \quad (1) \quad ; \quad \tau = \frac{U_0}{RC} \quad (2) \quad ; \quad \tau = \frac{R}{C} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{C}{R} \quad (4) \quad ; \quad \tau = RC \quad (5) \quad ; \quad \tau = \sqrt{RC} \quad (6)$$

2.3.1 À partir de l'étude expérimentale précédente, justifier qu'une seule expression est à retenir.

2.3.2 Vérifier par une analyse dimensionnelle l'expression de la constante de temps trouvée à la question 2.3.1.

### 3. CHUTE AVEC FROTTEMENTS

À partir d'une même position de l'espace, on réalise dans deux fluides différents, la chute verticale sans vitesse initiale de solides de petites dimensions, de même forme, de même volume, mais de masses différentes. On filme la chute et un dispositif informatique permet de tracer la courbe donnant l'évolution de la vitesse  $v$  du centre d'inertie du solide en fonction du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales.

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1 : solide A	expérience 2 : solide A	expérience 3 : solide B
Grandeurs caractéristiques du système	volume $V$	volume $V$	volume $V$
	masse $m$	masse $m$	masse $m'$ ( $m' \neq m$ )
Conditions initiales : Position initiale Vitesse initiale	Aucune modification des conditions initiales		
Paramètres extérieurs	fluide : eau	fluide : détergent	fluide : eau
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,21 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,15 \text{ s}$	$\tau_3 = ?$ (déterminé à la question 3.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la vitesse  $v$  au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

- 3.1. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement le temps caractéristique. La détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 3.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 3.1., préciser :
  - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps caractéristique ;
  - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur du temps caractéristique.
- 3.3. Lors de la chute verticale d'un solide dans un fluide, le mouvement comporte deux phases :
  - une première phase correspondant au « régime initial » ;
  - une seconde phase correspondant au « régime asymptotique ».

En justifiant la réponse, préciser sans calcul la nature du mouvement du centre d'inertie du solide en chute :

- au cours du régime initial ;
- au cours du régime asymptotique.

### 4. BILAN

Sans étude complémentaire, compte-tenu des expériences réalisées et des réponses aux questions 1.4., 2.2 et 3.2., analyser **pour l'ensemble des trois systèmes étudiés**, chacune des propositions données ci-dessous :

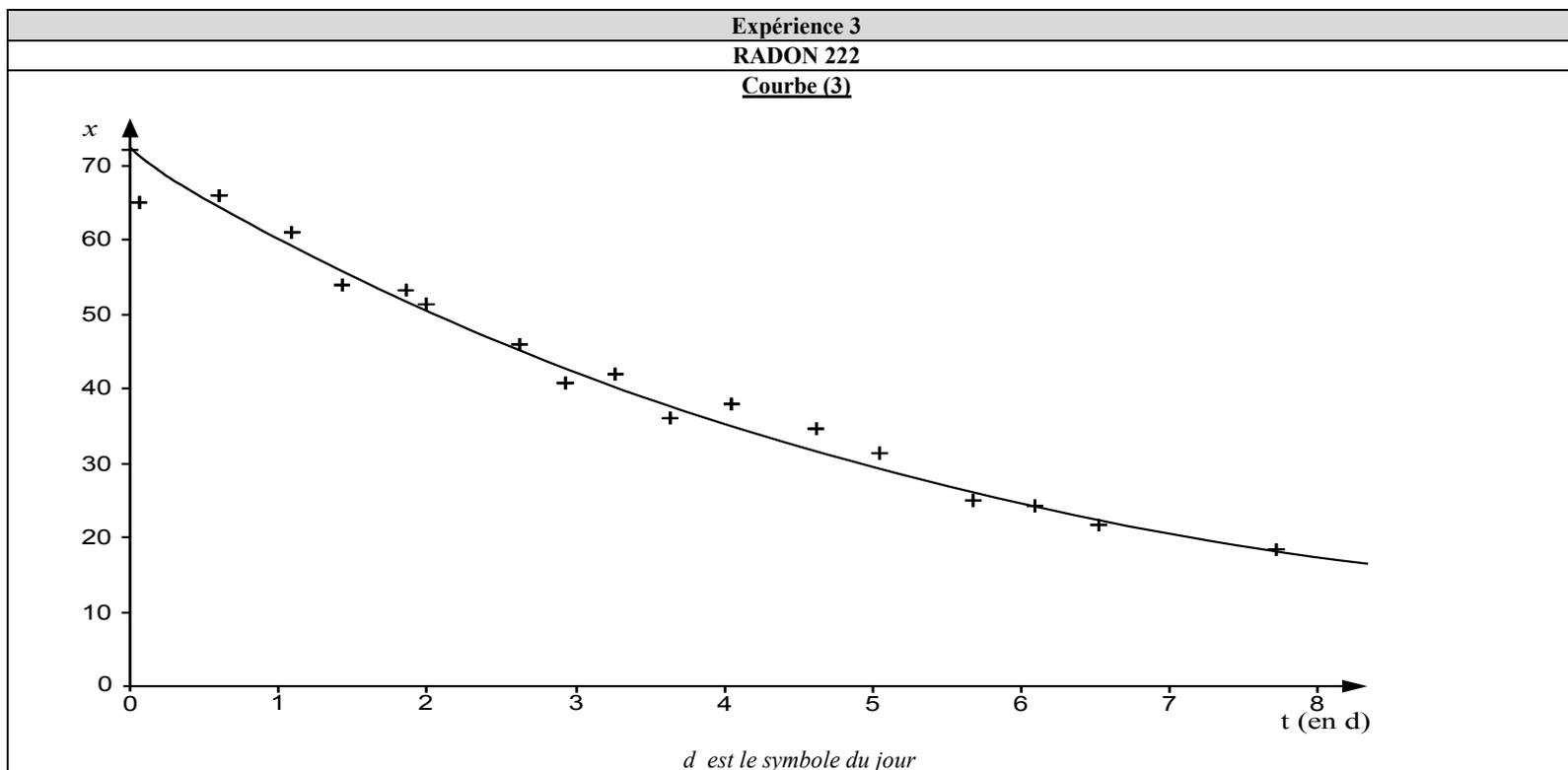
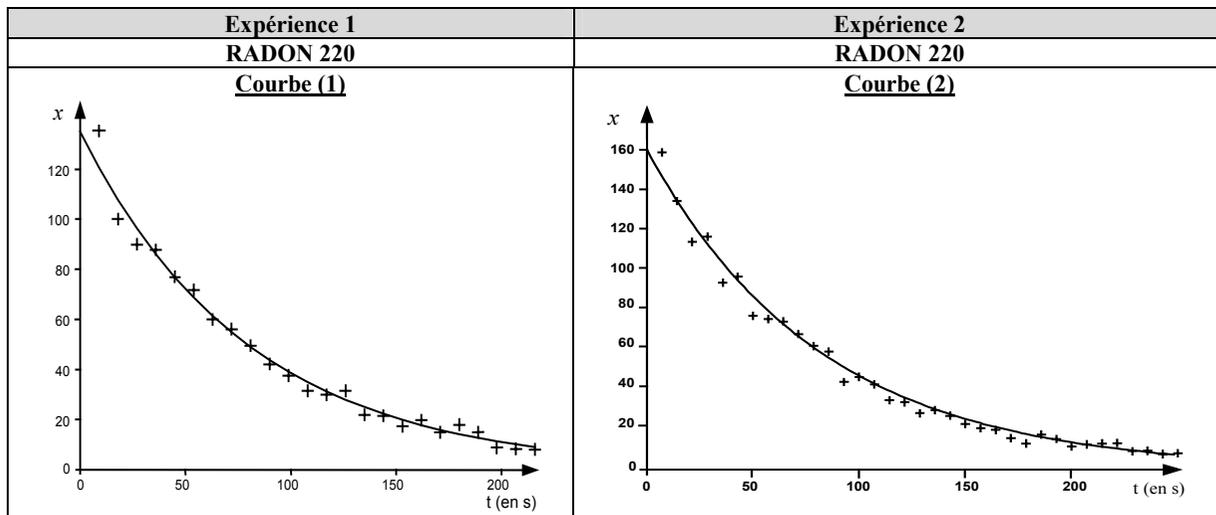
- le temps caractéristique dépend des grandeurs caractéristiques du système (proposition 1) ;
- le temps caractéristique dépend des conditions initiales (proposition 2) ;
- le temps caractéristique dépend des paramètres extérieurs (proposition 3).

Si la proposition est vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition juste.  
Si la proposition n'est pas vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition fausse.

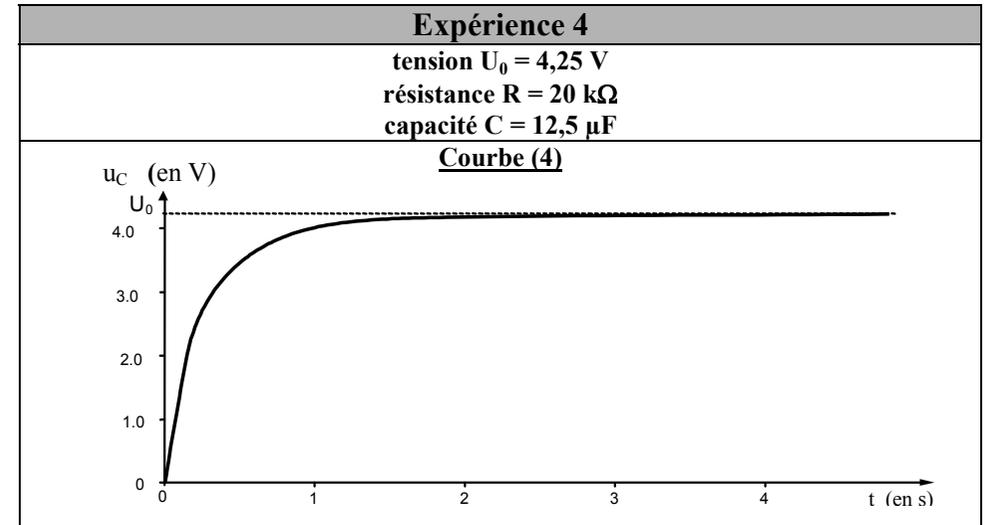
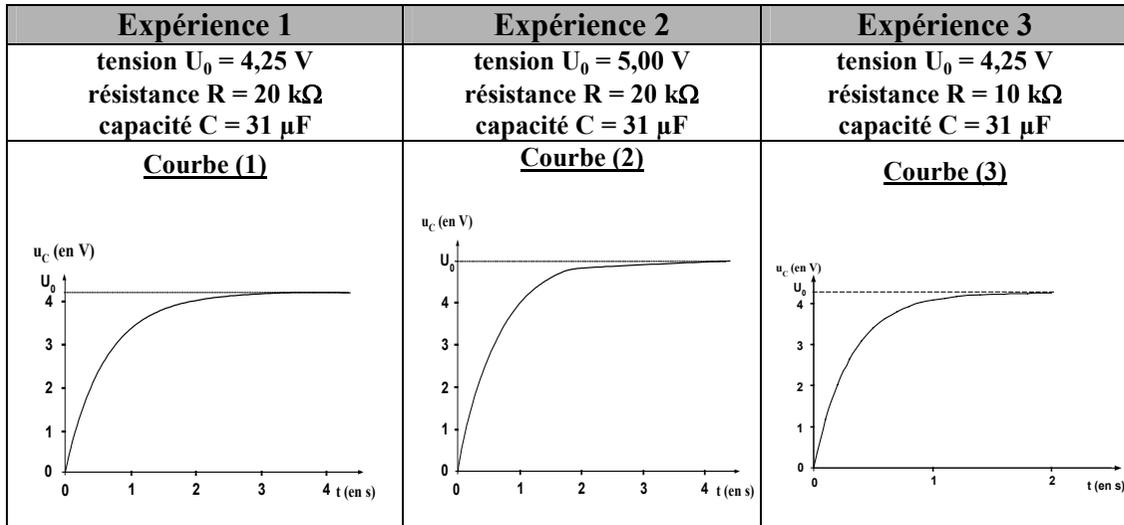
Si les informations données sont insuffisantes pour conclure, on indiquera : informations insuffisantes.

Aucune justification n'est demandée.

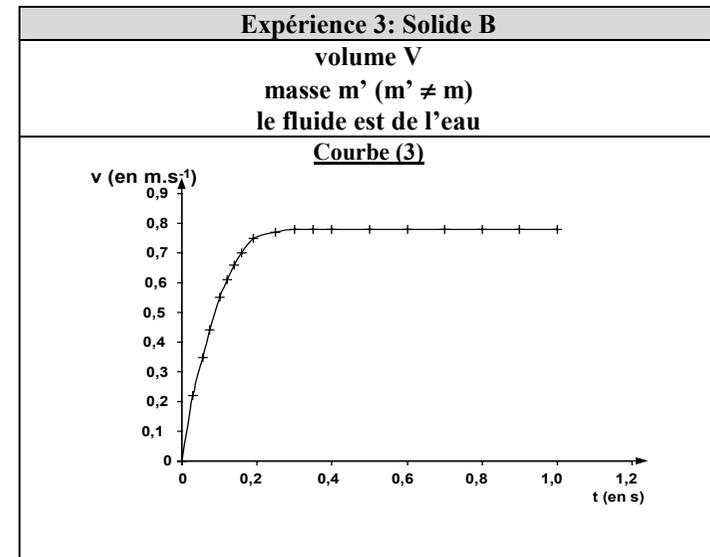
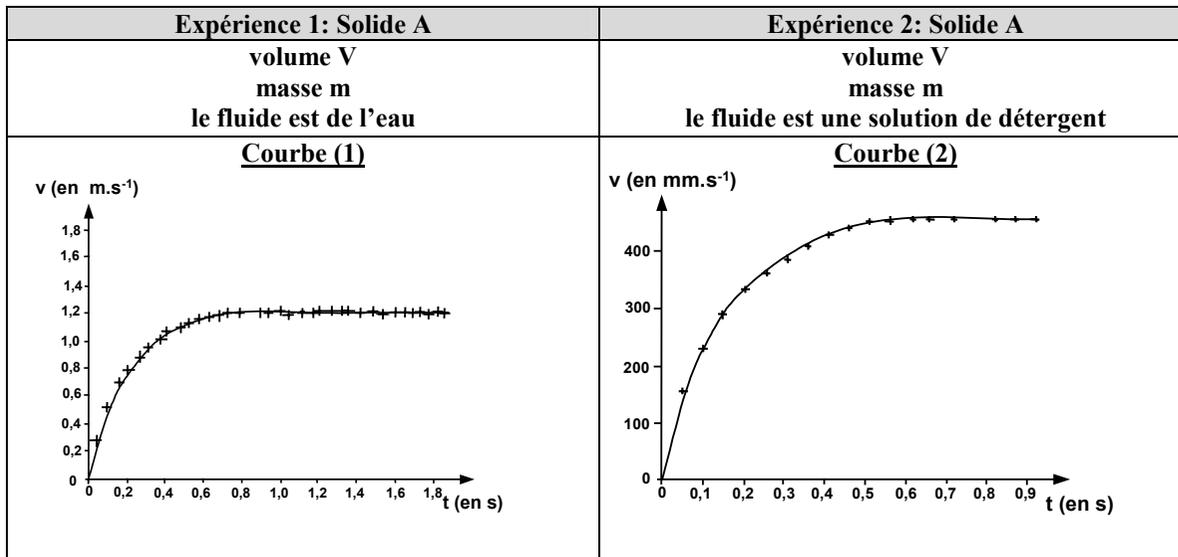
ANNEXE  
EXERCICE III - DECROISSANCE RADIOACTIVE (QUESTION 1)



ANNEXE  
EXERCICE III - CHARGE D'UN CONDENSATEUR A TRAVERS UN CONDUCTEUR OHMIQUE (QUESTION 2)



ANNEXE  
EXERCICE III - CHUTE AVEC FROTTEMENTS (QUESTION 3)



La détermination de l'âge de la Terre a commencé vers le XVI<sup>e</sup> siècle, on l'estimait alors autour de 5 000 ans. Au XIX<sup>e</sup> siècle, des scientifiques admettaient un âge d'environ 100 millions d'années.

La découverte de la radioactivité, par H. Becquerel en 1896, bouleversa toutes les données connues. La datation à l'uranium - plomb permet de déterminer assez précisément l'âge de la Terre.

Nous proposons de comprendre cette technique de datation.

### 1. Étude de la famille uranium 238 – plomb 206

Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. Nous allons étudier ce processus.

(On ne tiendra pas compte de l'émission  $\gamma$ ).

1.1. Dans la première étape, un noyau d'uranium  ${}^{238}_{92}\text{U}$  subit une radioactivité  $\alpha$ . Le noyau fils est du thorium (symbole Th).

1.1.1. Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

1.1.2. Écrire l'équation de la réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.

1.2. Dans la deuxième étape, le noyau de thorium 234 se transforme en un noyau de protactinium  ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ .

L'équation de la réaction nucléaire est :  ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + {}^0_{-1}e$

Préciser, en justifiant, le type de radioactivité correspondant à cette transformation.

1.3. L'équation globale du processus de transformation d'un noyau d'uranium 238 en un noyau de plomb 206 est :  ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + 6 {}^0_{-1}e + 8 {}^4_2\text{He}$

Déterminer, en justifiant, le nombre de désintégrations  $\alpha$  et  $\beta^-$  de ce processus.

### 2. Géochronologie :

On a constaté d'une part, que les minéraux d'une même couche géologique, donc du même âge, contiennent de l'uranium 238 et du plomb 206 en proportions remarquablement constantes, et d'autre part que la quantité de plomb dans un minéral augmente proportionnellement à son âge relatif.

Si on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche ancienne, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium 238.

Étudions un échantillon de roche ancienne dont l'âge, noté  $t_{\text{Terre}}$ , correspond à celui de la Terre.

2.1. On considère la courbe de décroissance radioactive du nombre  $N_{\text{U}}(t)$  de noyaux d'uranium 238 dans un échantillon de roche ancienne. (**VOIR ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**).

2.1.1. Indiquer la quantité initiale  $N_{\text{U}}(0)$  de noyaux d'uranium.

2.1.2. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps  $\tau$  de l'uranium 238 (représenter la construction sur la courbe de l'annexe). En déduire la valeur de sa constante de radioactivité  $\lambda$ .

2.1.3. Donner l'expression de  $N_{\text{U}}(t)$ , nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à la date  $t$ , en fonction de  $N_{\text{U}}(0)$ .

Calculer le nombre de noyaux d'uranium 238 qui restent dans la roche à la date  $t_1 = 1,5 \cdot 10^9$  années. Vérifier graphiquement votre résultat.

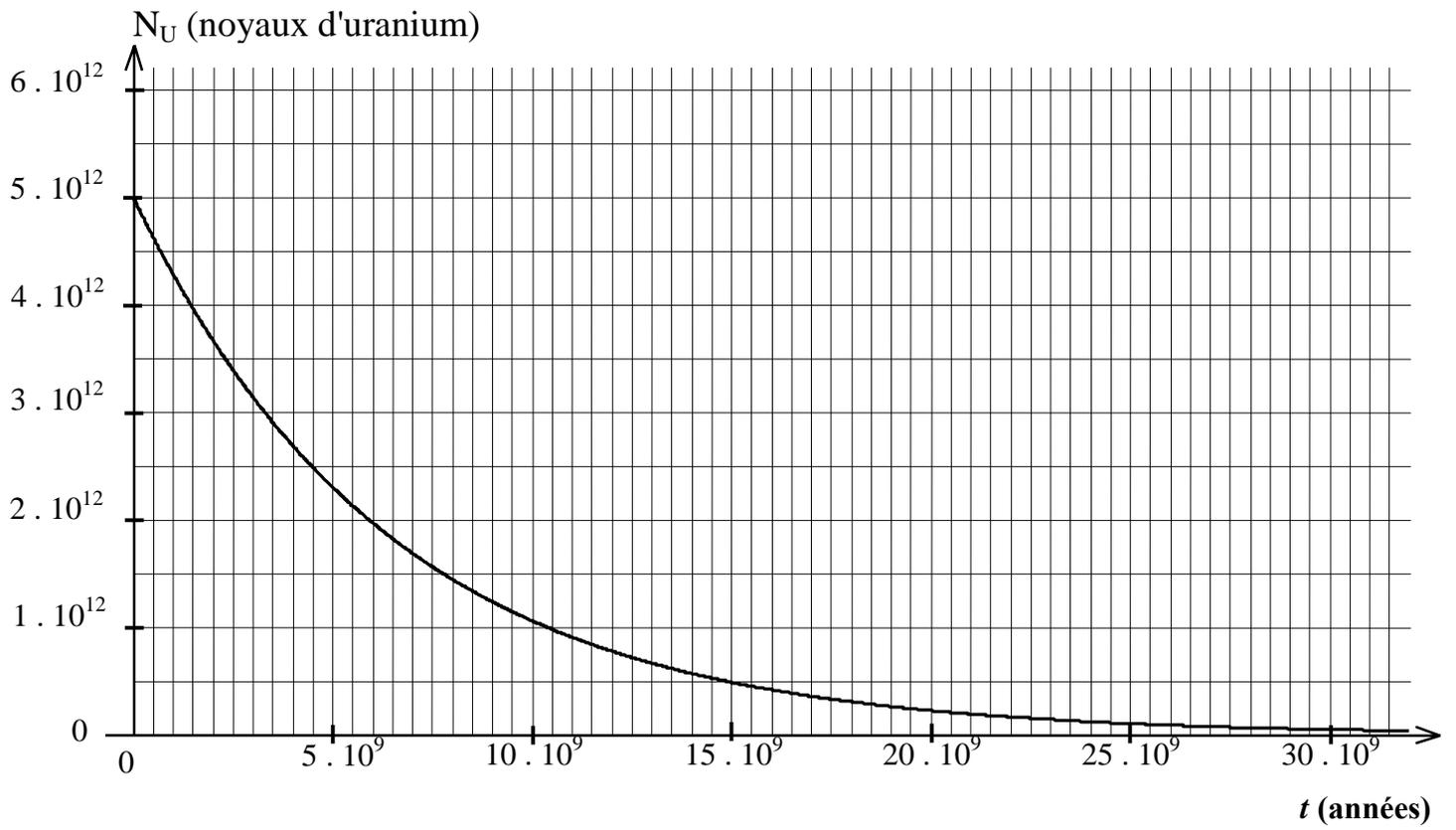
2.1.4. Définir et déterminer graphiquement le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  de l'uranium 238 (représenter la construction sur la courbe de l'annexe).

2.2. La quantité de plomb mesurée dans la roche à la date  $t_{\text{Terre}}$ , notée  $N_{\text{pb}}(t_{\text{Terre}})$ , est égale à  $2,5 \cdot 10^{12}$  atomes.

2.2.1. Établir la relation entre  $N_{\text{U}}(t_{\text{Terre}})$ ,  $N_{\text{U}}(0)$  et  $N_{\text{pb}}(t_{\text{Terre}})$ . Calculer la quantité  $N_{\text{U}}(t_{\text{Terre}})$  de noyaux d'uranium.

2.2.2. Déterminer l'âge  $t_{\text{Terre}}$  de la Terre.

### Courbe de décroissance radioactive de l'uranium 238



On se propose d'identifier deux espèces chimiques acides différentes notées  $HA_1$  et  $HA_2$ , en utilisant quelques mesures mettant en jeu différentes techniques expérimentales.

Tout d'abord, on prépare deux solutions aqueuses  $S_1$  et  $S_2$ , à partir des espèces  $HA_1$  et  $HA_2$  et d'eau distillée, de telle manière que la concentration en soluté apporté soit  $c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  pour chacune d'elles. On considère que la réaction de chaque espèce acide dans l'eau est instantanée.

*Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.*

### 1. Mesure par pH-métrie

1.1. Nous allons tenter de différencier ces deux espèces acides en observant leur action sur l'eau, par l'intermédiaire d'une mesure de pH réalisée dans les mêmes conditions pour chaque solution.

1.1.1. Définir une espèce acide selon Brønsted.

1.1.2. Écrire l'équation qui représente la réaction d'une espèce acide quelconque HA avec l'eau.  
Indiquer les deux couples acide/base mis en jeu à cette occasion.

1.1.3. On néglige toute autre réaction.

Quelle relation a-t-on, dans ces conditions, entre les quantités de matière de  $A^-$  et  $H_3O^+$  ?

1.2. On réalise la mesure du pH, à  $25^\circ\text{C}$ , en utilisant un volume  $V = 200 \text{ mL}$  de chacune des deux solutions  $S_1$  et  $S_2$ . Des mesures précises de pH pour  $S_1$  et  $S_2$  permettent de calculer leurs concentrations effectives en ions oxonium :

$$[H_3O^+]_1 = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ pour } S_1 \quad \text{et} \quad [H_3O^+]_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ pour } S_2$$

1.2.1. Calculer les quantités de matière en ions oxonium,  $n(H_3O^+)_1$  et  $n(H_3O^+)_2$  dans chaque solution.

1.2.2. Calculer la quantité de matière d'acide  $HA_1$  et  $HA_2$ , initialement présente dans les 200 mL de chaque solution avant toute réaction avec l'eau.

1.2.3. Exprimer l'avancement maximal de la réaction et calculer sa valeur en fonction des données.  
Calculer l'avancement final  $x_{f1}$  et  $x_{f2}$  pour la réaction de chaque acide avec l'eau.  
Préciser la signification du taux d'avancement final et calculer  $\tau_1$  et  $\tau_2$  pour chaque réaction.

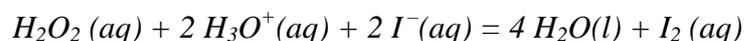
### 2. Suivi spectrophotométrique

L'une des deux réactions précédentes se caractérise par un taux d'avancement final maximal.

Pour identifier précisément l'espèce acide qui participe à cette réaction, on introduit dans les 200 mL de cette solution 4 mL d'une solution de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), de concentration  $c = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

On observe alors l'apparition d'une coloration jaune très pâle qui se renforce progressivement ; cette coloration est caractéristique du diiode en solution aqueuse.

La transformation d'oxydoréduction qui se déroule alors peut être décrite par l'équation suivante :



2.1. Par spectrophotométrie, on établit la courbe qui représente l'évolution de la concentration en diiode formé au cours du temps (**Voir Annexe à rendre avec la copie**), ce qui permet de suivre le déroulement de la réaction.

2.1.1. Tracer les tangentes à la courbe aux points d'abscisse :  $t = 0 \text{ min}$  ;  $t = 20 \text{ min}$  ;  $t = 60 \text{ min}$ .

2.1.2. Indiquer comment varie la vitesse de réaction au cours du temps. Justifier cette évolution.

2.1.3. À quelle date la vitesse de réaction est-elle maximale ?

2.1.4. Donner la définition du temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .

2.1.5. Faire sa détermination graphique sur la courbe donnée en **annexe, à rendre avec la copie**, et indiquer sa valeur.

2.2. La réaction (1) représente une transformation d'oxydoréduction.

2.2.1. Identifier les deux couples oxydant/réducteur mis en jeu dans cette équation.

2.2.2. Écrire les demi-équations correspondantes.

2.2.3. Quelle est l'espèce chimique qui subit une oxydation ?

2.2.4. Identifier l'espèce acide recherchée HA en donnant sa formule.

### 3. Mesure conductimétrique

Pour identifier à présent l'autre acide, on réalise une mesure de conductivité de sa solution ; on immerge la cellule du conductimètre dans les 200 mL de solution utilisée au 1.2. ; on obtient  $\sigma_{\text{exp.}} = 53,4 \text{ mS.m}^{-1}$ .

La conductivité d'une solution est liée à la concentration effective des espèces chargées en solution par la relation suivante :

$$\sigma = (\lambda_{X^+} \cdot [X^+] + \lambda_{Y^-} \cdot [Y^-])$$

$\swarrow$   $\text{mS.m}^{-1}$        $\swarrow$   $\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$        $\swarrow$   $\text{mol.m}^{-3}$

(pour une solution contenant les ions  $X^+$  et  $Y^-$ )

3.1. Exprimer cette relation pour la solution acide étudiée, en considérant uniquement les ions formés après réaction de l'espèce acide avec l'eau.

3.2. En utilisant le résultat du 1.1.3., exprimer la conductivité molaire ionique  $\lambda(A^-)$  de la base conjuguée de l'espèce acide, en fonction des autres grandeurs,  $\sigma$ ,  $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+)$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ .

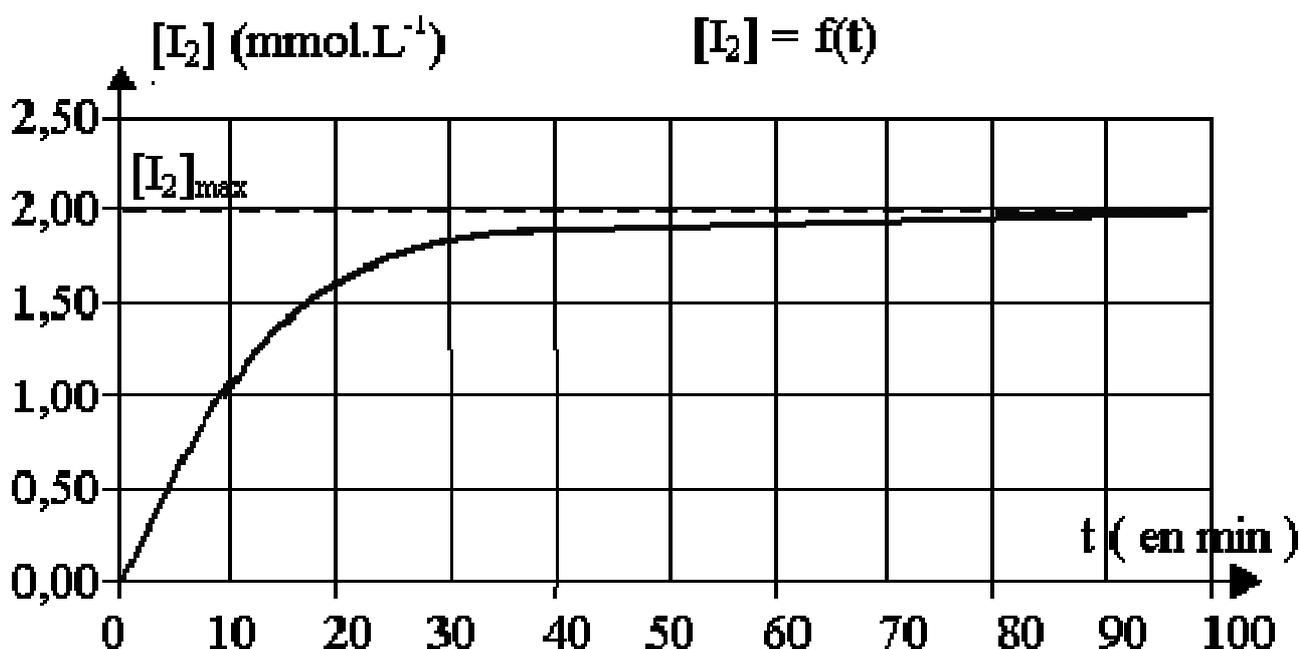
Calculer sa valeur (utiliser les valeurs données en 1.2.).

3.3. En considérant les valeurs de conductivités molaires ioniques du tableau ci-dessous, identifier la nature de la base conjuguée présente en solution.

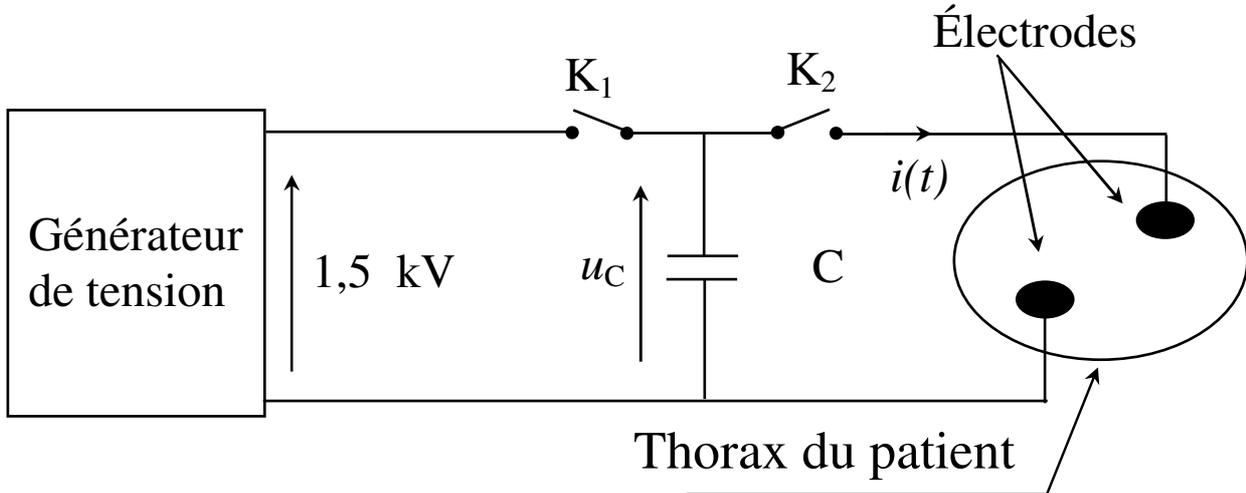
Donner la formule du deuxième acide recherché.

Formule de l'ion	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{HCOO}^-$	$\text{HO}^-$	$\text{CN}^-$
$\lambda \text{ (mS.m}^2.\text{mol}^{-1}\text{)}$	35,0	7,14	5,46	19,9	7,80

### ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



Le défibrillateur cardiaque est un appareil utilisé en médecine d'urgence. Il permet d'appliquer un choc électrique sur le thorax d'un patient, dont les fibres musculaires du cœur se contractent de façon désordonnée (fibrillation). Le défibrillateur cardiaque peut être représenté de façon simplifiée par le schéma suivant :



La capacité du condensateur  $C$  est de  $470 \mu F$ .

Le thorax du patient sera assimilé à un conducteur ohmique de résistance  $R = 50 \Omega$ .

### 1. Phase A

Lors de la mise en fonction du défibrillateur, le manipulateur obtient la charge du condensateur  $C$  (initialement déchargé) en fermant l'interrupteur  $K_1$  ( $K_2$  étant ouvert).

- 1.1. Quel est, parmi les documents présentés en annexe (à rendre avec la copie), celui qui correspond à cette phase du processus ? Justifier.
- 1.2. En utilisant ce document, déterminer par la méthode de votre choix, la constante de temps  $\tau$  du circuit lors de cette même phase (le document sera rendu avec la copie).
- 1.3. Quelle est la valeur maximale  $W_{\max}$  de l'énergie que peut stocker le condensateur  $C$  ? Faire une application numérique.
- 1.4. Si l'on considère qu'un condensateur est chargé lorsque la tension entre ses bornes atteint 97 % de la tension maximale, au bout de quelle durée  $\Delta t$  le condensateur sera-t-il chargé ?
- 1.5. Comparer cette durée à la valeur habituellement admise de  $5 \cdot \tau$ .

## 2. Phase B

Dès que le condensateur  $C$  est chargé le manipulateur peut envoyer le choc électrique en connectant le condensateur aux électrodes posées sur le thorax du patient. Il choisit alors le niveau d'énergie du choc électrique qui sera administré au patient, par exemple  $W = 400 \text{ J}$ .

À la date initiale  $t_0$  le manipulateur ferme l'interrupteur  $K_2$  ( $K_1$  ouvert) ce qui provoque la décharge partielle du condensateur ; la décharge est automatiquement arrêtée dès que l'énergie choisie a été délivrée. Au cours de l'application du choc électrique la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur varie selon l'expression suivante :

$$u_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

**2.1.** Déterminer les valeurs numériques de  $A$  et de  $RC$ . Préciser les unités.

**2.2.** Quelle relation lie l'intensité  $i(t)$  du courant de décharge et la charge électrique  $q(t)$  portée par l'armature positive du condensateur ?

**2.3.** Quelle relation lie la tension  $u_C(t)$  et la charge électrique  $q(t)$  ?

**2.4.** En déduire que l'expression de  $i(t)$  est de la forme :  $i(t) = B \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$   
Exprimer  $B$  en fonction des constantes  $A$ ,  $R$  et  $C$ .

**2.5.** À quelle date l'intensité du courant est-elle maximale ?  
Calculer la valeur absolue de cette intensité.  
Cette valeur dépend-t-elle de la capacité du condensateur ?

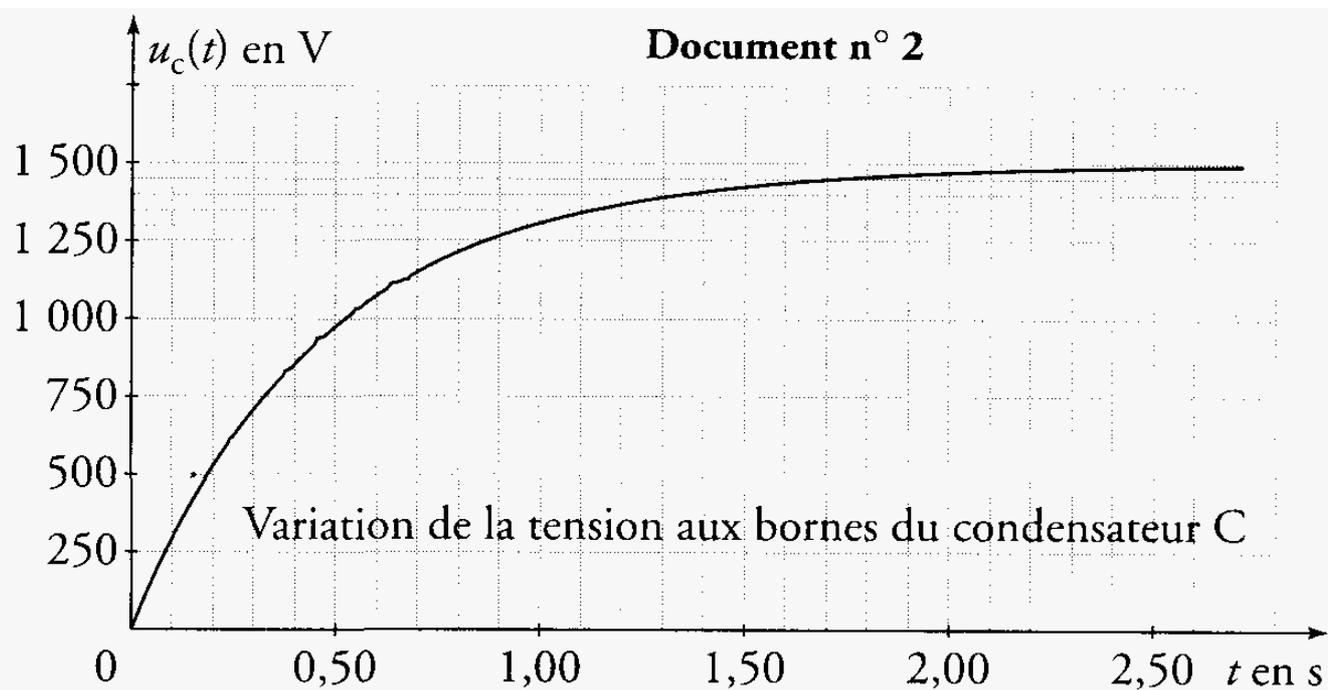
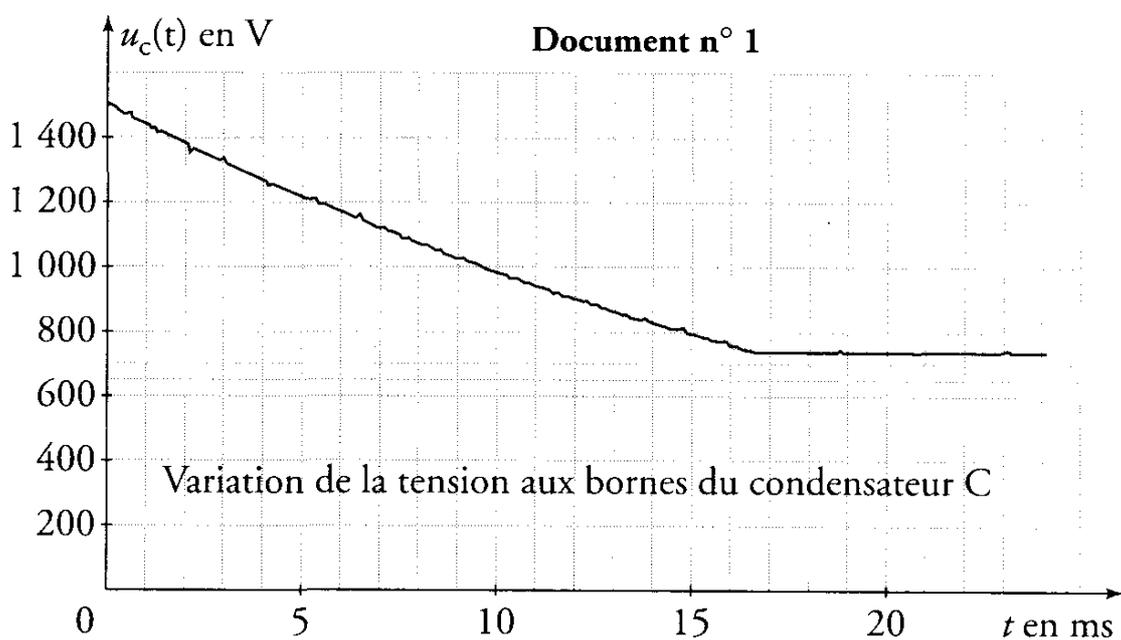
## 3. Phase C

La décharge s'arrête dès que l'énergie électrique  $W_p$  de  $400 \text{ J}$ , initialement choisie, a été délivrée.

**3.1.** Déterminer graphiquement, en utilisant l'un des documents en annexe, la date  $t_1$  à laquelle la décharge partielle du condensateur est arrêtée.  
Calculer la valeur de la tension  $u_C(t_1)$  à cette date.  
Vérifier graphiquement cette valeur.

**3.2.** En s'appuyant sur la variation de l'énergie du condensateur entre les dates  $t_0$  et  $t_1$  retrouver la valeur de la tension  $u_C(t_1)$ .

ANNEXE



# BACCALAUREAT GENERAL

SESSION 2003

EPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE - Série S**

DUREE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 - COEFFICIENT : 6

## ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

*L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ*

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9, y compris celle-ci.

**L'annexe page 9 est à rendre avec la copie.**

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

- I. Autour d'une transformation dans le domaine de l'oxydoréduction. (6,5 points)
- II. Le condensateur dans tous ses états. (5,5 points)
- III. Étude d'un texte sur les ondes. (4 points)

# I – AUTOUR D'UNE TRANSFORMATION DANS LE DOMAINE DE L'OXYDOREDUCTION (6,5 points)

## Données :

- Réaction entre le métal cuivre et l'ion argent (I)  
Équation :  $2 \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) = 2 \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$   
Constante d'équilibre associée :  $K = 2,2 \cdot 10^{15}$
- Couleur des ions en solution :  $\text{Ag}^+(\text{aq})$  incolore  
 $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  incolore  
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  bleue
- Unités : 1 Faraday =  $96,5 \cdot 10^3 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  
1 A.h =  $3,6 \cdot 10^3 \text{ C}$ .
- Masse molaire du cuivre :  $63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- Définition : La capacité, notée  $\chi$ , d'une pile est la quantité maximale d'électricité qu'elle peut fournir avant d'être usée.

## A - Étude d'une réaction d'oxydoréduction lorsque les deux réactifs sont directement en contact

1. Un becher contient un volume  $V_1 = 20 \text{ mL}$  de solution de nitrate d'argent de concentration  $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
On ajoute  $V_2 = 20 \text{ mL}$  de solution de nitrate de cuivre de concentration  $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
On obtient une solution dans laquelle coexistent les ions  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{NO}_3^-$ .  
Calculer les concentrations initiales des  $[\text{Ag}^+]_i$  et  $[\text{Cu}^{2+}]_i$  dans le becher.
2. On plonge ensuite dans le becher un fil de cuivre et un fil d'argent bien décapés.
  - 2.1 Ecrire l'expression littérale du quotient de réaction  $Q_r$  correspondant à la réaction dont l'équation est écrite dans les données ci-dessus.
  - 2.2 Calculer la valeur notée  $Q_{r,i}$  du quotient de réaction dans l'état initial du système.
  - 2.3 Pourquoi peut-on en déduire que le système évolue spontanément dans le sens direct de l'équation ?
  - 2.4 Quelle observation expérimentale devrait, après quelques minutes, venir confirmer le sens d'évolution de la transformation ?
  - 2.5 Le cuivre est en excès. Lorsque le système a atteint son état d'équilibre, la concentration en  $\text{Cu}^{2+}$  est de  $5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Montrer que les ions  $\text{Ag}^+$  sont à l'état de trace en calculant leur concentration.  
Conclure sur le caractère de la transformation.

## B - Constitution et étude d'une pile.

On dispose du matériel suivant :

- Un petit becher contenant un volume  $V_1 = 20$  mL de solution de nitrate d'argent de concentration  $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-1}$  mol.L<sup>-1</sup>.
- Un petit becher contenant un volume  $V_2 = 20$  mL de solution de nitrate de cuivre de concentration  $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>.
- Un fil de cuivre, de masse  $m = 1,0$  g et un fil d'argent, bien décapés et équipés d'un dispositif de connexion électrique.
- Un pont salin contenant une solution ionique saturée de nitrate de potassium.

1. Faire un schéma annoté de la pile qu'il est possible de constituer à partir du matériel disponible.

2. Un ampèremètre en série avec un conducteur ohmique de résistance  $R = 100 \Omega$  est placé entre les bornes de la pile. Le conducteur ohmique est parcouru par un courant de très faible intensité dans le sens de l'argent vers le cuivre.

2.1. En déduire le sens de circulation des électrons dans le conducteur ohmique.

2.2. Interpréter alors le fonctionnement de la pile en écrivant les deux demi-équations aux électrodes.

2.3. Le sens de la réaction spontanée est-il en accord avec celui déterminé dans la partie A question 2.1 ?

2.4. Quel(s) rôle(s) joue le pont salin ? Indiquer sur votre schéma le mouvement des porteurs de charge dans le pont.

3. On laisse fonctionner le système pendant une durée suffisamment longue pour que la pile ne débite plus.

3.1. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système (tableau d'avancement de la transformation).

3.2. Quel est le réactif limitant ?

3.3. Quelle est la concentration en ion cuivre (II) en fin de réaction ?

3.4. Déterminer la quantité d'électricité qui a traversé la résistance depuis l'instant où la pile a commencé à débiter jusqu'à l'instant où la pile s'arrête de fonctionner.

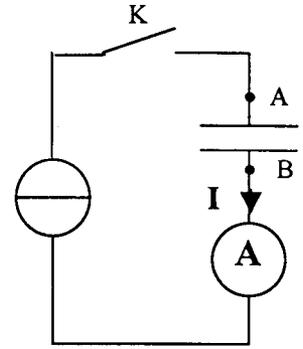
3.5. En déduire la valeur de la capacité  $\chi$  de cette pile exprimée en A.h.

## II – LE CONDENSATEUR DANS TOUS SES ÉTATS (6,5 points)

Cet exercice se propose d'étudier le comportement d'un condensateur.

### 1<sup>ère</sup> partie

On réalise le circuit ci-contre (*schéma n° 1*) constitué d'un générateur de courant, d'un condensateur, d'un ampèremètre, et d'un interrupteur. Le condensateur est préalablement déchargé, et à la date  $t = 0$  s, on ferme l'interrupteur K. L'ampèremètre indique alors une valeur constante pour l'intensité  $I = 12 \mu\text{A}$ .

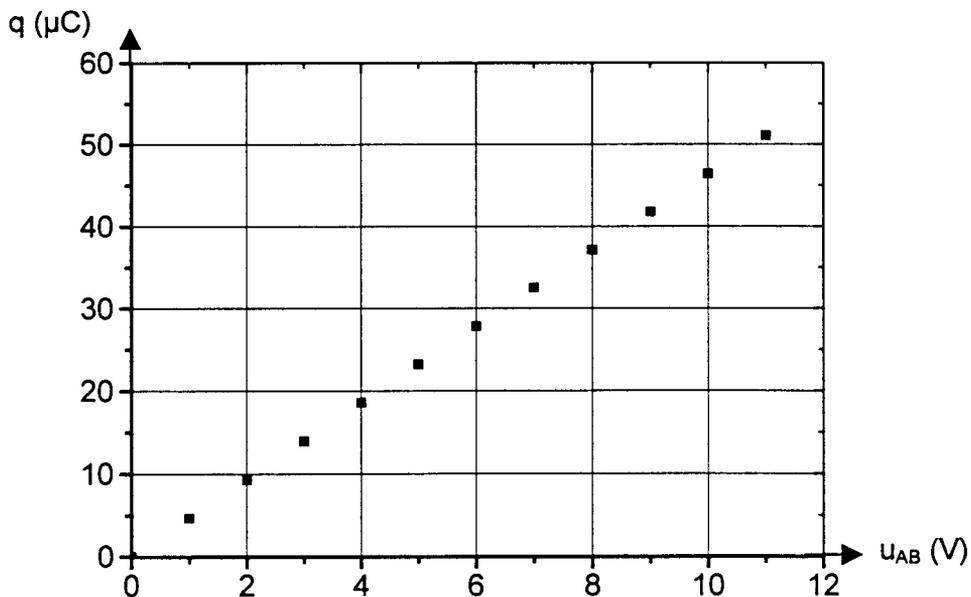


*Schéma n° 1*

t (s)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$U_{AB}$ (V)	0,00	1,32	2,64	4,00	5,35	6,70	7,98	9,20	10,6

### Questions

- 1.1 Rappeler la relation permettant de calculer la charge  $q$  du condensateur en fonction de  $I$ . Calculer  $q$  à la date  $t = 3,0$  s.
- 1.2 On a représenté (*graphe n° 1*) la courbe donnant la charge  $q$  du condensateur en fonction de  $U_{AB}$ . Déterminer à partir de cette dernière, par une méthode que l'on explicitera, la valeur de la capacité  $C$  du condensateur.
- 1.3 La valeur indiquée par le constructeur est  $C = 4,7 \mu\text{F}$  à 10 % près. La valeur obtenue est-elle en accord avec la tolérance du constructeur ?



*graphe n° 1*

## 2<sup>ème</sup> partie

On étudie maintenant la charge et la décharge d'un condensateur à travers un conducteur ohmique. Pour cela on réalise le montage suivant (*schéma n° 2*). Le condensateur est initialement déchargé, et à la date  $t = 0$  s, on bascule l'interrupteur en position 1.

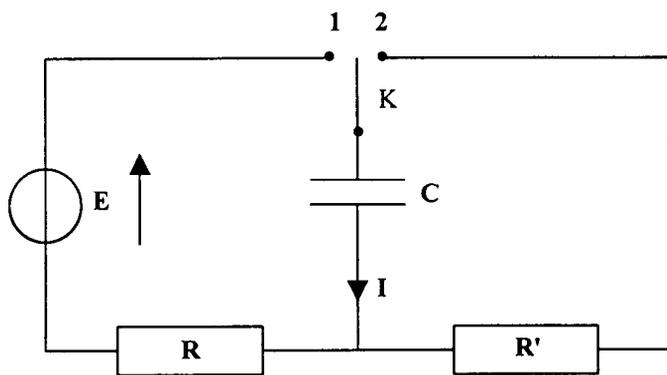


Schéma n° 2

Données :  $R = 2,2 \text{ k}\Omega$  ;  $C = 4,7 \text{ }\mu\text{F}$  ;  $R' = 10 \text{ k}\Omega$ .

### Questions

2.1 Établir l'équation différentielle  $E = RC \frac{du_c}{dt} + u_c$  vérifiée par la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur pendant la phase de charge.

2.2 La solution analytique de cette équation est de la forme :  $u_c = A(1 - e^{-\alpha t})$ , compte tenu de la condition initiale relative à la charge du condensateur.

En vérifiant que cette expression est solution de l'équation différentielle, identifier  $A$  et  $\alpha$  en fonction de  $E$ ,  $R$ ,  $C$ .

2.3 A partir du graphe n° 2, déterminer la valeur  $E$ .

2.4 La méthode d'Euler permet de calculer, pas à pas, les valeurs de  $u_c$  et de  $\left(\frac{du_c}{dt}\right)$  à intervalles de temps réguliers choisis  $\Delta t$ . Si  $\Delta t$  est considéré comme

suffisamment petit dans le cadre de l'expérience, on peut écrire :

$$u_c(t + \Delta t) = u_c(t) + \left(\frac{du_c}{dt}\right)_t \times \Delta t. \text{ On choisit } \Delta t = 1 \text{ ms.}$$

a) A l'aide de l'équation différentielle établie à la question 2.1, déterminer la valeur initiale de la dérivée notée :  $\left(\frac{du_c}{dt}\right)_0$ .

b) En appliquant la méthode d'Euler, compléter le tableau suivant (à refaire sur la copie) :

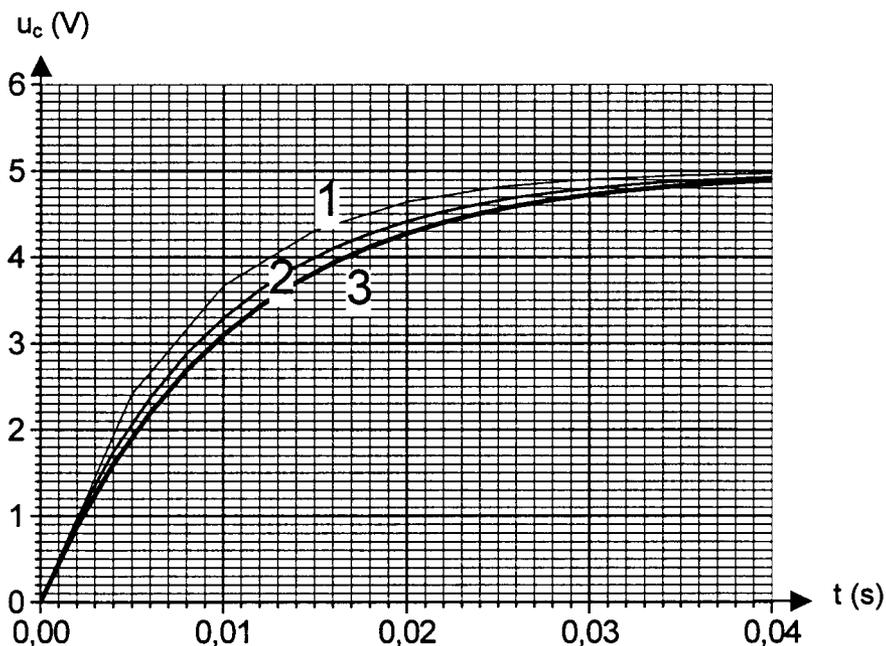
t (ms)	0	1	2	3
$u_c(t)$ (...)	0			
$\frac{du_c}{dt}$ (...)				

**2.5** Sur le graphe 2, on a représenté trois courbes :

- Courbe n° 1 : courbe obtenue par la méthode d'Euler avec un pas  $\Delta t = 5$  ms,
- Courbe n° 2 : courbe obtenue par la méthode d'Euler avec un pas  $\Delta t = 2$  ms,
- Courbe n° 3 : représentation de la solution analytique de l'équation différentielle.

- Quelle est l'influence du pas  $\Delta t$ , utilisé dans la méthode d'Euler ?
- Quels sont les avantages et les inconvénients d'avoir un  $\Delta t$  très grand ou très petit ?
- Qu'entend-on à la question 2.4, par "Si  $\Delta t$  est considéré comme suffisamment petit dans le cadre de l'expérience" ?

**2.6** Définir la constante de temps du circuit. Déterminer sa valeur à partir du graphe n° 2 par une méthode que l'on explicitera. En déduire une nouvelle valeur expérimentale de C et la comparer à la valeur nominale.



graphe n° 2

**2.7** On bascule alors l'inverseur en position 2. En justifiant, répondre par vrai ou faux aux affirmations suivantes :

- La durée de la décharge du condensateur est supérieure à celle de la charge.
- La constante de temps du circuit lors de la décharge est égale à  $(R + R')$ .C.

### III – ETUDE D' UN TEXTE SUR LES ONDES (4 points)

Le texte ci-dessous est composé d'extraits d'un cours d'océanographie, que l'on peut découvrir sur le site web de l'IFREMER (édité par son laboratoire de physique des océans) : " Les ondes dans l'océan ".

En océanographie, les ondes de surface se matérialisent par une déformation de l'interface entre océan et atmosphère. Les particules d'eau mises en mouvement au passage d'une onde se déplacent avec un petit mouvement qui leur est propre, mais restent en moyenne à la même position.

La houle est formée par le vent : c'est un phénomène périodique, se présentant sous l'aspect de vagues parallèles avec une longueur d'onde  $\lambda$  de l'ordre de 100 m au large, où la profondeur moyenne de l'océan est d'environ 4000 m.

On peut classer les ondes de surface, en fonction de leurs caractéristiques et de celles du milieu de propagation, en « ondes courtes » et en « ondes longues ».

- Ondes courtes : lorsque la longueur d'onde  $\lambda$  est faible par rapport à la profondeur locale  $h$  de l'océan (au moins  $\lambda < 0,5.h$ ).

Leur célérité  $v$  est définie par :  $v = \sqrt{\frac{g.\lambda}{2\pi}}$ .

- Ondes longues : lorsque la longueur d'onde  $\lambda$  est très grande par rapport à la profondeur  $h$  de l'océan ( $\lambda > 10.h$ ), les ondes sont appelées ondes longues.

Leur célérité  $v$  est définie par :  $v = \sqrt{g.h}$ .

(Note :  $g$  est l'intensité du champ de pesanteur terrestre ; on prendra  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ ).

#### I - Questions sur le texte.

A propos de la houle.

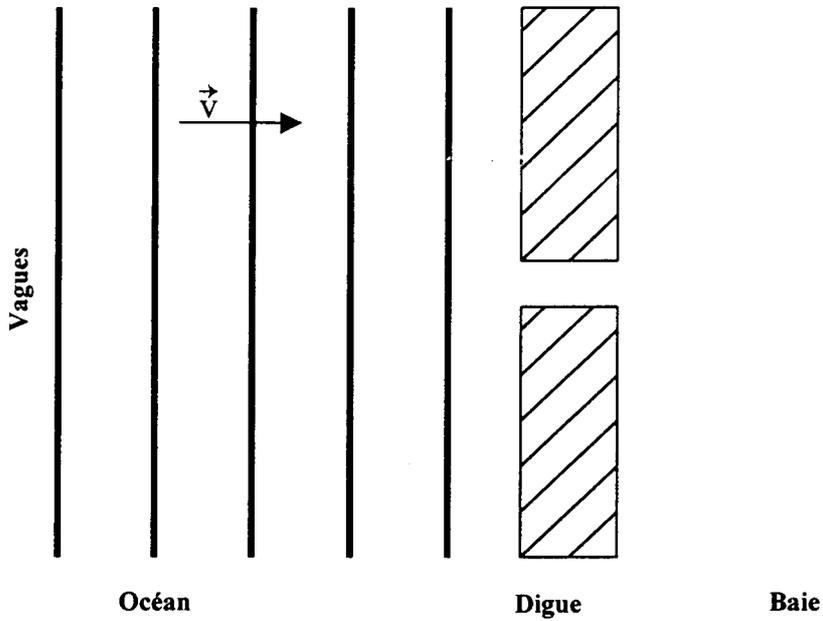
1. Au large (avec  $h_1 = 4000 \text{ m}$ ), la houle est-elle classée en ondes courtes ou longues ? Evaluer la célérité  $v_1$  d'une houle de longueur d'onde  $\lambda_1 = 80 \text{ m}$ , ainsi que la période  $T$  de ses vagues.
2. En arrivant près d'une côte sablonneuse (profondeur d'eau  $h_2 = 3 \text{ m}$ ), la longueur d'onde de la houle devient grande par rapport à la profondeur, elle rentre donc dans la catégorie des ondes longues. Sachant que sa période  $T$  ne varie pas, évaluer alors sa nouvelle célérité  $v_2$ , ainsi que sa longueur d'onde  $\lambda_2$ .
3. Sur ces fonds ( $h_2 = 3 \text{ m}$ ), les vagues de houle arrivent parallèlement à une digue rectiligne, coupée par un chenal de 30 m de large, et qui ferme une assez vaste baie. Le vent local étant nul, que peut-on observer sur une vue aérienne de ce site, derrière la digue, coté terre ? Dessiner l'aspect de la surface de l'eau (vagues), sur la **figure A (annexe page 9 à rendre avec la copie)**, de façon réaliste ; Quel nom porte le phénomène observé ? Avec quelles autres ondes (non mécaniques) peut-on observer le même phénomène ?

II - Au laboratoire du lycée, on veut compléter l'étude d'ondes analogues à la houle (en eaux peu profondes). On utilise une « cuve à ondes ». Avec une webcam, on enregistre des vidéos de l'aspect de la surface de l'eau (en projection sur le verre dépoli vertical de la cuve). On traite ces vidéos à l'aide d'un logiciel adapté.

Dans un plan vertical, un vibreur anime d'un mouvement périodique (de période  $T$ ), une réglette qui génère des vagues rectilignes parallèles, se propageant (sans réflexion) sur l'eau de la cuve, à la célérité  $v$ . La profondeur  $h$  de l'eau est faible et constante. La webcam prend des images à des instants  $t$ , successifs séparés par  $\Theta = 1 / 30 \text{ s} = 0,033 \text{ s}$ .

1. Selon la direction de propagation des ondes (axe  $xx'$ ), on pointe sur des vues successives un même sommet de ride (ligne brillante sur le dépoli) ; On obtient, après étalonnage des distances, le tableau de mesures : **document B, annexe page 9**.
  - a) Tracer sur le papier millimétré du **document C (annexe page 9 à rendre avec la copie)** le graphe de  $x$  en fonction de  $t$ . En déduire la célérité  $v$  de cette onde. Est-elle constante ?
  - b) Sur l'une des vues du film, on pointe (selon  $xx'$ ) les sommets de la ride n° 1 et de la ride n° 4. La distance entre ces deux sommets est  $d = 0,088 \text{ m}$ . D'autre part, une étude en lumière stroboscopique a permis de déterminer la fréquence  $f$  du vibreur :  $8 \text{ Hz} < f < 9 \text{ Hz}$ .
    - Évaluer la longueur d'onde  $\lambda$  de ces ondes.
    - Les valeurs calculées de  $v$  et  $\lambda$  sont-elles en accord avec  $f$  donnée par le stroboscope ?
2. Les ondes émises par le vibreur sont transversales, pratiquement sinusoïdales. On néglige le phénomène de dispersion. A un instant  $t$ , une vue en coupe (dans un plan vertical) de la surface de l'eau présente l'aspect reproduit sur le **document D (annexe page 9 à rendre avec la copie)**. (S est le point source, M est le front d'onde).
  - a) Exprimer, en fonction de la période  $T$  des ondes, le retard  $\tau$  que présente le mouvement du point M, par rapport au mouvement de S (expression littérale demandée).
  - b) A l'instant suivant, le point M se déplace :
    - Verticalement vers le haut ?
    - Verticalement vers le bas ?
    - Horizontalement vers la gauche ?
    - Horizontalement vers la droite ?Justifier votre réponse.
3. Sans rien modifier d'autre, on règle la fréquence du vibreur à  $f' = 19 \text{ Hz}$ . La mesure de la célérité des ondes donne alors :  $v' = 0,263 \text{ m.s}^{-1}$ . Comparer cette célérité à celle trouvée au 1.a). De quel phénomène, négligé jusqu'ici, la différence entre  $v$  et  $v'$  est-elle la manifestation ? Ce phénomène est-il présenté par des ondes non mécaniques ? Lesquelles ? Citer une application.

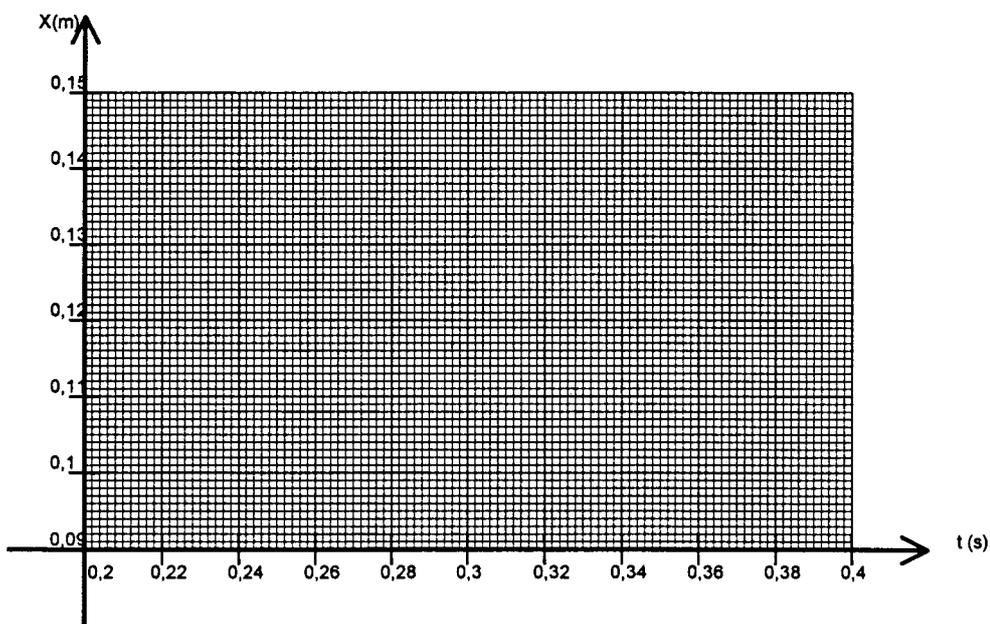
# EXERCICE III : ANNEXE à rendre avec la copie



t(s)	x(m)
0,200	0,098
0,233	0,105
0,267	0,114
0,300	0,122
0,333	0,130
0,367	0,138
0,400	0,147

**Document B**

**Document A**



**Document C**



**Document D**

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

## 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 AVEC  
calculatrice

**L'usage des calculatrices EST 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. Le radon : un danger méconnu (4 points)
- II. Le grand saut : une chute libre ? (5,5 points)
- III. Hémisynthèse de l'aspirine au laboratoire (6,5 points)

## I. LE RADON : UN DANGER MÉCONNU (4 points)

*L'une des principales sources d'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants est un élément radioactif naturel, désigné par les scientifiques sous le nom de « radon 222 ».*

*Cet isotope du radon appartient à la filiation radioactive de « l'uranium 238 ». Il se désintègre lui-même en émettant des particules  $\alpha$  (alpha). Sa demi-vie est de 3,8 jours. On ne l'observerait pas dans notre environnement s'il ne s'en formait pas en permanence.*

*Le radon est le seul des descendants de l'uranium à être gazeux, ce qui lui permet de passer dans l'atmosphère en s'échappant des roches du sous-sol. Il peut donc s'infiltrer dans la moindre fissure des constructions et s'accumuler dans les pièces non aérées, comme les caves et les sous-sols.*

*On estime qu'en France, le radon est responsable de 34 % de l'exposition totale de la population à la radioactivité. Cette exposition varie beaucoup d'un endroit à l'autre : on a mesuré, par exemple, quelques dizaines de becquerels par mètre cube à Paris et quelques centaines en Lozère. Les sols granitiques, plus riches en uranium, libèrent davantage de radon que les sols sédimentaires.*

*Au danger du radon s'ajoute celui de ses descendants solides qui, inhalés avec lui sous forme de poussières, émettent des rayonnements ionisants. Ainsi, le radon, associé à d'autres facteurs comme le tabac, serait lié à 185 cas de décès par cancer du poumon en Bretagne !*

*La première parade contre le radon est une bonne ventilation. D'autre part, des normes sont définies, en particulier dans la construction, pour limiter les risques d'exposition : ainsi l'Union européenne préconise la mise en place d'actions correctives lorsque l'activité volumique moyenne dépasse 400 becquerels par mètre cube.*

*D'après des informations de l'Institut de protection et de sécurité nucléaire.*

### Données :

*Le tableau suivant donne le numéro atomique, le symbole et le nom de quelques éléments chimiques.*

Z	83	84	85	86	87	88	89
Symbole	Bi	Po	Ac	Rn	Fr	Ra	Ac
Nom	bismuth	polonium	actinium	radon	francium	radium	actinium

### 1. La désintégration du « radon 222 »

1.1. Donner la composition du noyau de l'isotope  $^{222}_{86}\text{Rn}$  du radon.

1.2. En vous servant des informations du texte encadré et de l'extrait de la classification périodique, écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la désintégration du « radon 222 ». On rappellera les lois de conservation utilisées et on supposera que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité.

1.3. Expliquer brièvement pourquoi l'état gazeux du radon le rend dangereux.

### 2. Qualité de l'air dans une cave

*Un technicien est chargé de vérifier la qualité de l'air contenu dans une cave.*

2.1. Pour cela, après avoir réalisé le vide dans une fiole, le technicien prélève, dans cette fiole, le gaz contenu dans la cave d'une habitation. La fiole est introduite dans un appareil qui compte un nombre d'événements proportionnel au nombre de noyaux désintégrés.

On supposera que le seul gaz radioactif contenu dans la fiole est le « radon 222 ». Le temps de comptage est fixé à 50 s. L'opération de comptage est répétée 20 fois successivement et l'ensemble dure moins d'une heure. Les résultats, ramenés à une seconde, sont regroupés dans le tableau suivant :

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n = nombre d'événements détectés par seconde	5	8	9	1	12	8	14	9	12	4
Mesure n°	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n = nombre d'événements détectés par seconde	9	8	6	9	10	4	9	8	10	6

2.1.1. Le temps de demi-vie du radon est très supérieur à la durée de l'expérience. Pourquoi le nombre d'événements détectés par seconde varie-t-il ?

2.1.2. Calculer la moyenne  $\bar{n}$  et l'écart-type  $\sigma$  de cette série de mesures.

2.2. On montre que l'activité moyenne  $\bar{A}$  de ce gaz, exprimée en becquerel par mètre cube ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ), est proportionnelle à  $\bar{n}$  :

$$\bar{A} = k \cdot \bar{n} \quad \text{avec } k = 80 \quad k \text{ est un coefficient qui dépend de l'appareillage utilisé.}$$

2.2.1. Calculer l'activité moyenne du gaz prélevé en  $\text{Bq.m}^{-3}$ .

2.2.2. Après cette étude, quelles vont être les conclusions du technicien sur la qualité de l'air dans la cave, d'après le texte encadré en début d'énoncé ?

### 3. Détermination du temps de demi-vie du radon 222.

Avec le même prélèvement dans la fiole, le technicien veut déterminer le temps de demi-vie du « radon 222 ». Pour cela il reproduit les mêmes opérations que précédemment, toutes les 50 heures, sur une durée totale de plus de 200 heures. Il calcule l'activité moyenne du gaz par mètre-cube aux dates considérées. Il trace la courbe  $\ln \bar{A} = f(t)$ .

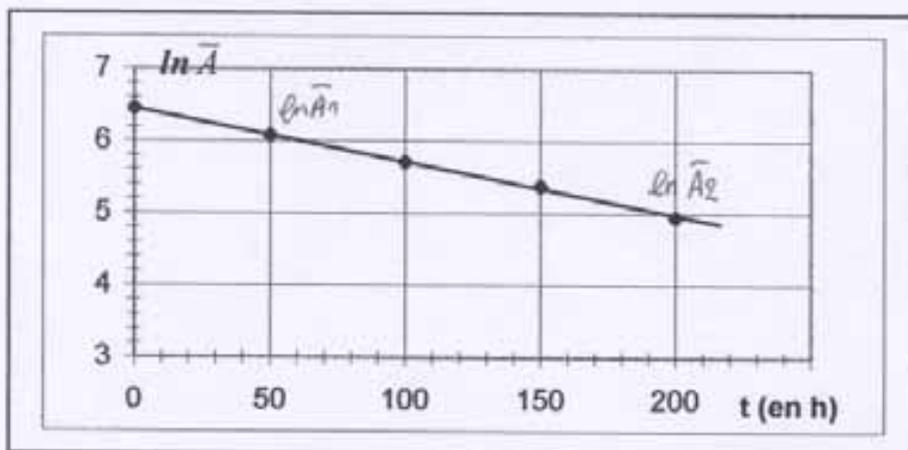


Figure 1

3.1. La loi de décroissance radioactive s'applique à l'activité moyenne :

$$\bar{A} = \bar{A}_0 e^{-\lambda t} \quad \text{dans lesquelles } \lambda \text{ est la constante radioactive du « radon 222 ».}$$

3.1.1. Justifier l'allure de la courbe tracée.

3.1.2. En déduire la valeur de la constante radioactive  $\lambda$  du « radon 222 » en  $\text{h}^{-1}$ .

3.2. De la constante radioactive au temps de demi-vie.

3.2.1. Définir en une phrase le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  du radon.

3.2.2. Donner la relation entre le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  et la constante radioactive  $\lambda$ .

3.2.3. Calculer le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  du radon 222.

3.2.4. Comparer cette valeur à celle donnée dans le texte encadré.

## II. LE GRAND SAUT : UNE CHUTE LIBRE ? (5,5 points)

L'une des disciplines rattachées au parachutisme sportif est appelée « chute libre » par ses adeptes. Correspond-elle à la définition physique de la chute libre ? Pour le savoir, nous nous intéressons au cas où un sportif saute, par vent nul, d'un avion à 3 000 m d'altitude, et n'ouvre son parachute que 2 000 m plus bas, au terme d'une chute dite « libre ».

L'étude sera faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. On donne la valeur de l'accélération de la pesanteur dans la portion d'espace où se déroule le saut :  $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$ .

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

### 1. Recherche de la trajectoire d'une chute libre avec vitesse initiale.

Alors que l'avion vole en palier horizontal à l'altitude  $h_0 = 3,0 \times 10^3 \text{ m}$ , à la vitesse  $v_0 = 130 \text{ km.h}^{-1}$ , le sauteur quitte l'avion, en un point A, à un instant  $t$  pris comme origine des dates. On négligera à cet instant la vitesse du sauteur par rapport à l'avion devant la vitesse de l'avion par rapport au sol.

Nous supposons dans cette partie que la chute est libre au sens des physiciens et nous assimilerons le sauteur à un point matériel.

Le mouvement ultérieur du sauteur est repéré par rapport à deux axes, comme l'indique la figure 1 :

- O origine du repère est placée au niveau du sol ;
- Ox est horizontal ;
- Oz est vertical vers le haut ;
- le point A est sur l'axe Oz, de sorte que ses coordonnées sont :  $x_A = 0$  ;  $z_A = h_0$ .

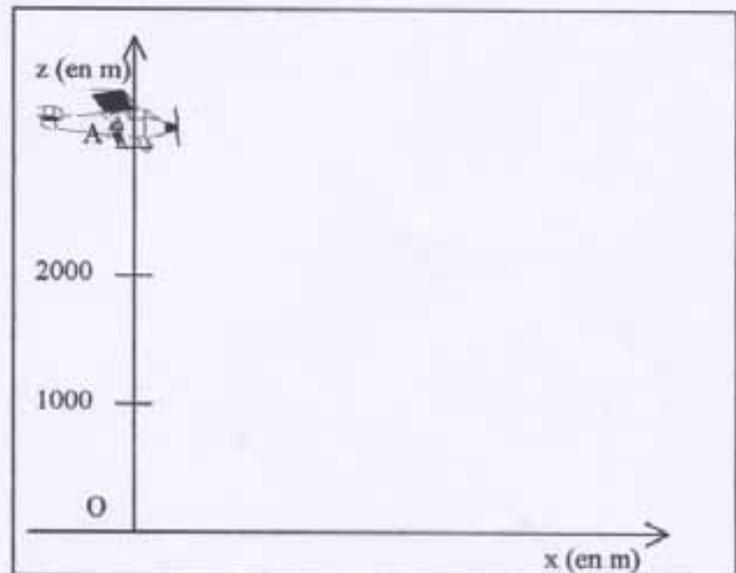


Figure 1

1.1.1. Au sens des physiciens, quand dit-on qu'une chute est libre ?

1.1.2. Appliquer la deuxième loi de Newton et en déduire les coordonnées (ou projections)  $a_x$  et  $a_z$  du vecteur accélération du sauteur dans ce cas.

1.2. Exprimer, dans le repère défini, les coordonnées (ou projections)  $v_{0x}$  et  $v_{0z}$  du vecteur vitesse initiale du sauteur.

1.3.1. Déduire des résultats précédents les équations horaires  $x(t)$  et  $z(t)$  du mouvement du sauteur.

1.3.2. Quelle est l'équation de la trajectoire  $z = f(x)$  du sauteur ? Comment nomme-t-on une telle portion de courbe ?

1.3.3. Au bout de quelle durée le sauteur atteindra-t-il l'altitude  $h_1 = 1,0 \times 10^3 \text{ m}$  ?

### 2. La chute est-elle réellement libre ?

2.1.1. Si la chute est libre justifier, sans calcul, que l'énergie mécanique du sauteur se conserve entre l'altitude  $h_0$  et l'altitude  $h_1$ .

2.1.2. En déduire la valeur  $v_1$  de la vitesse atteinte dans ce cas par le sauteur à l'altitude  $h_1 = 1,0 \times 10^3 \text{ m}$ .

2.2. En réalité, après une phase d'accélération, la vitesse du sauteur se stabilise à la valeur  $v'_1 = 55 \text{ m.s}^{-1}$ . Comment expliquez-vous cet écart ? La chute est-elle réellement libre ?

### 3. Ouverture du parachute.

On considère que, dans cette phase, la trajectoire est verticale.

À l'altitude  $h_1$ , le sauteur ouvre son parachute. L'ensemble sauteur-parachute, de masse  $m = 90 \text{ kg}$ , subit alors de la part de l'air une force de frottement  $\vec{F}$ , de sens opposé à la vitesse, et dont on modélisera la valeur par l'expression :

$$F = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \rho \cdot v^2$$

avec  $v$  : vitesse du mobile ;

$\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$  : masse volumique de l'air ;

$K = 38$  unité S.I : coefficient dépendant de la forme et de la surface du parachute.

On négligera la poussée d'Archimède sur le système devant les valeurs des autres forces exercées.

3.1. Quelle est l'unité de  $K$  ? On rappelle que  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m.s}^{-2}$ . (On pourra utiliser l'analyse dimensionnelle.)

3.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du mouvement au cours de cette phase est de la forme :

$$\frac{dv}{dt} - \frac{K \cdot \rho \cdot v^2}{2m} = -g$$

3.3. Cette vitesse diminue rapidement, puis se stabilise à une valeur  $v_2$ . À partir de l'équation différentielle, déduire l'expression de  $v_2$ , puis calculer sa valeur.

3.4. La figure 2 ci-dessous représente la courbe donnant l'allure de l'altitude  $z$  du sauteur en fonction du temps, après l'ouverture du parachute quand la vitesse est devenue constante. Retrouver à l'aide de cette courbe la valeur limite  $v_2$  calculée au 3.3.

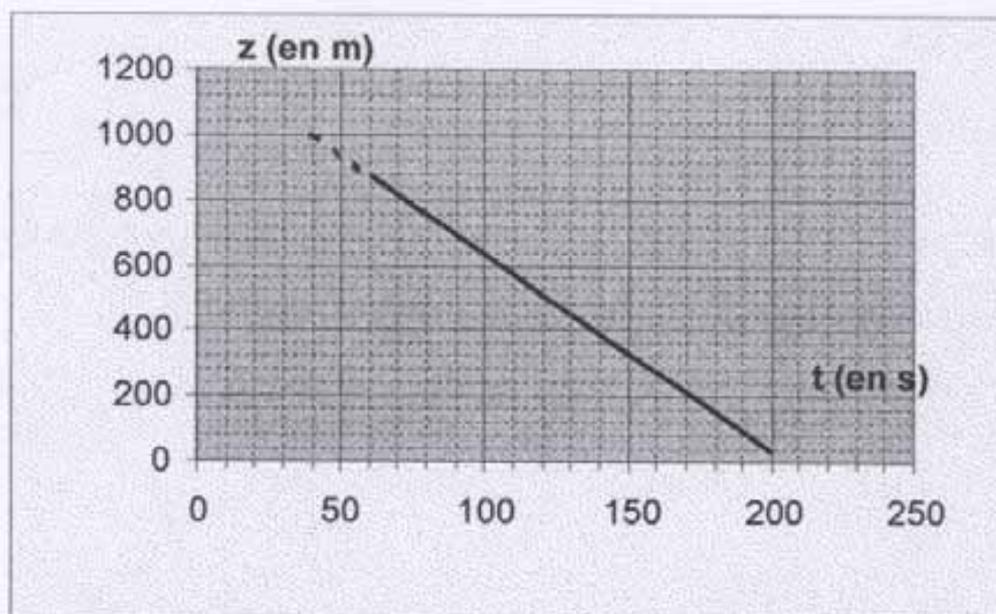


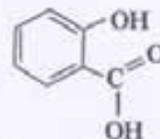
Figure 2

### III. HÉMISYNTÈSE DE L'ASPIRINE AU LABORATOIRE (6,5 points)



1. Recopier la formule puis entourer et nommer les deux groupes fonctionnels (ou caractéristiques).

2. L'aspirine peut être obtenue par action de l'acide acétique ou éthanoïque sur le groupe hydroxyle  $-OH$  de l'acide salicylique de formule :



2.1. Comment appelle-t-on cette réaction ?

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

2.3. Quelles sont ses principales caractéristiques ?

3. Étude théorique de la réaction entre l'acide acétique et l'acide salicylique.

On considère la transformation effectuée à partir d'un mélange initial de 0,10 mol d'acide acétique et 0,10 mol d'acide salicylique.

3.1. Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système chimique (ou tableau d'avancement) donné en **annexe à rendre avec la copie, page 8**. On notera l'acide salicylique ROH et l'acide acétique RCO<sub>2</sub>H.

3.2.1. Exprimer le quotient de réaction  $Q_r$  en fonction de l'avancement  $x$  de la réaction.

3.2.2. Calculer sa valeur  $Q_{r,i}$  dans l'état initial.

3.2.3. Sachant que pour cette réaction la constante d'équilibre  $K = 7,0 \times 10^{-3}$ , préciser le sens d'évolution de la réaction.

3.3.1. En appelant  $x_f$  l'avancement final correspondant à l'état d'équilibre du système, montrer que la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction se met sous la forme  $K = \left( \frac{x_f}{0,10 - x_f} \right)^2$ .

3.3.2. En déduire la valeur numérique de  $x_f$ .

3.3.3. Définir le taux d'avancement final de la transformation.

3.3.4. Montrer qu'il est inférieur à 8%.

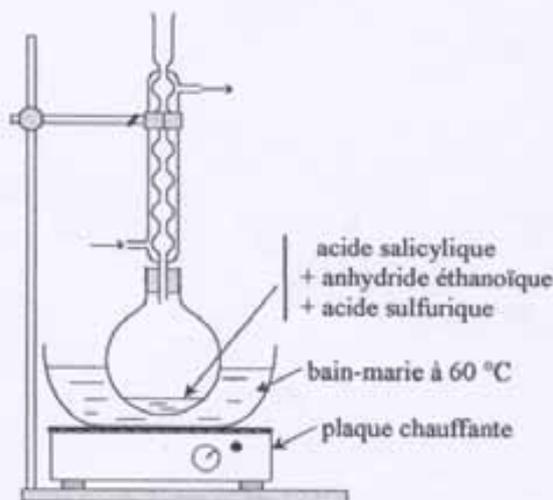
4. Une autre méthode de préparation.

Le taux d'avancement étant très faible, on préfère préparer l'aspirine en faisant réagir l'acide salicylique sur de l'anhydride éthanoïque.

Dans un ballon bien sec, on introduit avec précaution :

- 10,0 g d'acide salicylique ;
- 12 mL d'anhydride éthanoïque mesurés à l'éprouvette graduée ;
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

On réalise le montage représenté ci-contre puis on chauffe le mélange réactionnel au bain-marie à 60 °C pendant une vingtaine de minutes.



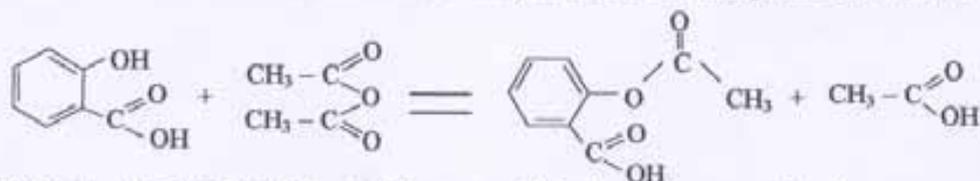
Questions concernant le protocole opératoire :

- 4.1.1. Comment nomme-t-on ce type de montage ?
- 4.1.2. Quel est le rôle du réfrigérant à boules ?
- 4.1.3. Pourquoi chauffe-t-on le mélange réactionnel ?
- 4.1.4. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?
- 4.1.5. Pourquoi faut-il utiliser un ballon bien sec ?
- 4.1.6. Quelles précautions faut-il prendre pour introduire l'anhydride éthanoïque et l'acide sulfurique concentré dans le ballon ?

4.2. Après 20 minutes de chauffage, on sort le ballon du bain-marie sans couper la circulation d'eau puis on introduit par le haut du réfrigérant 10 mL d'eau distillée destinés à hydrolyser l'excès d'anhydride acétique puis, quand l'ébullition cesse, 50 mL d'eau distillée glacée. Les cristaux d'aspirine précipitent dans le ballon.

Après cristallisation complète, on filtre sur büchner, on rince les cristaux puis on les place à l'étuve à 80 °C pour les faire sécher. La masse expérimentale d'aspirine obtenue est :  $m_{exp} = 10,8 \text{ g}$ .

L'équation de la réaction modélisant cette transformation est indiquée ci-dessous :



- 4.2.1. Montrer que l'anhydride acétique a été introduit en excès (on pourra s'aider d'un tableau d'avancement).
- 4.2.2. Calculer la masse théorique  $m_{th}$  d'aspirine que l'on peut obtenir en considérant cette transformation comme totale.
- 4.2.3. Définir et calculer le rendement de cette transformation.

Données :

- Masses molaires : - de l'anhydride acétique :  $M_{anh.} = 102 \text{ g.mol}^{-1}$   
- de l'aspirine :  $M_{asp.} = 180 \text{ g.mol}^{-1}$   
- de l'acide salicylique :  $M_{ac.} = 138 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique de l'anhydride éthanoïque :  $\rho = 1,08 \text{ g.mL}^{-1}$

<b>HÉMISYNTHÈSE DE L'ASPIRINE AU LABORATOIRE</b>
--------------------------------------------------

**À RENDRE AVEC LA COPIE**

Hémisynthèse de l'aspirine au laboratoire

3.1. Tableau d'avancement

Équation				
Quantité de matière dans l'état initial (en mol)				
Quantité de matière en cours de transformation (en mol)				
Quantité de matière théorique dans l'état final (en mol)				
Quantité de matière dans l'état final (en mol)				

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

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*

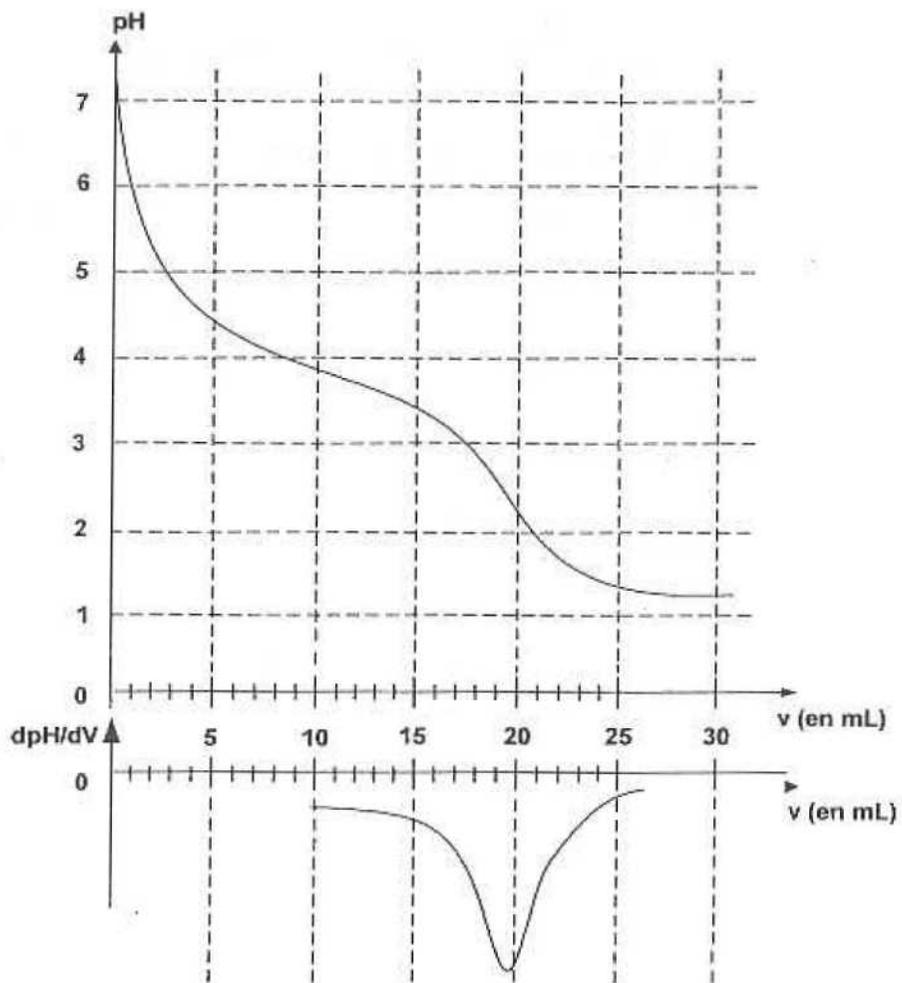
Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le feuillet des annexes (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. Injections alcalinisantes (4 points)
- II. Circuits RL et RLC (6,5 points)
- III. De l'influence des conditions initiales sur le comportement d'un système (5,5 points)





## EXERCICE II. CIRCUITS RL ET RLC (6,5 pts)

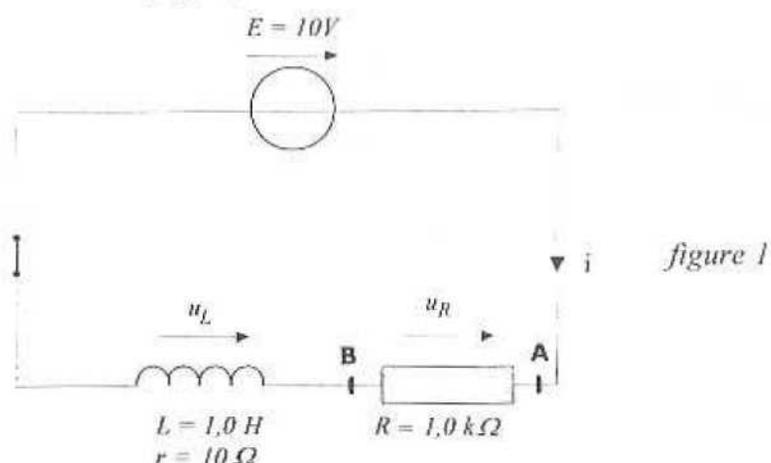
L'objectif de cette étude est de retrouver expérimentalement la capacité d'un condensateur et l'inductance d'une bobine pour les comparer à celles données par le fabricant.

Le matériel disponible pour l'ensemble de cet exercice est le suivant :

- Une bobine d'inductance dont les indications du fabricant sont  $L = 1,0 \text{ H}$  et  $r = 10 \ \Omega$
- Un condensateur dont l'indication du fabricant est  $C = 10 \ \mu\text{F}$
- Un générateur de tension constante  $E = 10 \text{ V}$
- Un conducteur ohmique de résistance  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$
- Un interrupteur simple et un commutateur bipolaire
- Des fils de connexion
- Un système d'acquisition informatisé

### 1. Étude expérimentale d'un circuit RL

Le schéma du montage réalisé est représenté sur la figure 1 (le système d'acquisition est connecté mais non représenté sur la figure) :



Une fois le paramétrage du système d'acquisition effectué, on ferme l'interrupteur à l'instant de date  $t_0 = 0 \text{ s}$  et on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance  $R$  en fonction du temps. On obtient l'enregistrement représenté sur la figure 2.

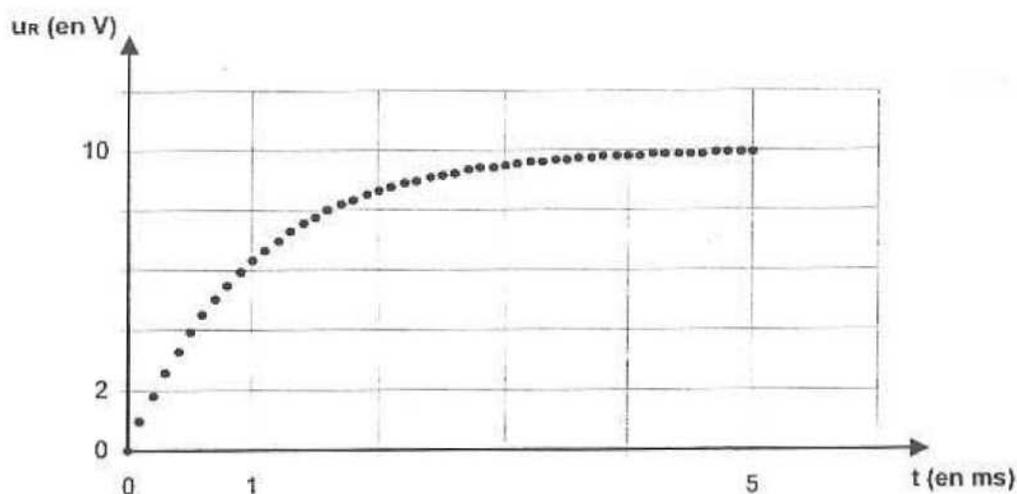
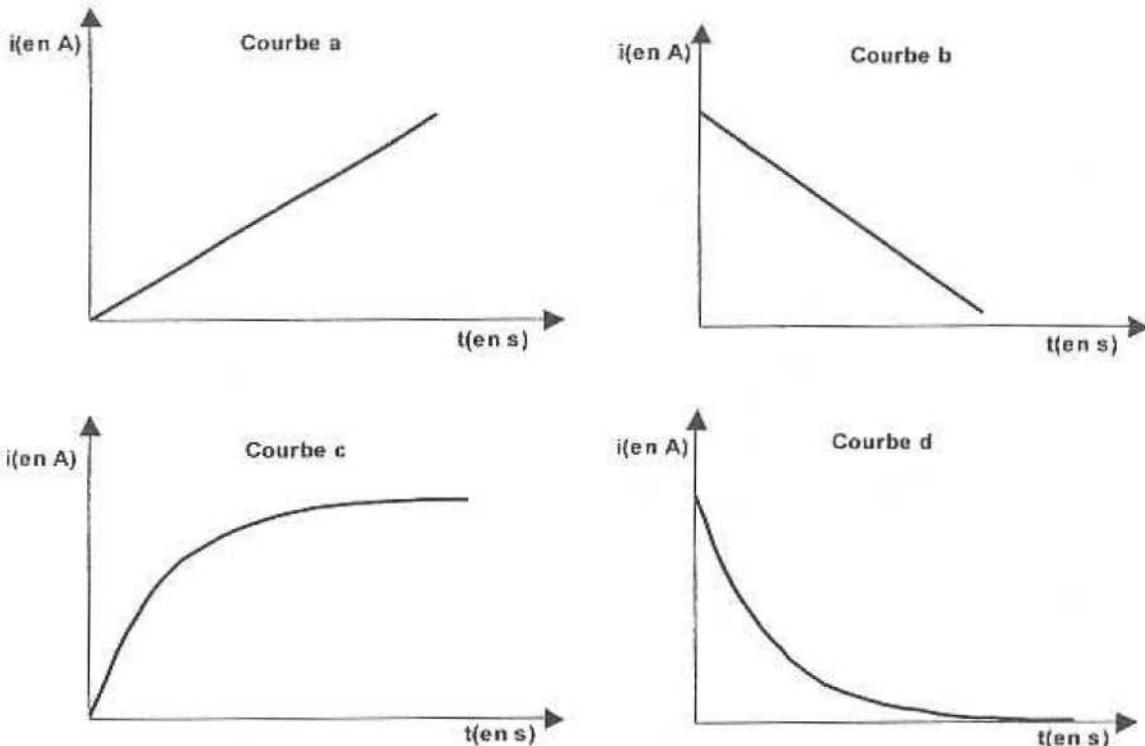


figure 2

- 1.1 L'adaptateur du système d'acquisition s'utilise comme un voltmètre. Il possède deux bornes : COM et V. Préciser à quels points du circuit il faut relier ces bornes pour obtenir la courbe de la figure 2.
- 1.2 On donne différentes courbes susceptibles de représenter l'intensité du courant en fonction du temps. Choisir celle qui correspond à l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps dans le circuit de la figure 1, après la fermeture de l'interrupteur. Justifier à partir de la courbe expérimentale donnée sur la figure 2.



- 1.3 Quelle est l'influence de la bobine sur l'établissement du courant lors de la fermeture du circuit ?

## 2. Modélisation et équation différentielle.

- 2.1 Si l'on considère que la résistance  $r$  de la bobine est négligeable devant  $R$ , montrer que l'équation différentielle de ce circuit, interrupteur fermé, peut s'écrire sous la forme :

$$E = u_R(t) + \left( \frac{L}{R} \right) \frac{du_R(t)}{dt}.$$

- 2.2 Le terme  $\left( \frac{L}{R} \right)$  correspond à la constante de temps  $\tau$  de ce circuit (dans lequel on a négligé  $r$  par rapport à  $R$ ). Par une analyse dimensionnelle montrer que cette constante a la dimension d'un temps (ou durée).

- 2.3 On note  $u_R(\tau)$  la valeur prise par  $u_R$  à l'instant de date  $t = \tau$ . Sachant que  $u_R(\tau) = 0,63(u_R)_{max}$ , avec  $(u_R)_{max}$ , valeur maximale atteinte par la tension  $u_R$ , déterminer à partir du graphe de la figure 2 la valeur de la constante de temps  $\tau$  de ce circuit.

- 2.4 En déduire la valeur de  $L$  et la comparer avec l'indication du fabricant.

### 3. Résolution numérique de l'équation différentielle par la méthode d'Euler

La méthode de résolution numérique d'Euler permet de trouver des couples de valeurs  $(t, u_R)$  qui vérifient l'équation différentielle du 2.1. On rappelle que les couples de valeurs sont liés par la relation :

$$(u_R)_{t_{n+1}} = (u_R)_{t_n} + (\Delta u_R)_{t_n} \text{ avec } (\Delta u_R)_{t_n} = \left( \frac{du_R}{dt} \right)_{t_n} \cdot \Delta t$$

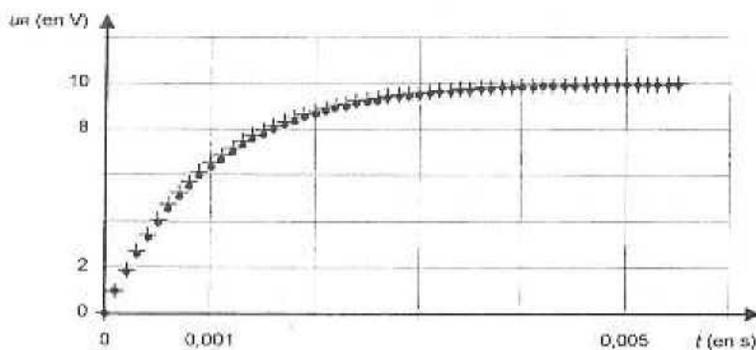
et  $t_{n+1} = t_n + \Delta t$  où  $\Delta t$  est le pas de la méthode numérique

3.1 À partir de l'expression du 2.1, exprimer  $\frac{du_R}{dt}$  en fonction de  $u_R$  et des données.

3.2 La tension  $u_R$  est initialement nulle. Pour compléter progressivement le tableau de la page A3 de l'annexe, en utilisant un pas de valeur  $\Delta t = 1,0 \times 10^{-4}$  s, calculer, littéralement puis numériquement,  $\frac{du_R}{dt}$  à la date  $t = 0$ s puis  $(u_R)_{\Delta t}$  à la date  $t = \Delta t$ , puis  $\frac{du_R}{dt}$  à la date  $\Delta t$  puis  $(u_R)_{2\Delta t}$  à la date  $2\Delta t$ . Présenter tous les résultats numériques dans le tableau de la page A3 de l'annexe **À RENDRE AVEC LA COPIE.**

À l'aide d'un tableur grapheur on continue les calculs pas à pas jusqu'à  $t = 5$  ms. Les valeurs calculées de  $(u_R)_t$  sont portées sur le graphique de la figure 3 et sont représentées par le symbole +.

Sur la même figure, on porte aussi les valeurs expérimentales de  $(u_R)_t$  que l'on représente par le symbole •.



Chaque • représente une valeur expérimentale.

Chaque + représente une valeur calculée par la méthode numérique d'Euler avec  $\Delta t = 1,0 \cdot 10^{-4}$  s.

Figure 3

3.3 Quelle serait qualitativement l'influence d'une augmentation du pas de calcul  $\Delta t$  sur l'écart entre le nuage de points ainsi obtenu par la méthode d'Euler et la courbe expérimentale ?

### 4. Étude du circuit oscillant

On réalise ensuite le montage correspondant au schéma de la figure 4.

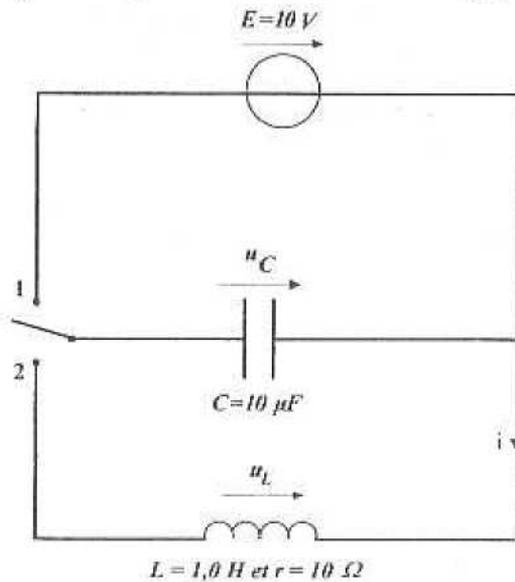


Figure 4

On bascule le commutateur en position 1 pour charger le condensateur puis on le bascule en position 2. Avec le même système d'acquisition et de traitement qu'au 1, en adaptant le paramétrage, on enregistre la tension  $u_C(t)$  dont le graphe est représenté sur la figure 5. L'enregistrement débute à l'instant de date  $t_0 = 0$  s qui correspond au basculement du commutateur en position 2.

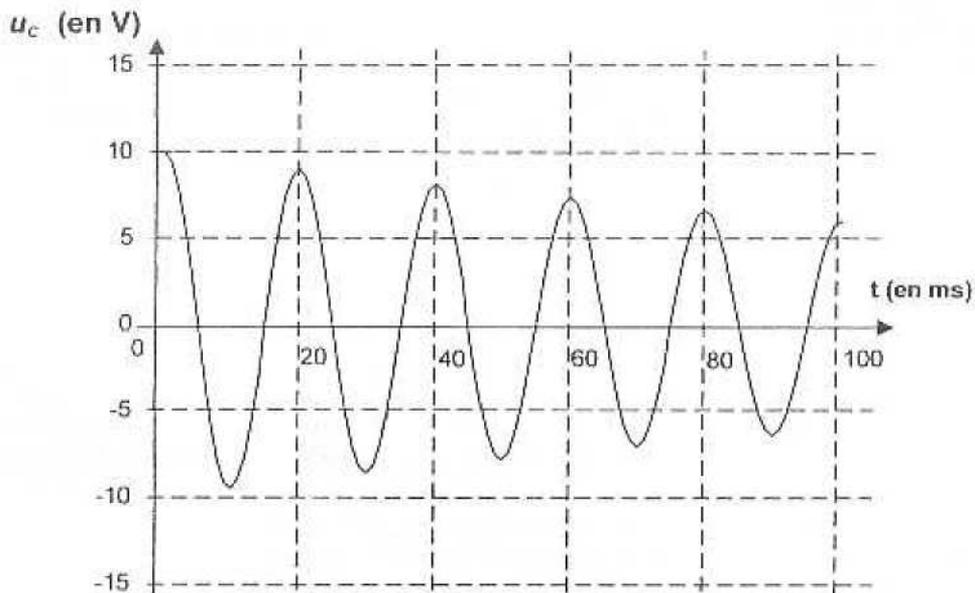


figure 5

- 4.1 Comment peut-on expliquer la diminution d'amplitude des oscillations au cours du temps ?
- 4.2 Déterminer la valeur de la pseudo-période du signal.
- 4.3 Ici on peut considérer que la période propre et la pseudo-période ont la même expression. En déduire la valeur de la capacité  $C$  du condensateur et comparer avec l'indication du fabricant.

On donne  $\pi^2 \approx 10$ .

**EXERCICE III. DE L'INFLUENCE DES CONDITIONS INITIALES SUR LE  
COMPORTEMENT D'UN SYSTÈME (5,5 pts)**

**Partie 1 : Un système physique**

Pendant son entraînement, un golfeur cherche à envoyer directement la balle dans le trou se trouvant sur le green. Pour cela, il doit faire passer la balle au dessus d'un petit plan d'eau se trouvant entre lui et le green (voir figure 1). On néglige tout mouvement de rotation de la balle sur elle-même.

Il fait varier séparément des caractéristiques du vecteur vitesse initiale de la balle.

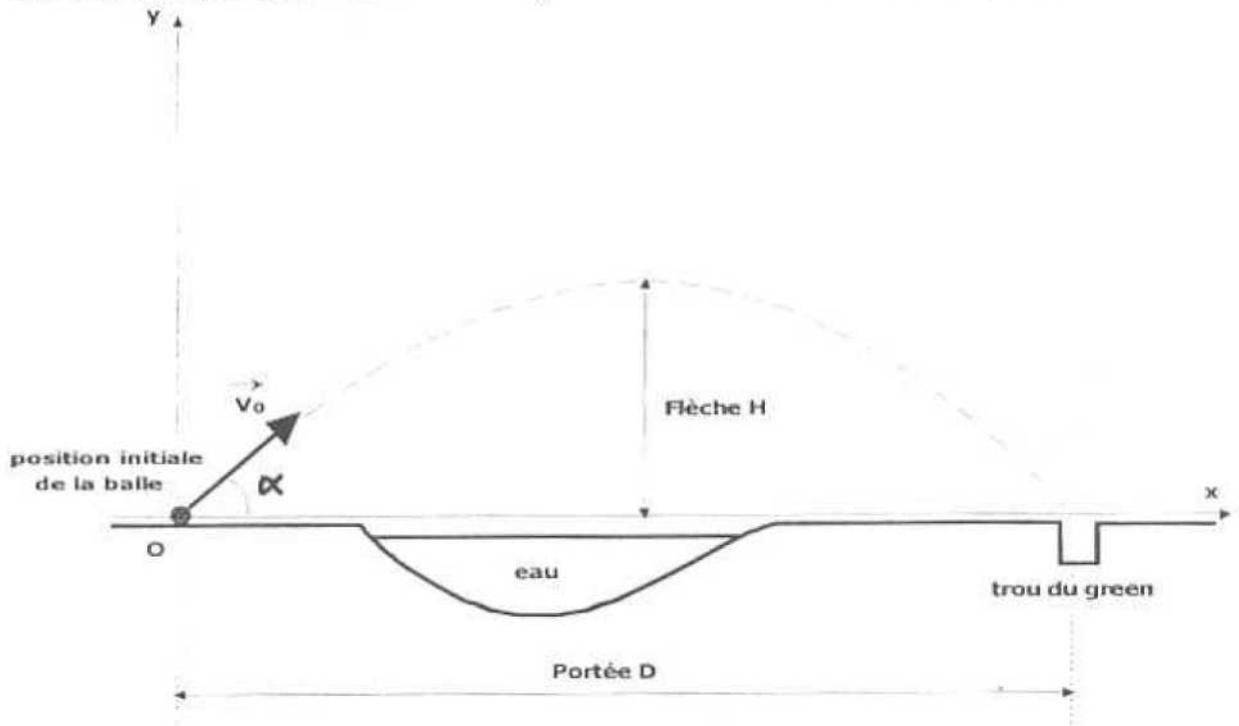


figure 1

Dans cette étude la vitesse atteinte par la balle étant faible, on considère comme négligeables les frottements de l'air dans tout l'exercice. À l'aide de la deuxième loi de Newton, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on peut établir les équations horaires du mouvement de la balle ainsi que l'équation de sa trajectoire dans le repère  $(O, x, y)$ .

On appelle portée du lancer la distance  $D$  atteinte par la balle lorsqu'elle retombe sur le sol (sur le même plan horizontal que le point de départ) et flèche du lancer la hauteur maximale  $H$  atteinte par la balle pour une abscisse égale à  $D/2$  (voir figure 1).

On montre que leurs expressions respectives sont :

$$D = \frac{2 V_0^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g} \quad \text{et} \quad H = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

1. Exprimer les coordonnées  $V_{0x}$  et  $V_{0y}$  du vecteur vitesse initiale  $\vec{V}_0$  dans le repère  $(O, x, y)$ .
2. Exprimer la portée  $D$  et la flèche  $H$  en fonction de l'une ou des coordonnées du vecteur vitesse initiale  $\vec{V}_0$ .

3. Le golfeur réussit son coup pour un vecteur vitesse initiale  $\vec{V}_0$ . Il rejoue maladroitement le coup avec une vitesse initiale égale à  $\vec{V}_1$  (voir figure 2 de l'annexe page A4). Exprimer les nouvelles valeurs  $D_1$  et  $H_1$  de la portée et de la flèche en fonction de  $D$  et  $H$ .

Dessiner l'allure de la nouvelle trajectoire sur la figure 2 de l'annexe page A4 **À RENDRE AVEC LA COPIE.**

4. Il rejoue le coup avec une vitesse initiale égale à  $\vec{V}_2$  (voir figure 3 de l'annexe page A4). Exprimer les nouvelles valeurs  $D_2$  et  $H_2$  de la portée et de la flèche en fonction de  $D$  et  $H$ .

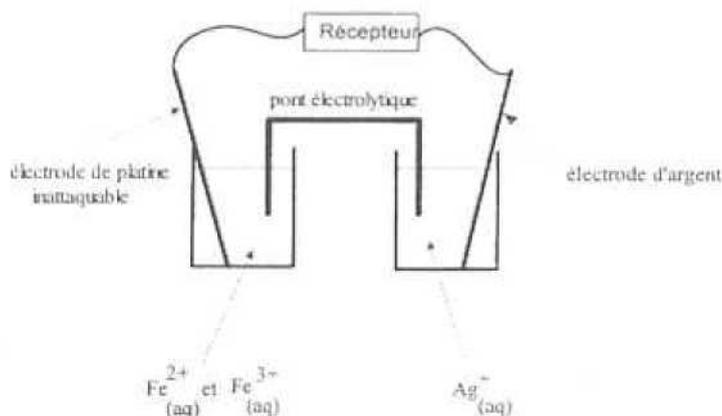
Dessiner l'allure de la nouvelle trajectoire sur la figure 3 de l'annexe page A4 **À RENDRE AVEC LA COPIE.**

5. Il envoie la balle en conservant le même angle de tir  $\alpha$  mais en frappant plus fort. Prévoir qualitativement (sans calcul) les conséquences sur la portée et la flèche de ce nouveau tir.

## Partie 2 : Un système chimique

On réalise une pile avec les couples  $Ag^+/Ag$  et  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ .

La constante d'équilibre associée à la réaction  $Ag^+_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} = Ag_{(s)} + Fe^{3+}_{(aq)}$  a pour valeur  $K = 3,2$ . On simplifiera les notations en écrivant  $X^{n+}_{(aq)}$  sous la forme  $X^{n+}$ .



*Schéma de la pile*

1. Donner l'expression du quotient de réaction.

2. Dans la pile, les concentrations molaires initiales des ions dans les solutions aqueuses sont  $[Ag^+]_i = [Fe^{2+}]_i = [Fe^{3+}]_i = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Calculer le quotient de réaction à l'état initial.

3. En déduire le sens d'évolution spontané de la réaction quand la pile fonctionne.

4. Quelle est la polarité de chaque électrode ? Justifier à partir des demi-équations.

5. On réalise une deuxième pile en modifiant les conditions initiales du système. Les concentrations initiales sont désormais  $[Ag^+]_i = [Fe^{2+}]_i = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[Fe^{3+}]_i = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

La polarité de chaque électrode reste-t-elle la même ? Justifier.

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE  
OBLIGATOIRE

Série : S

*FEUILLET DES ANNEXES  
À RENDRE AVEC LA COPIE.*

Si votre  
composition  
comporte  
plusieurs  
feuilles,  
numérotez-les.  
...

Tournez la page S.V.P.

date	Valeur de $(u_R)$ , en(V)	Valeur de $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_t$
$t_0=0s$	$(u_R)_0 = 0,000$	$\left(\frac{du_R}{dt}\right)_0 =$
$t= \Delta t$	$(u_R)_{\Delta t} =$	$\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{\Delta t} =$
$t=2 \Delta t$	$(u_R)_{2\Delta t} =$	

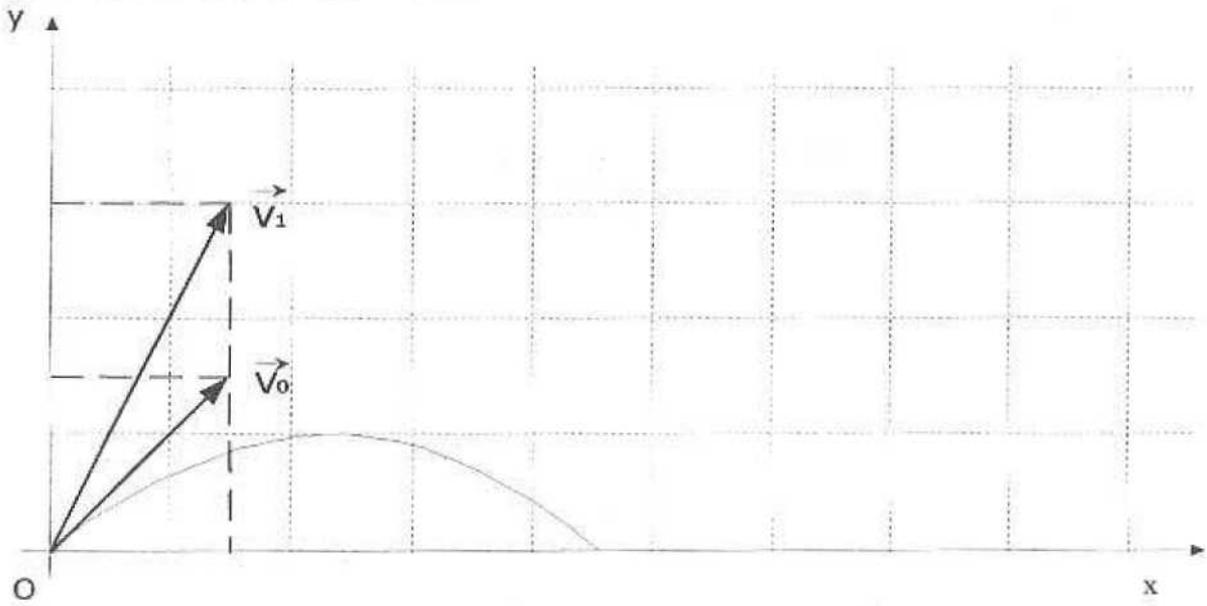


figure 2

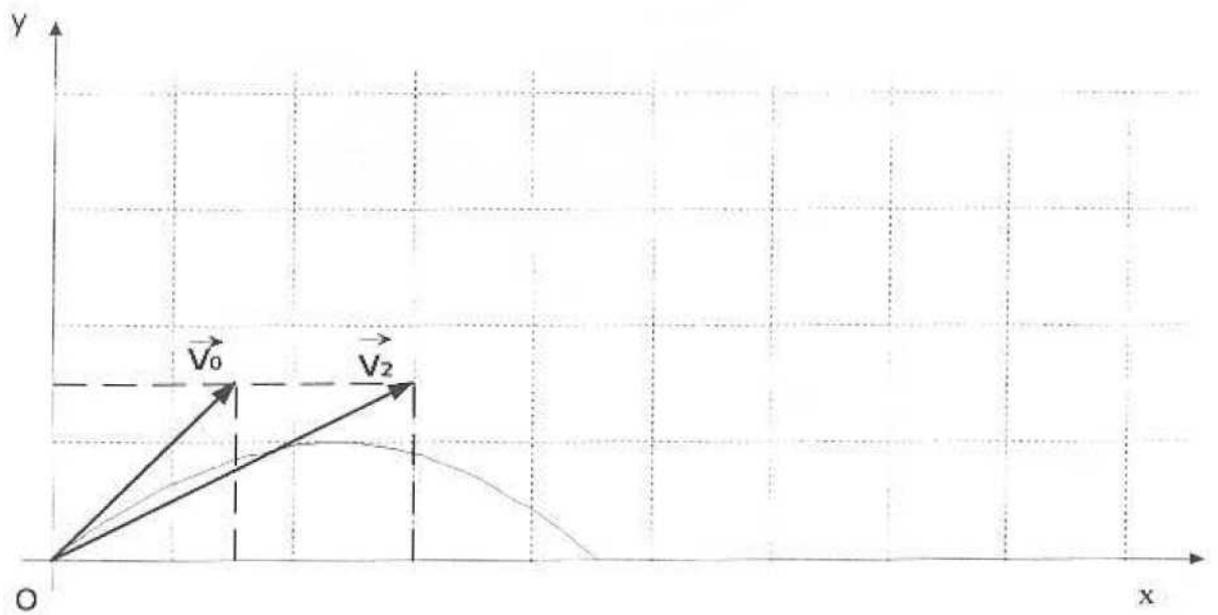


figure 3

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

---

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

---

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

---

**L'usage des calculatrices est autorisé**

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

*Les données sont en italique*

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci. Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3, 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. Constante d'acidité de l'acide benzoïque (4 points)
- II. À propos d'une lampe à incandescence (6,5 points)
- III. Temps de demi-vie et de demi-réaction (5,5 points)

## EXERCICE I. CONSTANTE D'ACIDITÉ DE L'ACIDE BENZOÏQUE ( 4 points)

La littérature donne les constantes d'acidité à 25°C. Cet exercice propose une méthode conductimétrique pour déterminer la constante d'acidité de l'acide benzoïque à 20°C, température usuelle dans les laboratoires. Cette méthode ne nécessite pas de disposer des valeurs numériques des conductivités molaires ioniques à 20°C, non données dans la littérature.

L'acide étudié est l'acide benzoïque  $C_6H_5CO_2H$ .

On exploite les résultats des mesures de la conductivité  $\sigma$  de solutions d'acide benzoïque de différentes concentrations préparées par dilution d'une solution  $S_0$  de concentration molaire apportée  $c_0$ .

L'acide benzoïque étant difficilement soluble dans l'eau, la concentration molaire apportée  $c_0$  de cette solution n'est pas connue de façon sûre à partir de sa préparation. Il faut donc préalablement doser cette solution. On réalise un titrage conductimétrique.

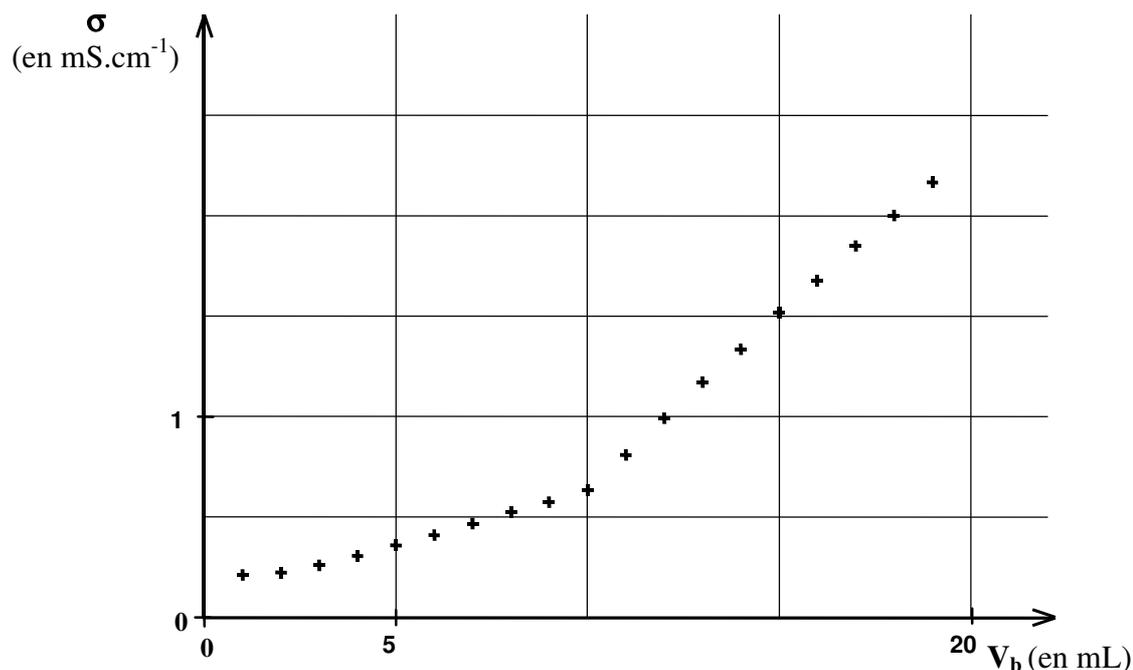
Les deux parties à traiter sont indépendantes.

### 1. Détermination préalable de la concentration molaire apportée de la solution $S_0$ d'acide benzoïque par titrage

#### Mode opératoire

- Dans un becher, on introduit un volume  $V = 100,0$  mL de la solution aqueuse  $S_0$  d'acide benzoïque.
- On plonge la cellule de conductimétrie dans cette solution.
- On verse à l'aide d'une burette graduée une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou soude  $Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$  de concentration molaire apportée  $c_b = 1,0 \times 10^{-1}$  mol.L<sup>-1</sup>, en notant à chaque ajout la conductivité  $\sigma$  de la solution.

La figure ci-dessous, représente les valeurs de la conductivité  $\sigma$  pour les différents volumes  $V_b$  de soude versés.



## Questions

- 1.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation, considérée comme totale, qui se produit au cours de ce dosage.
- 1.2. En utilisant les résultats expérimentaux et en donnant la définition de l'équivalence, déterminer la concentration molaire  $c_0$  de la solution  $S_0$  en acide benzoïque apporté.

## 2. Constante d'acidité de l'acide benzoïque

### Mode opératoire

- À l'aide de la solution  $S_0$  de concentration molaire apportée  $c_0$ , on prépare des solutions diluées de concentrations décroissantes :  
 $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ;  $2,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ;  $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ;  
 $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ;  $6,7 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  ;  $5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  .
- On mesure la conductivité  $\sigma$  de la solution  $S_0$  et des solutions diluées en plongeant dans chaque solution la même cellule de conductimétrie.  
 Le tableau ci-dessous donne les résultats des mesures :

$c$ (en $\text{mol.L}^{-1}$ )	$1,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$6,7 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-4}$
$\sigma$ (en $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	273,4	189,0	132,0	115,0	81,3	61,7	52,1

On négligera l'autoprotolyse de l'eau.

## Questions

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau.
- 2.2. On considère un volume  $V$  de la solution d'acide benzoïque de concentration molaire apportée  $c$ .  
 Recopier et compléter le tableau descriptif de l'évolution du système.

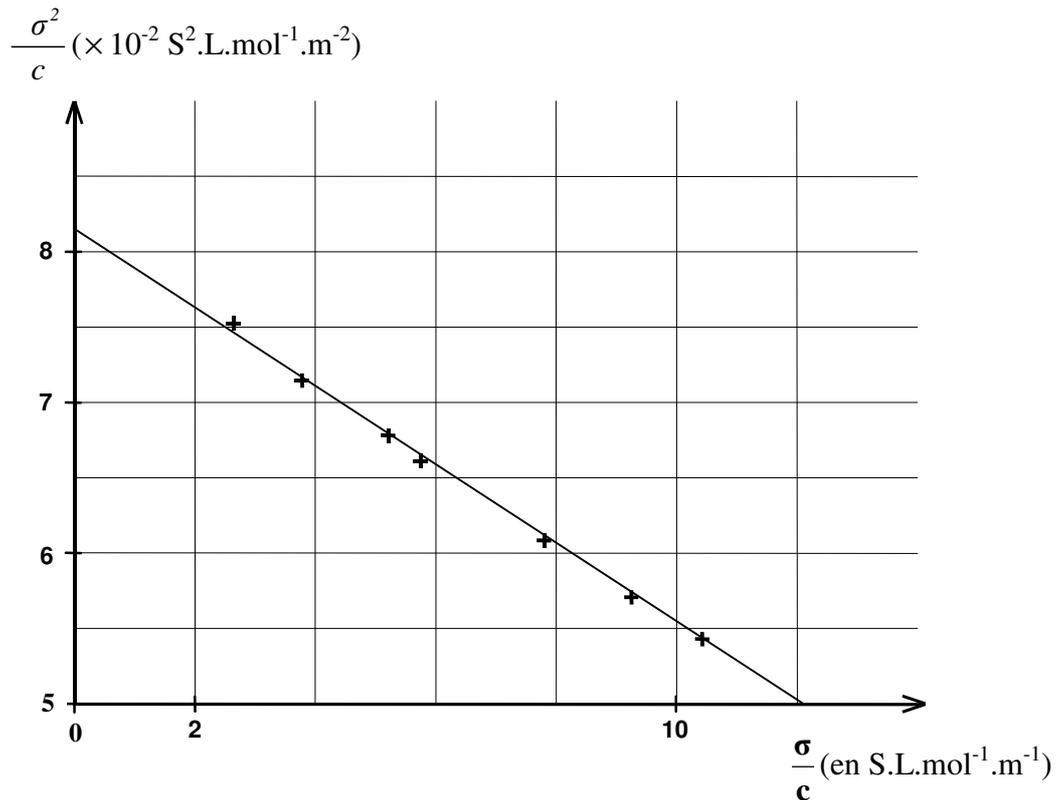
équation chimique		$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H} + \dots = \dots + \dots$			
état du système	avancement en mol	quantité de matière en mol			
état initial	0	$n_0 = \dots$	.....	.....	.....
état intermédiaire	x	$n =$	.....	.....	.....
état final ou équilibre	$x_f = x_{eq}$	$n_f = \dots$	.....	.....	.....

- 2.3. Donner, en fonction de l'avancement, de la concentration  $c$  et du volume  $V$ , l'expression littérale du quotient de réaction  $Q_r$  et celle de la constante d'acidité  $K_a$  de l'acide benzoïque.
- 2.4. Définir le taux d'avancement final  $\tau$  de la transformation.
- 2.5. Montrer que l'avancement final ou avancement à l'équilibre est :  $x_f = x_{eq} = \tau \cdot c \cdot V$ .
- 2.6. Exprimer la constante d'acidité  $K_a$  en fonction du taux d'avancement final  $\tau$  et de la concentration  $c$  de la solution.
- 2.7. Donner la relation entre la conductivité  $\sigma$  de la solution et les conductivités molaires ioniques des ions présents  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$  et  $\lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$ .  
 Établir la relation entre la conductivité  $\sigma$ , le taux d'avancement final  $\tau$ , la concentration  $c$  de la solution et un coefficient  $a = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$ .

2.8. En utilisant l'expression de la constante d'acidité  $K_a$  et celle du taux d'avancement final  $\tau$  obtenues dans les questions précédentes, on obtient la relation 1 suivante :

$$\frac{\sigma^2}{c} = -K_a \cdot a \cdot \frac{\sigma}{c} + K_a \cdot a^2 \quad (\text{relation 1})$$

La figure ci-dessous représente les variations de  $\frac{\sigma^2}{c}$  en fonction de  $\frac{\sigma}{c}$  pour les différentes mesures effectuées.



L'équation de la droite obtenue (*qui n'est pas à établir*) est :

$$\frac{\sigma^2}{c} = -2,63 \times 10^{-3} \cdot \frac{\sigma}{c} + 8,15 \times 10^{-2} \quad (\text{relation 2})$$

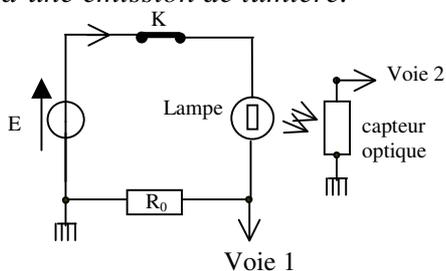
avec  $\sigma$  en S.m<sup>-1</sup> et  $c$  en mol.L<sup>-1</sup>.

À partir de la relation 1, donner les expressions littérales du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine de la droite représentée.

Déduire de ces résultats et de la relation 2 la valeur de la constante d'acidité de l'acide benzoïque à la température de l'expérience.

## EXERCICE II. À PROPOS D'UNE LAMPE À INCANDESCENCE (6,5 points)

Lors de la mise sous tension du filament d'une lampe à incandescence, trois phénomènes interviennent : l'établissement du courant, la montée en température du filament et la perception d'une émission de lumière.



Pour tout l'exercice  
 $E = 2,5 \text{ V}$  ;  $R_0 = 4,6 \Omega$

Pour étudier ces phénomènes, on a réalisé le montage ci-contre. On utilise les voies 1 et 2 d'une interface, reliée à un ordinateur, pour suivre :

- d'une part l'évolution temporelle de l'intensité du courant dans la lampe, de résistance  $R$  ;
- d'autre part la puissance lumineuse qu'elle émet.

Pour tout l'exercice, les acquisitions démarrent à la fermeture de l'interrupteur  $K$ , à l'instant de date  $t_0 = 0 \text{ s}$ .

Les enregistrements obtenus, après acquisition et traitement, sont représentés figure 1, page 7.

### 1. Comportement électrique : évolution de l'intensité du courant

- 1.1. Quelle grandeur mesure la voie 1 ? Pourquoi cette mesure permet au logiciel de traitement de tracer l'intensité  $i$  en fonction du temps  $t$  ?
- 1.2. À partir de la courbe  $i(t)$  de la figure 1, page 7, montrer que l'évolution de l'intensité du courant dans le filament de la lampe présente deux régimes différents. Les identifier, en précisant la date approximative du changement de régime.
- 1.3. Établir la relation entre la tension aux bornes du générateur, l'intensité  $i$  du courant et les résistances  $R$  et  $R_0$ .
- 1.4. En déduire comment évolue, au cours du temps, la résistance  $R$  du filament, sachant qu'elle varie avec la température du filament.
- 1.5. Calculer la résistance du filament à la date  $t_1 = 200 \text{ ms}$ .

### 2. Comportement thermique et optique : évolution de la luminosité de la lampe

On peut enregistrer l'évolution de la puissance lumineuse émise par la lampe grâce à un capteur optique placé au voisinage de celle-ci. La tension aux bornes du capteur, mesurée par la voie 2, est proportionnelle à la puissance lumineuse  $P_{lum}$ . Le logiciel permet de calculer  $p = \frac{P_{lum}}{P_{lum,max}} \times 100$  à

chaque instant. Le graphe donnant  $p$  en fonction du temps est associé à celui de  $i(t)$  figure 1, page 7.

- 2.1. Déterminer approximativement la durée  $\Delta t_{10-90}$  du régime transitoire thermique, c'est-à-dire la durée nécessaire pour que la puissance lumineuse passe de 10% à 90 % de la puissance lumineuse maximale.
- 2.2. L'œil détecte le passage « lampe éteinte / lampe allumée » lorsque  $p$  est supérieur ou égal à 20 %. Comment l'œil voit-il la lampe juste après la fermeture du circuit lorsque l'intensité du courant est à son maximum ? Justifier.
- 2.3. Déterminer approximativement la « durée d'allumage » de la lampe, c'est-à-dire la durée nécessaire, depuis la fermeture de l'interrupteur, pour que l'œil perçoive la lampe comme allumée.

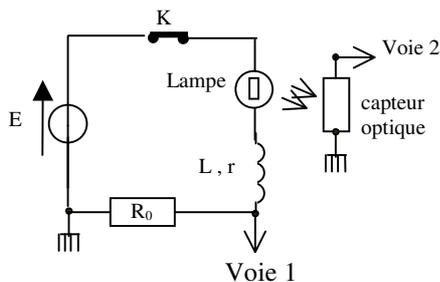
### 3. Association lampe et bobine

3.1. On commence par considérer un circuit comportant uniquement, en série, un générateur de tension continue de fem  $E$ , une résistance  $R_0$  et une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ .

3.1.1. Que peut-on dire de l'influence de la bobine sur l'évolution temporelle de l'intensité du courant lors de la fermeture du circuit ?

3.1.2. Indiquer, sans justification, comment la valeur de l'inductance  $L$  intervient sur le phénomène cité à la question précédente.

3.2.



On reprend maintenant le circuit initial contenant la lampe et on ajoute une bobine en série. L'introduction de cette bobine modifie l'évolution de l'intensité du courant et celle de la puissance lumineuse émise par la lampe.

Pour 2 valeurs différentes de l'inductance  $L$  de la bobine, on obtient les courbes  $i(t)$  et  $p(t)$  : figure 2 pour  $L_1 = 0,13 \text{ H}$  et figure 3 pour  $L_2 = 0,5 \text{ H}$ , page 7.

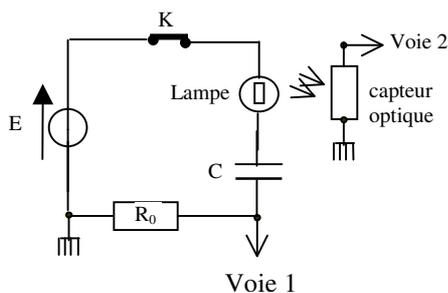
On considère que la résistance  $r$  de la bobine demeure constante.

3.2.1. En comparant les premières parties des courbes  $i(t)$  des figures 1 et 2, montrer que l'influence de la bobine est en accord avec la réponse à la question 3.1.1.

3.2.2. Les courbes  $i(t)$  des figures 2 et 3, page 7, sont-elles en accord avec la réponse à la question 3.1.2. ?

3.2.3. Comparer les « durées d'allumage » de la lampe dans le cas des figures 1, 2 et 3. Conclure.

### 4. Association lampe et condensateur



On remplace la bobine par un condensateur et les acquisitions démarrent à la fermeture de  $K$ .

Pour 2 valeurs différentes de la capacité  $C$  du condensateur, on obtient les courbes  $i(t)$  et  $p(t)$  : figure 4 pour  $C_1 = 15 \text{ mF}$  et figure 5 pour  $C_2 = 37 \text{ mF}$ , page 8.

Lorsque l'on ferme l'interrupteur le condensateur est déchargé.

4.1. On remarque sur ces courbes que l'intensité du courant tend vers zéro. Justifier qualitativement cette évolution.

4.2. En examinant  $p(t)$  sur la figure 4, page 8, montrer que la lampe s'allume puis s'éteint. Déterminer l'ordre de grandeur de la durée pendant laquelle la lampe reste allumée. On dit qu'un tel phénomène correspond à un flash lumineux.

4.3. Déterminer la durée approximative de ce flash dans le cas de la figure 5, page 8. La comparer à la précédente. En déduire l'influence de la valeur de la capacité  $C$  sur la durée du flash.

4.4. Lorsque la lampe s'éteint, le condensateur est-il totalement chargé ? Justifier la réponse.

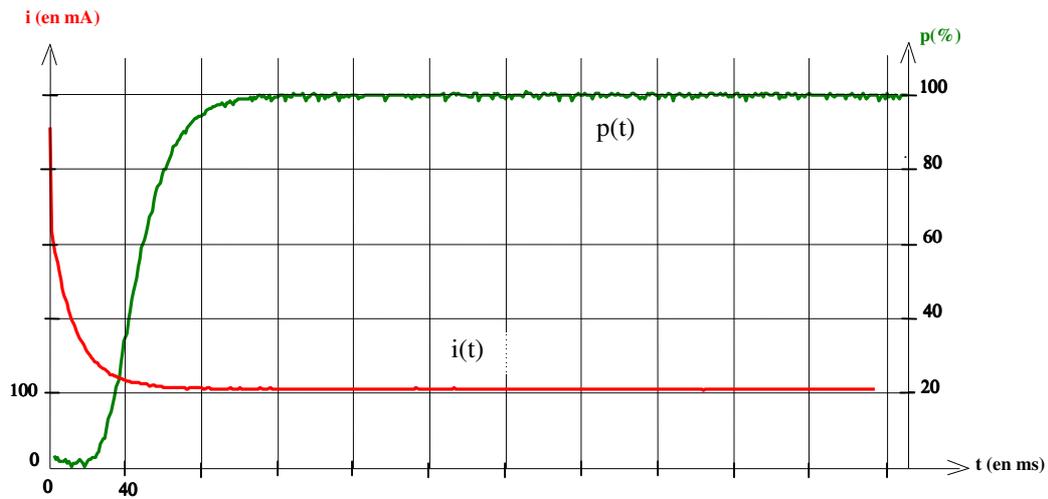


Figure 1

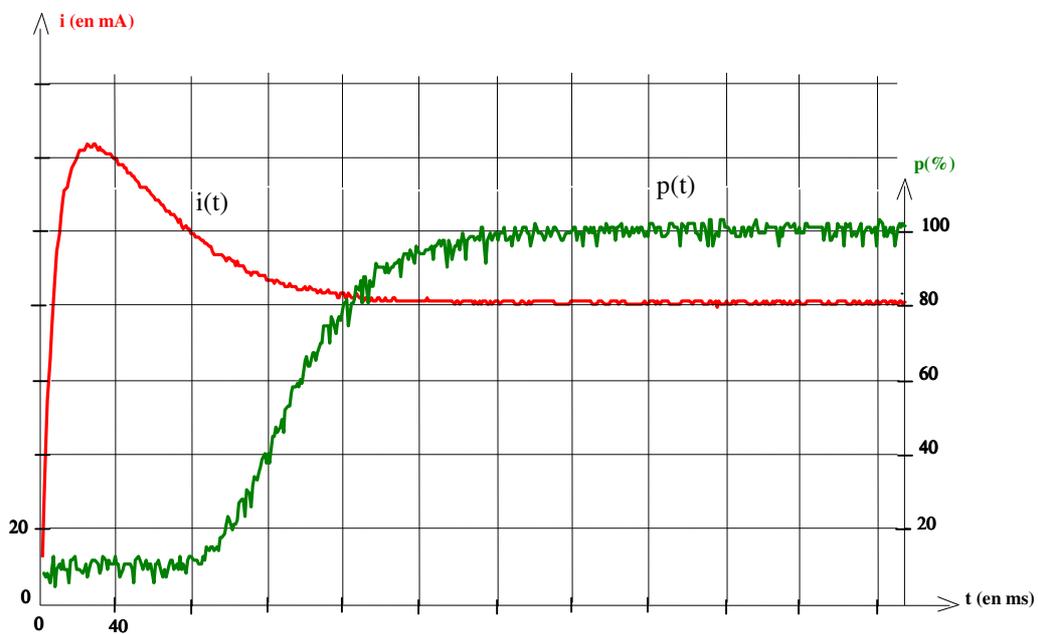


Figure 2

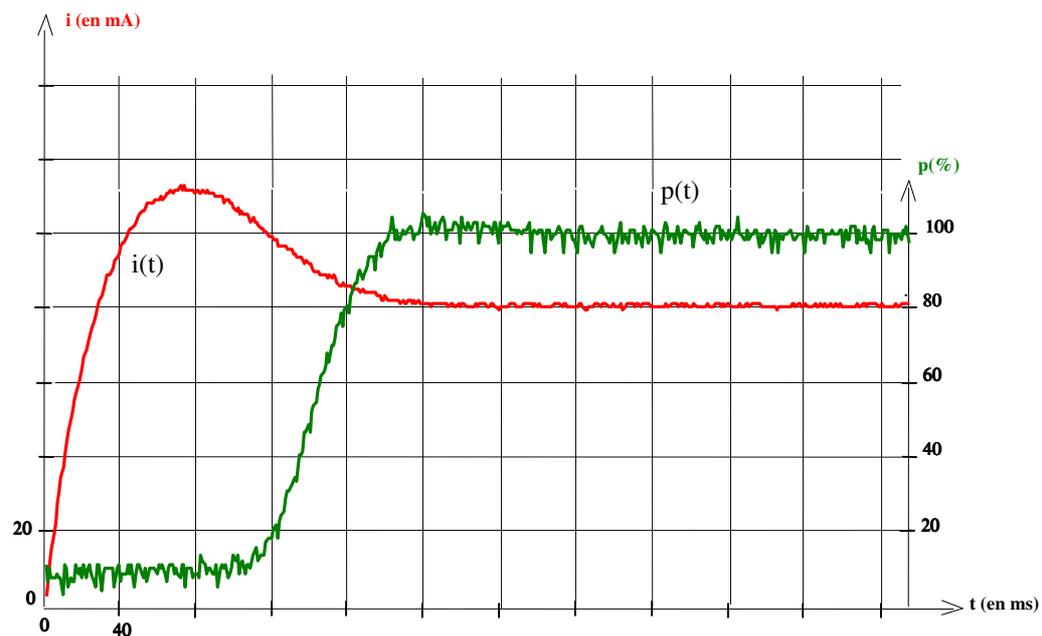


Figure 3

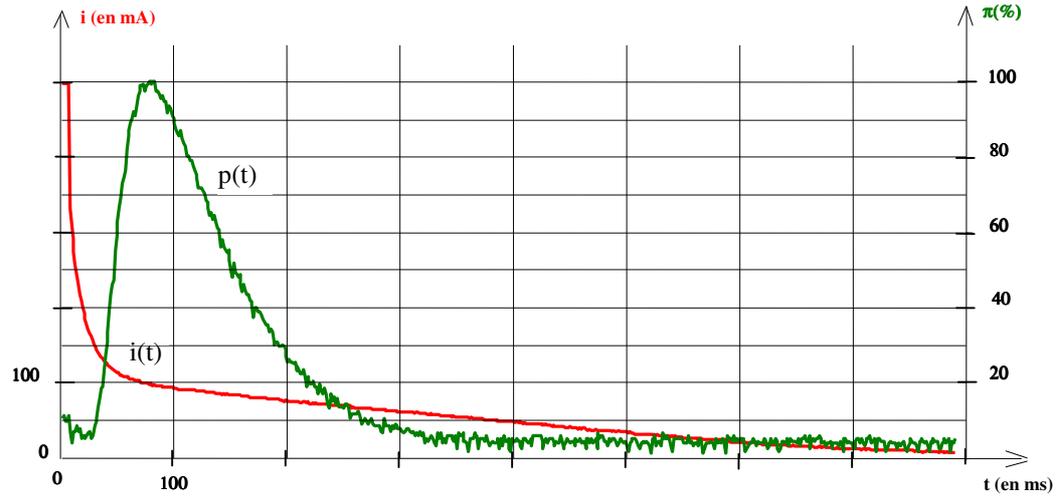


Figure 4

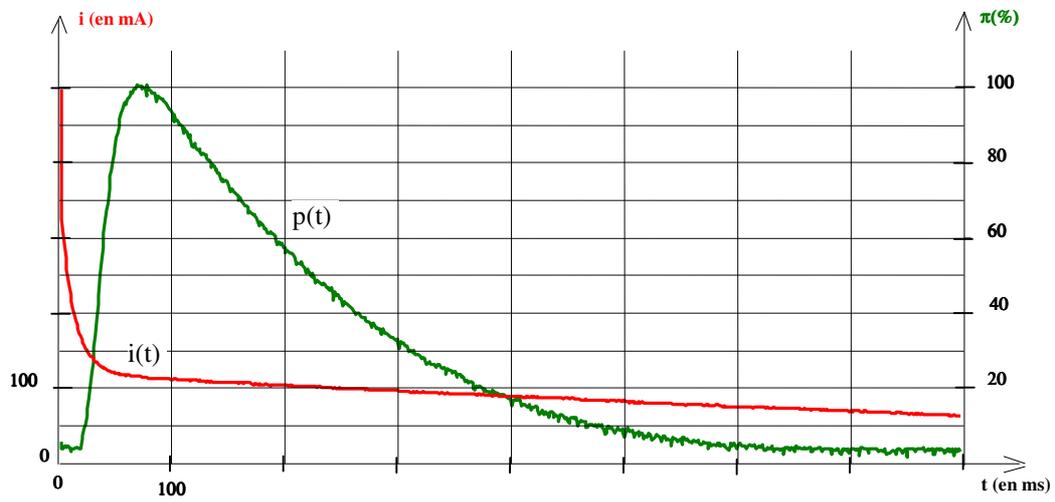


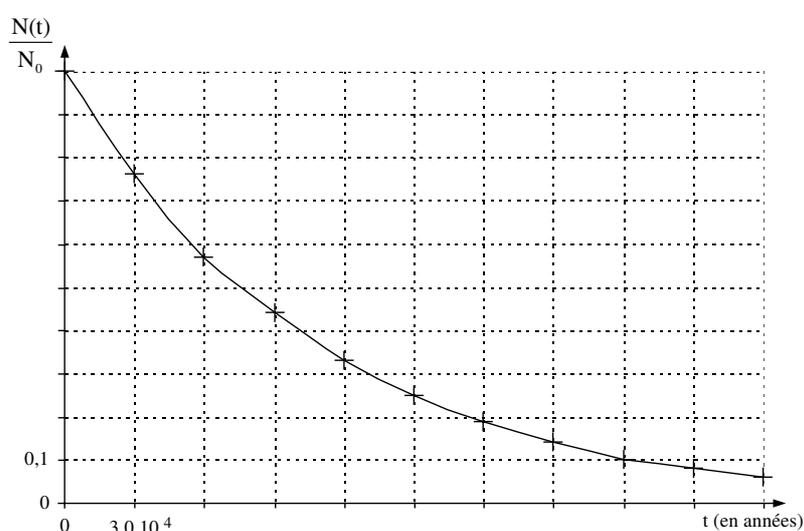
Figure 5

**EXERCICE III. TEMPS DE DEMI-VIE ET DE DEMI-RÉACTION (5,5 points)**

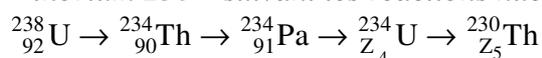
**1. Temps de demi-vie**

Le thorium  $^{230}\text{Th}$  est utilisé dans la datation des coraux et concrétions carbonatées ainsi que dans la datation des sédiments marins et lacustres.

Dans un échantillon de « thorium 230 », on appelle  $N(t)$  le nombre de noyaux de thorium présents à chaque date  $t$  et  $N_0$  celui des noyaux présents à la date  $t_0 = 0$  an. On a représenté ci-dessous la courbe donnant le rapport  $\frac{N(t)}{N_0}$ .



- 1.1. Le noyau  $^{230}\text{Th}$  est un émetteur  $\alpha$  et se désintègre pour donner du radium  $_{88}\text{Ra}$ . Indiquer ce que représente  $\alpha$  et écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante, en précisant les lois utilisées (le noyau de radium est obtenu dans un état non excité).
- 1.2. Donner la définition du temps de demi-vie  $t_{1/2}$ .  
Vérifier que sa valeur est de  $7,5 \times 10^4$  années en expliquant succinctement la méthode utilisée.
- 1.3. Donner l'expression mathématique de la loi de décroissance radioactive et calculer la constante radioactive en année $^{-1}$ .
- 1.4. Parmi ces grandeurs : l'âge de l'échantillon de noyaux, la quantité initiale de noyaux, la température, la nature des noyaux, quelle est la seule qui fait varier le temps de demi-vie ?
- 1.5. Le thorium  $^{230}\text{Th}$  fait partie de la famille radioactive de l'uranium  $^{238}\text{U}$ . Une famille radioactive est composée d'un ensemble de noyaux radioactifs, tous issus d'un noyau initial instable qui, de père en fils, par désintégrations successives conduisent à un noyau final stable, ici « le plomb 206 ». L'« uranium 238 », dissous à l'état de traces dans l'eau de mer, produit des atomes de « thorium 230 » suivant les réactions nucléaires :



Donner les valeurs de  $Z_4$  et  $Z_5$ , en les justifiant, et indiquer le type de radioactivité pour les deux premières transformations.

1.6. Au début de leur formation, les concrétions carbonatées des coraux contiennent de l'« uranium 238 » et pas de « thorium 230 ». La méthode de datation de ces carbonates repose sur le rapport des nombres de noyaux :  $\frac{N(^{230}\text{Th})}{N(^{238}\text{U})}$ . Ce rapport augmente au cours du

temps jusqu'à « l'équilibre séculaire ». Celui-ci correspond à l'état où les deux populations des noyaux d'« uranium 238 » et de « thorium 230 » ont même activité.

1.6.1. L'activité  $A(t)$  d'une population de noyaux identiques est définie ici par :

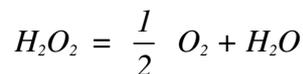
$$A(t) = - \frac{dN(t)}{dt}$$

Montrer que  $A(t) = \lambda \cdot N(t)$  pour une population de noyaux donnée.

1.6.2. En déduire, qu'à l'équilibre séculaire, le rapport  $\frac{N(^{230}\text{Th})}{N(^{238}\text{U})}$  est constant.

## 2. Temps de demi-réaction

On étudie maintenant la décomposition chimique au cours du temps, en présence d'un catalyseur, d'une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée, de concentration molaire effective  $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 9,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  à  $t_0 = 0 \text{ s}$ , suivant la réaction :



Le peroxyde d'hydrogène se décompose à température ambiante.

**La courbe 1** de l'annexe, page A3, **À RENDRE AVEC LA COPIE**, donne l'évolution de la concentration de la solution aqueuse d'eau oxygénée en fonction du temps.

2.1. L'eau oxygénée est le réducteur du couple  $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}_2$ .

En utilisant l'équation associée à la réaction ci-dessus, donner le second couple auquel appartient l'eau oxygénée, en précisant le rôle de celle-ci.

2.2. Justifier en exploitant la courbe, sans calcul, le fait que l'on peut considérer la décomposition du peroxyde d'hydrogène comme une transformation chimique lente et totale.

2.3. Définir le temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur approximative à partir de la courbe 1 de l'annexe, page A3.

2.4. Effet de la concentration initiale.

**La courbe 2** de l'annexe, page A3, donne l'évolution de la concentration de la solution d'eau oxygénée en fonction du temps, avec  $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 1,8 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

À partir des courbes 1 et 2, quelle est l'influence de la concentration molaire initiale sur le temps de demi-réaction ?

2.5. Effet de la température :

Sur la figure de l'annexe, page A3, **À RENDRE AVEC LA COPIE**, tracer l'allure de la courbe donnant, **pour une température plus faible**, l'évolution de la concentration de la solution d'eau oxygénée en fonction du temps, avec  $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 9,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

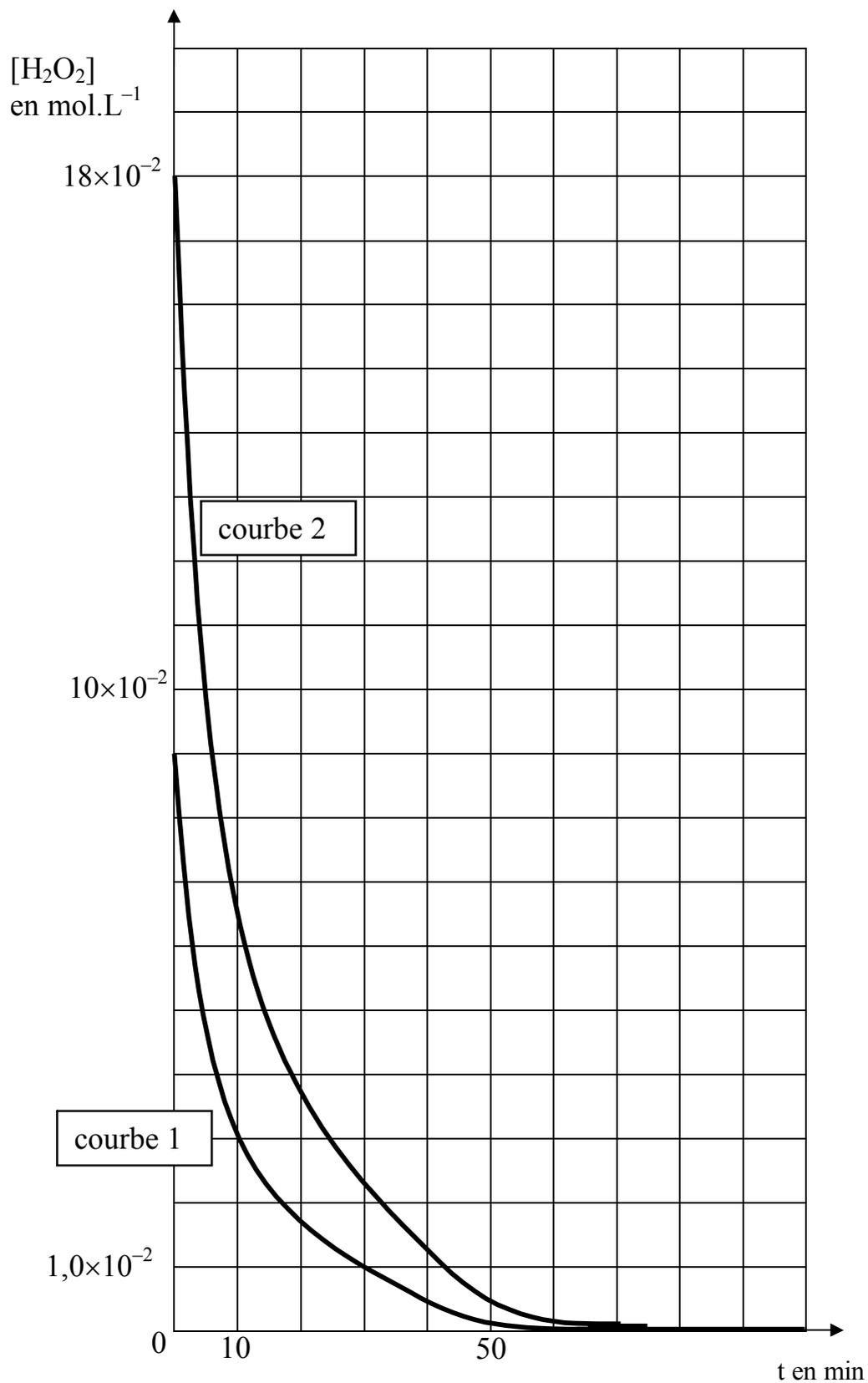
## 3. Conclusion

$\frac{N(t)}{N_0}$  et  $[\text{H}_2\text{O}_2](t)$  évoluent dans le temps suivant la même loi mathématique. Quelle(s)

analogie(s) et quelle(s) différence(s) peut-on constater en ce qui concerne les facteurs qui influencent le temps de demi-vie et le temps de demi-réaction dans les exemples étudiés ?

*Remarque : ce résultat, obtenu dans le cas de la réaction étudiée, n'est pas généralisable à toute transformation chimique.*

ANNEXE 1 RELATIVE À L' EXERCICE II



**A RENDRE AVEC LA COPIE**