

3 h

امدة

الفيزياء والكيمياء

أطارة

7

المعامل

شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية - عيار فرنسي

الشعبة

*L'usage de la calculatrice scientifiques non programmable est autorisé.  
On donnera les expression littérales avant de passer aux applications numériques.*

*Le sujet comporte quatre exercices :*

### **Exercice 1 (7 points) :**

- Détermination de la constante d'acidité par pH-métrie.
- Synthèse d'un ester.

### **Exercice 2 (2,75 points) :**

- Médecine nucléaire.

### **Exercice 3 (5,00 points) :**

- Charge d'un condensateur.
- Décharge d'un condensateur.
- Modulation et démodulation d'amplitude.

### **Exercice 4 ( 5,25 points) :**

- Étude du mouvement d'un système mécanique.
- Pendule simple.

## EXERCICE 1( 7 points)

*L'acide éthanoïque est un antiseptique et un désinfectant. Il représente le principal constituant du vinaigre et lui donne son goût acide et son odeur piquante.*

*L'éthanoate de butyle est un solvant couramment utilisé dans l'industrie chimique comme additif alimentaire dans la production de sucreries, de crèmes glacées et de fromages.*

Cet exercice se compose de deux parties indépendantes et vise :

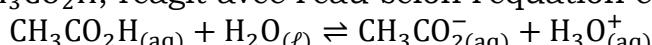
→ La détermination d'une constante d'acidité par pH-métrie ;

→ L'étude de la synthèse d'un ester.

### **Partie 1: Détermination de la constante d'acidité par pH-métrie**

Une solution d'acide éthanoïque, de concentration molaire  $C = 2,7 \cdot 10^{-3}$  mol.L<sup>-1</sup> a un pH égal à 3,70 à 25°C.

L'acide éthanoïque CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>H, réagit avec l'eau selon l'équation chimique :



0,5

1) Donner la définition d'un acide selon Brönsted.

0,5

2) Dans l'équation ci-dessus, identifier les deux couples acide/base mis en jeu.

0,5

3) Vérifier, que le taux d'avancement final de la réaction est  $\tau \approx 7,4 \cdot 10^{-2}$ .

0,5

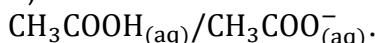
4) La transformation étudiée est-elle totale ? Justifier votre réponse.

0,5

5) Donner l'expression littérale du quotient de réaction  $Q_{r,\text{éq}}$  à l'état d'équilibre du système chimique en fonction de C et pH.

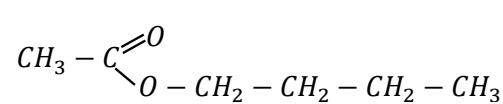
0,25

6) En déduire la valeur de la constante d'acidité  $K_A$  associée au couple

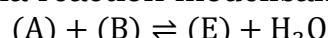


### **Partie 2: Synthèse d'un ester**

La synthèse de l'éthanoate de butyle (E), dont la formule semi-développée est représentée ci-contre, peut être réalisée à partir d'un acide carboxylique (A) et d'un alcool (B).



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



0,5

1) Identifier, dans la formule du composé (E), le groupe caractéristique.

2) Déduire, à partir de la formule semi développée de (E), les formules semi développées des composés (A) et (B).

3) Pour synthétiser au laboratoire l'éthanoate de butyle (E) à partir des composés (A) et (B), on introduit dans un bêcher, placé dans un bain d'eau glacée,  $n_A = 0,10$  mol d'acide carboxylique (A),  $n_B = 0,10$  mol d'alcool (B) et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. À l'état d'équilibre du système chimique, la quantité de matière d'ester formé est  $n_f(E) = 6,67 \cdot 10^{-2}$  mol.

0,25

3.1. Quel rôle joue l'acide sulfurique dans le milieu réactionnel ?

0,5

3.2. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre  $K$  associée à l'équation chimique de la réaction d'estérification.

0,5

3.3. Déterminer le rendement  $r_1$  de cette synthèse.

0,5

4) À partir des mêmes réactifs (acide carboxylique (A) et alcool (B)), indiquer une méthode permettant d'augmenter le taux d'avancement final.

5) Pour améliorer le rendement, on introduit dans un bêcher, placé dans un bain d'eau glacée,  $n_A = 0,10$  mol d'acide carboxylique (A),  $n_B = 0,20$  mol d'alcool (B) et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

5.1. Montrer que dans ce cas que l'avancement de la réaction à l'équilibre

Barème

**0,75**  $x_{\text{éq}} = 8,45 \cdot 10^{-2}$  mol, et déduire le rendement  $r_2$  de cette synthèse.

**0,25** 5.2. Comparer  $r_1$  et  $r_2$ , déduire ?

6) Pour synthétiser l'éthanoate de butyle par une transformation chimique rapide et totale, il est possible de remplacer l'acide carboxylique (A) par un de ses dérivés.

**0,5** 6.1. Donner le nom et la formule semi-développée de ce dérivé.

**0,5** 6.2. En utilisant les formules semi développées, écrire l'équation chimique de la réaction dans ce cas.

## EXERCICE 2 (2,75 points)

*La scintigraphie est une technique d'imagerie médicale réalisée uniquement dans les services de médecine nucléaire. Elle consiste à injecter des traceurs radioactifs dans le corps d'un patient.*

Parmi les radionucléides utilisés, on trouve : l'iode 131 et l'iode 123.

Cet exercice vise l'étude d'une utilisation de l'iode en médecine nucléaire.

**Données:**

| Particule ou noyau   | Tellure Te  | Iode I     | Xénon Xe   | Électron |
|--|---|------------|--|----------|
| Masse en u   | 134,916451  | 130,906114 | 130,905071   | 0,000549 |
| Demi vie de l'iode ${}^{131}_{53}\text{I}$ : $t_{1/2} = 8$ jours | $1u = 931,5\text{MeV}\cdot\text{c}^{-2}$                  |            |  |          |
| Énergie de liaison :   | $\mathcal{E}_L({}^{123}_{53}\text{I}) = 886,83\text{MeV}$ |            | $\mathcal{E}_L({}^{131}_{53}\text{I}) = 1076,07\text{MeV}$ |          |

**0,25** 1) Que représente les deux noyaux  ${}^{123}_{53}\text{I}$  et  ${}^{131}_{53}\text{I}$  ?

2) L'iode  ${}^{131}_{53}\text{I}$  se désintègre selon l'équation :  ${}^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + \beta^-$ .

**0,25** 2.1. Déterminer les valeurs de  $A$  et  $Z$ .

2.2. Le bilan énergétique de la désintégration d'un noyau  ${}^{131}_{53}\text{I}$  s'écrit :

$\Delta E = \left( m({}^A_Z\text{X}) + m(\beta^-) - m({}^{131}_{53}\text{I}) \right) \cdot c^2$  avec  $\Delta E = -0,46\text{MeV}$ . Déterminer, en unité  $u$ , la valeur de  $m({}^A_Z\text{X})$ . Identifier le noyau  ${}^A_Z\text{X}$ .

**0,5** 3) Déterminer, en justifiant votre réponse, le noyau le plus stable parmi  ${}^{131}_{53}\text{I}$  et  ${}^{123}_{53}\text{I}$ .

4) Pour cette scintigraphie, on injecte à un patient à l'instant  $t_0 = 0$ , une dose d'iode  ${}^{131}_{53}\text{I}$  d'activité initiale  $a_0 = 5 \cdot 10^{10}$  Bq.

4.1. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

a. La valeur de la constante radioactive de l'iode  ${}^{131}_{53}\text{I}$  vaut :

- |          |   |          |   |          |   |          |   |
|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|
| <b>A</b> | $\lambda = 1,22 \cdot 10^{-2}\text{s}^{-1}$ | <b>B</b> | $\lambda = 6,35 \cdot 10^{-4}\text{s}^{-1}$ | <b>C</b> | $\lambda = 1,00 \cdot 10^{-6}\text{s}^{-1}$ | <b>D</b> | $\lambda = 2,15 \cdot 10^{-5}\text{s}^{-1}$ |
|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|

b. Le nombre de noyaux  ${}^{131}_{53}\text{I}$  injectés initialement au patient est :

- |          |                      |          |                         |          |                         |          |                         |
|----------|----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|
| <b>A</b> | $N_0 = 2 \cdot 10^8$ | <b>B</b> | $N_0 = 5 \cdot 10^{11}$ | <b>C</b> | $N_0 = 2 \cdot 10^{12}$ | <b>D</b> | $N_0 = 5 \cdot 10^{16}$ |
|----------|----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|

4.2. L'examen est pratiqué quatre (4) heures après l'injection de l'iode  ${}^{131}_{53}\text{I}$ .

Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

L'activité  $a$  de l'échantillon après quatre (4) heures de l'injection vaut :

- |          |                             |          |                             |          |                          |          |                          |
|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| <b>A</b> | $a = 5,21 \cdot 10^{10}$ Bq | <b>B</b> | $a = 4,93 \cdot 10^{10}$ Bq | <b>C</b> | $a = 3,39 \cdot 10^9$ Bq | <b>D</b> | $a = 7,81 \cdot 10^9$ Bq |
|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|

## EXERCICE 3 (5points)

*Les circuits RC, RLC, ... sont utilisés dans les montages électroniques de plusieurs appareils électriques et électroniques.*

On se propose, dans cet exercice d'étudier :

- La réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension ;
- Les oscillations libres dans un circuit RLC série ;
- La modulation et démodulation d'amplitude ;

**Partie 1 : étude de la charge d'un condensateur :**

Le montage représenté dans la figure 1 se compose de :

- Un générateur idéal de tension de f.e.m.  $E = 6 \text{ V}$ ;
- Un conducteur ohmique de résistance  $R$  ;
- Un condensateur de capacité  $C_1$  ;
- Une bobine (b) d'inductance  $L$ .
- Deux interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ .

On ferme l'interrupteur  $K_1$  et on ouvre l'interrupteur  $K_2$  le condensateur est désormais traversé par un courant  $i$  variable en fonction du temps comme l'indique le graphe de la figure 2.

La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'origine des temps.

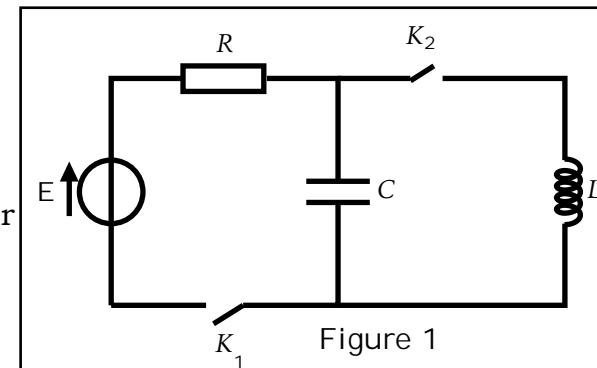


Figure 1

- 0,25 1) Montrer sur le montage précédent, comment faut-il brancher un oscilloscope à mémoire pour visualiser la tension  $u_R$ .
- 0,25 2) L'expression de l'intensité du courant circulant dans le circuit s'écrit sous la forme :  $i(t) = A \cdot e^{-t/\tau}$ , où  $\tau$  est une constante du temps du dipôle RC. Trouver l'expression de  $A$  en fonction de  $R$  et  $E$ .
- 0,5 3) En utilisant le graphe  $i = f(t)$ , déterminer la résistance  $R$  et vérifier que la capacité est :  $C_1 = 10\mu\text{F}$ .
- 0,25 4) On veut augmenter la durée de charge  $t_f$ , en montant dans le circuit de la figure 1, un autre condensateur de capacité  $C_2$ , on obtient ainsi une capacité équivalente  $C$
- 0,25 4.1) Comment on doit monter les deux condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ , en série ou en parallèle ? Justifier.
- 0,25 4.2) Trouver la valeur de  $C_2$ , pour que la durée de charge soit  $t_f = 100 \text{ ms}$ .
- 0,5 5) Trouver l'expression numérique de la tension  $U_R(t)$ .

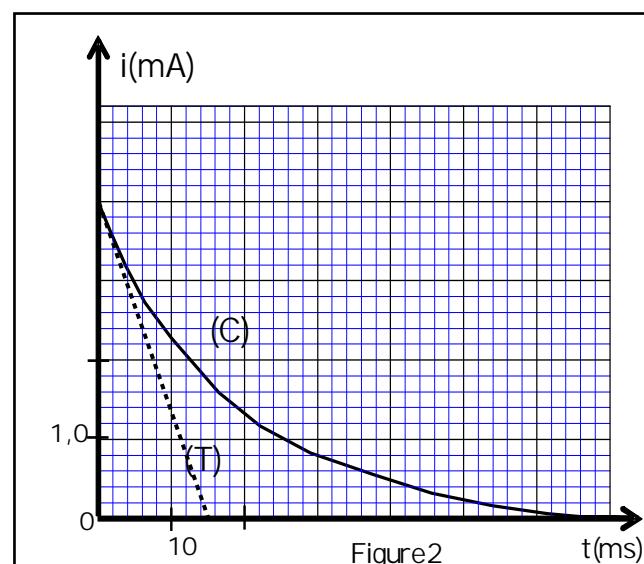


Figure 2

**Partie 2 : étude de la décharge d'un condensateur :**

Quand le condensateur de capacité  $C_1$  est chargé on ferme  $K_2$  et on ouvre  $K_1$  à un instant  $t = 0$ , l'équation horaire de l'intensité de courant électrique s'écrit :

$$i(t) = 0,06 \cdot \cos \left( 1000 \cdot \pi \cdot t + \frac{\pi}{2} \right) (\text{A})$$

- 0,25 1) Trouver, l'équation différentielle vérifiée par  $i(t)$

- 2) La solution de l'équation différentielle s'écrit ainsi :

0,5  $i(t) = I_m \cos \left( \frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi \right)$ , déterminer les valeurs de  $I_m$ ,  $T_0$  et  $\varphi$ .

Barème

0,25

0,25

0,5

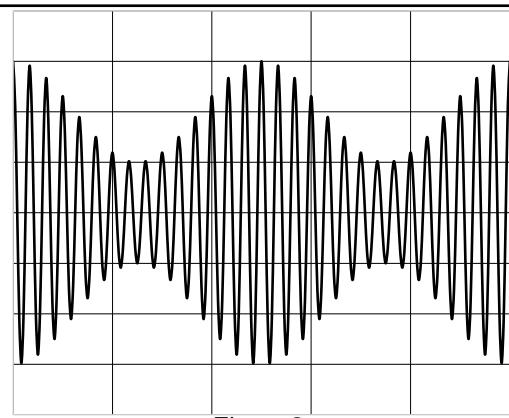
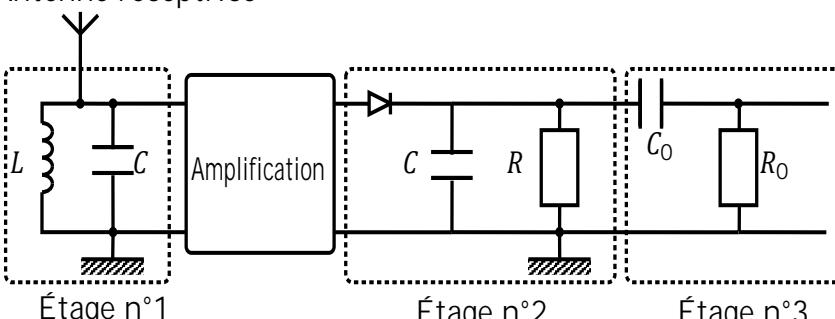
- 3) Déterminer l'inductance de la bobine  $L$ .  
 4) Déterminer l'énergie totale  $E_t$  du circuit.  
 5) Trouver l'énergie électrique  $E_{e1}$  emmagasinée dans le condensateur à l'instant  $t_1 = 10 \text{ ms}$ .

**Partie 3 : Modulation et démodulation d'amplitude :**

La courbe de la figure 3 représente une tension obtenue à la sortie d'un multiplieur lors d'un montage réalisé en TP. Le schéma du montage ci-dessous est utilisé afin de recevoir le signal correspondant et de retrouver "le signal image" du message transmis (figure 4).

**Données :** La porteuse a pour fréquence  $F = 30\text{kHz}$ ,  $L = 1,5\text{mH}$ ,  $S_V = 1\text{V/div}$ ;  $S_h = 2 \text{ ms/div}$ .

Antenne réceptrice



0,5

0,25

0,5

1)Vérifier que la modulation est de bonne qualité.

2)Quel est le type du filtre de l'étage  $n^{\circ}3$ ? Et quel est son rôle ?

3)Montrer que l'intervalle des valeurs de la résistance  $R$  permettant une bonne détection de l'enveloppe de la tension modulée dans ce montage est :

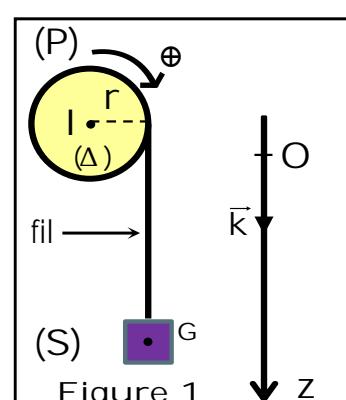
$$4\pi^2 \cdot L \cdot F \ll R < \frac{4\pi^2 \cdot L F^2}{f}$$

Proposer une valeur convenable.

**EXERCICE 4 ( 5,25 points)****Partie 1 : Etude du mouvement d'un système mécanique :**

On dispose d'une poulie homogène de rayon  $r = 10 \text{ cm}$  et de moment d'inertie  $J_\Delta$  par rapport à un axe fixe ( $\Delta$ ) horizontal passant par son centre O. La poulie peut tourner autour de l'axe ( $\Delta$ ).

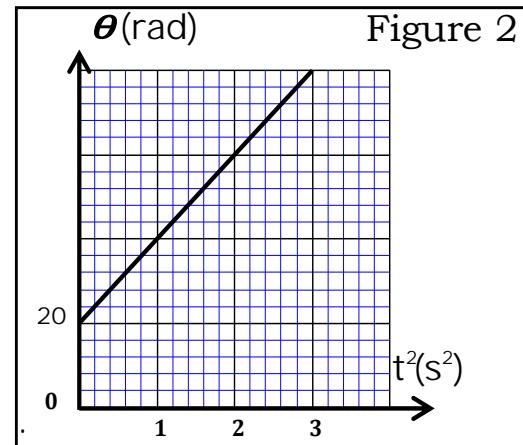
- On enroule autour de la gorge de la poulie un fil inextensible et de masse négligeable.
- On attache à l'extrémité libre du fil un solide (S) de centre d'inertie G et de masse  $m = 200 \text{ g}$  (figure 1).
- Lors du mouvement, le fil ne glisse pas sur la gorge de la poulie.
- On libère le système {poulie ; solide (S); fil} sans vitesse à un instant pris comme origine des dates ( $t = 0$ ).



- On étudie le mouvement du système dans repère lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.
- On repère, à un instant  $t$ , la position de la poulie par son abscisse angulaire  $\theta$  et la position du centre d'inertie G par sa cote z dans le repère ( $O; \vec{k}$ ).

Barème

- On néglige les frottements et on prend l'intensité de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- 1) La courbe de la figure 2 représente la variation de l'abscisse angulaire  $\theta$  en fonction du carré du temps ( $\theta = f(t^2)$ ).
- 1.1. Déduire la nature du mouvement du solide (S).
  - 1.2. Vérifier que l'accélération angulaire  $\ddot{\theta}$  du mouvement est :  $\ddot{\theta} = 20 \text{ rad.s}^{-2}$ , et déduire l'accélération  $a$  du centre d'inertie G du solide (S)
  - 2) En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer l'intensité  $T$  de la tension du fil.
  - 3) En appliquant la relation fondamentale de la dynamique dans le cas de la rotation, trouver la valeur de  $J_\Delta$ .
  - 4) Déterminer le nombre de tours  $n$  effectuer par la poulie à l'instant  $t_1 = 2,5 \text{ s}$ .



### **Partie 2 : Pendule simple :**

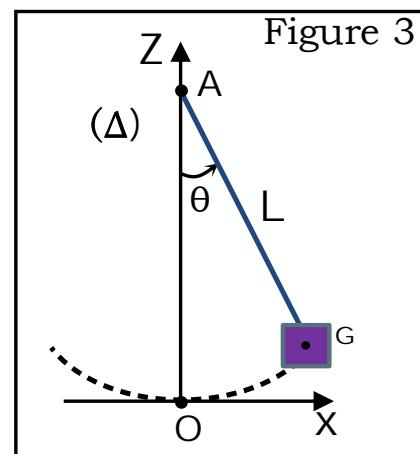
On attache dans cette partie le solide (S) de masse  $m$  à l'extrémité d'un fil inextensible de longueur  $L = 58 \text{ cm}$ , pour former un pendule simple. (figure 3)

→ Le solide (S) peut tourner autour d'un axe fixe passant par le point 0.

→ Le système est repéré, à chaque instant  $t$ , par son abscisse angulaire  $\theta$ .

→ On écarte le pendule dans le sens positif, d'un angle  $\theta_m$  par rapport à sa position d'équilibre et on la lâche sans vitesse initiale à un instant  $t = 0$ .

→ La courbe de la figure 4 représente les variations de l'énergie cinétique  $E_c$  en fonction du carré de l'abscisse angulaire :  $E_c = f(\theta)^2$ .



→ Le moment d'inertie  $J_\Delta$  de pendule par rapport à l'axe de rotation ( $\Delta$ ) est :  $J_\Delta = m \cdot L^2$ .

→ On néglige tous les frottements et pour les angles faibles :  $\sin \theta \approx \theta$  et  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$  avec  $\theta$  en radian .

→ On choisit  $E_{pp} = 0$  pour  $z = 0$

1) Donner l'expression de l'énergie mécanique  $E_m$  en fonction de  $m$  et  $g$  et  $L$  et  $\theta$  et  $\dot{\theta}$

2) Trouver l'équation différentielle du mouvement.

3) En utilisant la courbe déterminer :

a- la valeur de  $\theta_m$

b- la vitesse linéaire maximale  $V_{max}$  du solide

c- L'énergie mécanique  $E_m$

4) Déduire la valeur de l'énergie potentielle  $E_{pp}$  du système à  $\theta_1 = 0,1 \text{ rad}$

5) Trouver les deux abscisses angulaires pour les quelles  $E_c = 2 \cdot E_{pp}$ .

