

|                                                   |                                                              |                                     |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| RÉPUBLIQUE TUNISIENNE<br>MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION | <b>EXAMEN DU BACCALAURÉAT * * * Session de contrôle 2026</b> |                                     |
|                                                   | Épreuve : <b>Sciences physiques</b>                          | Section : <b>Mathématiques</b>      |
|                                                   | Durée : <b>3h</b>                                            | Coefficient de l'épreuve : <b>4</b> |

N° d'inscription      

Le sujet comporte cinq pages numérotées de 1/5 à 5/5  
La page 5/5 est à compléter par le candidat et à remettre avec la copie

## CHIMIE (7 points)

### Exercice 1 (3 points)

On se propose d'étudier la réaction d'hydrolyse en phase liquide, d'un ester **E** de formule  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ , symbolisée par l'équation chimique suivante :  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

Pour ce faire, dans un erlenmeyer propre, sec et mis dans un bain d'eau glacée, on introduit l'ester **E**, l'eau et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, jouant le rôle de catalyseur. Après homogénéisation, on répartit équitablement le contenu de cet erlenmeyer dans des tubes à essais placés préalablement dans un bain d'eau glacée. À l'instant  $t = 0$ , pris comme origine des temps, on place les tubes dans un bain thermostaté porté à une température  $\Theta$  convenable, après les avoir équipés chacun d'un réfrigérant à air.

À des instants successifs, on détermine la quantité d'acide éthanóique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) formé dans chacun des tubes par un dosage acido-basique à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) de concentration molaire  $C_b = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ . Cela permet de déduire la composition du mélange réactionnel dans chacun de ces tubes.

- 1) Préciser la raison d'équiper chacun des tubes par un réfrigérant à air.
- 2) Dans une première expérience, chaque tube contient initialement un mélange équimolaire constitué de  $n_0 \text{ mol}$  de l'ester **E** et  $n_0 \text{ mol}$  d'eau. Les mesures faites ont permis de tracer la courbe ( $\mathcal{C}$ ) de la figure 1, traduisant l'évolution temporelle de la fonction des concentrations  $\pi$  relative à l'équation chimique associée à la réaction d'hydrolyse.

a- Exprimer  $\pi$  en fonction de  $n_0$  et  $x$  ; où  $x$  est l'avancement de la réaction étudiée.

b- Montrer que la constante d'équilibre  $K$  relative à la réaction étudiée, peut s'écrire sous la forme :  $K = \frac{\tau_f^2}{(1 - \tau_f)^2}$  ;  $\tau_f$  étant le taux d'avancement final de cette réaction.

c- On désigne par  $t_1$ , l'instant auquel l'avancement de la réaction étudiée est égal à la moitié de son avancement final  $x_f$ .

c1- Montrer qu'à l'instant  $t_1$ , la fonction des concentrations  $\pi$  peut s'écrire sous la forme :  $\pi(t_1) = \frac{\tau_f^2}{(2 - \tau_f)^2}$ .

c2- En exploitant la courbe ( $\mathcal{C}$ ) de la figure 1, relever la valeur de  $K$  et déduire celles de  $\tau_f$ ,  $\pi(t_1)$  et  $t_1$ .

- 3) Dans une deuxième expérience, on opère à la même température  $\Theta$  et de manière analogue que précédemment mais, avec un mélange non équimolaire, où chaque tube renferme initialement  $n_0 \text{ mol}$  de l'ester **E** et  $6n_0 \text{ mol}$  d'eau.

a- Déterminer la nouvelle valeur  $\tau'_f$  du taux d'avancement final de la réaction étudiée. Déduire alors l'intérêt pratique de l'utilisation d'un excès d'eau par rapport à l'ester **E** lors de cette réaction d'hydrolyse.

b- En déduire  $n_0$ , sachant que le volume de la solution d'hydroxyde de sodium relatif au dosage de la quantité d'acide éthanóique formé dans un tube lors de l'atteinte de l'équilibre chimique dans la deuxième expérience, est  $V_{bE} = 11,5 \text{ mL}$ .

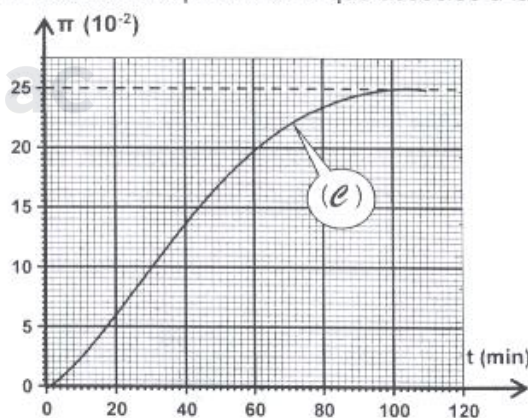


Figure 1



### Exercice 2 (4 points)

À la température  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , on réalise les piles électrochimiques ( $P_1$ ) et ( $P_2$ ) dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau ci-contre :

| Pile      | Symbole de la pile                                                              | fem initiale           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| ( $P_1$ ) | $\text{Ni}   \text{Ni}^{2+}(\text{C})    \text{Co}^{2+}(\text{C}')   \text{Co}$ | $E_1 = -0,05\text{ V}$ |
| ( $P_2$ ) | $\text{Ni}   \text{Ni}^{2+}(\text{C}')    \text{Co}^{2+}(\text{C})   \text{Co}$ | $E_2 = 0,01\text{ V}$  |

On supposera qu'aucune des électrodes ne sera complètement consommée et que les volumes dans les compartiments des piles ( $P_1$ ) et ( $P_2$ ) restent constants et égaux à  $100\text{ mL}$ .

1) a- Exprimer les fem initiales  $E_1$  et  $E_2$  respectivement des piles ( $P_1$ ) et ( $P_2$ ) en fonction de leur fem standard  $E^{\circ}$  et des concentrations  $C$  et  $C'$ .

b- Montrer que :  $E^{\circ} = -0,02\text{ V}$  et  $C = 10C'$ .

c- Dédurre la valeur de la constante d'équilibre  $K$  relative à l'équation associée à chacune des piles ( $P_1$ ) et ( $P_2$ ).

2) On réalise maintenant un circuit électrique comportant, montés en série, la pile ( $P_1$ ), un ampèremètre, un conducteur ohmique et un interrupteur. À l'instant  $t = 0$ , on ferme le circuit.

a- Dresser le tableau descriptif en avancement volumique  $y$  de l'évolution du système chimique de la pile ( $P_1$ ).

b- Montrer que l'avancement volumique final  $y_f$  de la réaction chimique spontanée se produisant au sein de la

pile ( $P_1$ ), peut s'écrire sous la forme :  $y_f = \frac{C(10 - K)}{10(1 + K)}$ .

c- Sachant que  $y_f = 80,6 \cdot 10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$ , déterminer  $C$  ainsi que les concentrations finales des ions  $\text{Ni}^{2+}$  et  $\text{Co}^{2+}$ .

d- Lorsque la pile ( $P_1$ ) est usée, on ouvre le circuit et on ajoute dans le compartiment de droite une masse  $m$  de nitrate de cobalt(II) solide  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ , sans changement appréciable de volume, et dans le compartiment de gauche, on ajoute un volume  $V_e$  d'eau pure. Déterminer  $m$  et  $V_e$  pour que la nouvelle pile ( $P_1'$ ), ainsi constituée, ait les mêmes concentrations initiales en ions  $\text{Ni}^{2+}$  et  $\text{Co}^{2+}$  que celles dans la pile ( $P_2$ ).

On donne la masse molaire du nitrate de cobalt(II) :  $M = 183\text{ g.mol}^{-1}$ .

### PHYSIQUE (13 points)

#### Exercice 1 (6,25 points)

On dispose d'un conducteur ohmique de résistance  $R = 80\text{ }\Omega$ , d'un condensateur de capacité  $C$  initialement déchargé et d'une bobine ( $B$ ) d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ .

On se propose de déterminer les valeurs de  $C$ ,  $L$  et  $r$ . Pour ce faire, on réalise les deux expériences suivantes :

##### Première expérience

On réalise le circuit électrique de la figure 2 ; où ( $G$ ) est un générateur de courant délivrant un courant continu d'intensité constante  $I_0$  et  $K$  un commutateur à deux positions (1) et (2).

On ajuste l'intensité du courant à la valeur  $I_0 = 5\text{ }\mu\text{A}$ . À l'instant  $t = 0$ , on ferme le commutateur sur la position (1) et à l'aide d'un système d'acquisition de données, on suit l'évolution temporelle de l'énergie électrostatique  $E_e$  emmagasinée par le condensateur, ce qui permet de tracer la courbe  $E_e = f(t^2)$  de la figure 3.

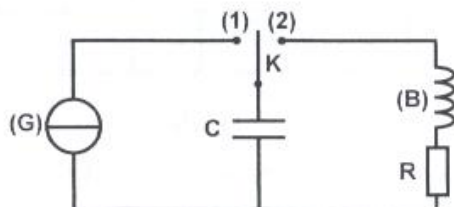


Figure 2

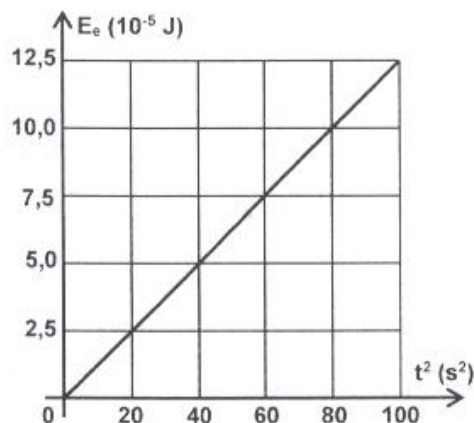


Figure 3

1) Exprimer à un instant  $t$ , la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur en fonction de  $I_0$ ,  $C$  et  $t$ .

2) a- Dédurre l'expression de  $E_e$  en fonction de  $I_0$ ,  $C$  et  $t$ .

b- En exploitant la courbe de la figure 3, déterminer la valeur de  $C$ .



- 3) Lorsque la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur  $U_0 = 5 \text{ V}$ , on bascule le commutateur sur la position (2). L'instant de basculement  $t_0$  est pris comme nouvelle origine des temps ( $t_0 = 0$ ).
- a- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur, peut s'écrire sous la forme : 
$$\frac{d^2 u_c(t)}{dt^2} + \frac{(R+r)}{L} \frac{du_c(t)}{dt} + \frac{1}{LC} u_c(t) = 0$$
- b- Montrer que  $U_0$  peut s'écrire sous la forme  $U_0 = -\frac{L}{R} \left( \frac{du_R(t)}{dt} \right)_{t=0}$  ; où  $u_R(t)$  est la tension aux bornes du conducteur ohmique.
- c- Un système d'acquisition de données permet de tracer la courbe de la **figure 4** de la **page 5/5**, traduisant l'évolution temporelle de la tension  $u_R(t)$ . ( $\Delta$ ) étant la droite tangente à la courbe  $u_R(t)$  à l'instant  $t_0 = 0$ . En exploitant la courbe de la **figure 4**, déterminer la valeur de  $L$ .

### Deuxième expérience

On associe en série le condensateur de capacité  $C$ , la bobine (B) d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ , le conducteur ohmique de résistance  $R$ , un interrupteur  $K'$  et un ampèremètre. L'ensemble est alimenté par un générateur de basses fréquences (GBF) délivrant à ses bornes une tension alternative sinusoïdale  $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$  de valeur maximale  $U_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable.

À l'aide d'un système d'acquisition de données, on suit simultanément l'évolution temporelle des tensions  $u_c(t)$  et  $u_B(t)$  respectivement aux bornes du condensateur et de la bobine.

En faisant varier la fréquence  $N$  du GBF, on constate que pour une valeur particulière  $N_1$  de  $N$ , l'intensité du courant mesurée par l'ampèremètre, passe par une valeur maximale  $I_1 = 50\sqrt{2} \text{ mA}$  et on obtient les chronogrammes (I) et (II) de la **figure 5** de la **page 5/5**.

- 1) Préciser l'état du circuit pour la fréquence  $N_1$ .
- 2) En exploitant les chronogrammes (I) et (II) de la **figure 5** :
  - a- déterminer  $N_1$  ;
  - b- justifier que le chronogramme (II) correspond à  $u_B(t)$  ;
  - c- relever les valeurs maximales  $U_{cm}$  et  $U_{Bm}$  respectivement des tensions  $u_c(t)$  et  $u_B(t)$ .
- 3) a- Retrouver les valeurs de  $C$  et  $L$ .
- b- Dédire la valeur de  $r$  ainsi que celle de  $U_m$ .

### Exercice 2 (4 points)

Une corde élastique homogène suffisamment longue est tendue horizontalement suivant l'axe  $Ox$  d'un repère ( $Oxy$ ) dont l'origine  $O$  coïncide avec l'extrémité  $S$  de la corde. Une lame vibrante impose à cette extrémité des vibrations sinusoïdales verticales de fréquence  $N$  réglable, d'amplitude  $a = 2 \text{ mm}$  et se propageant le long de la corde à une célérité  $v$  constante. L'autre extrémité de la corde est reliée à un support fixe à travers une pelote de coton, comme l'indique la **figure 6**.

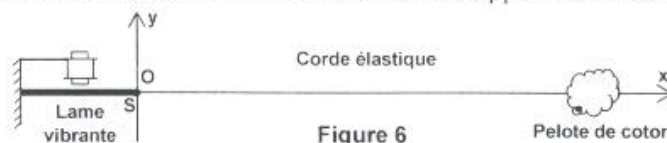


Figure 6

Pelote de coton

L'extrémité  $S$  de la corde débute son mouvement à l'instant  $t = 0$  à partir de sa position de repos confondue avec l'origine  $O$ . Chaque point  $M$  de la corde est repéré lorsque la corde est au repos, par son abscisse  $x = OM$ .

On néglige tout phénomène d'amortissement de l'onde issue de  $S$ .

Pour une valeur  $N'$  de la fréquence  $N$ , on détermine à l'aide d'une méthode appropriée, les instants  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$  pour lesquels les points  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  d'abscisses respectives  $x_1$ ,  $x_2$  et  $x_3$  débutent leurs mouvements.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

| Point         | $M_1$         | $M_2$         | $M_3$            |
|---------------|---------------|---------------|------------------|
| Abscisse (cm) | $x_1 = 10$    | $x_2 = \dots$ | $x_3 = x_2 + 15$ |
| Instant (ms)  | $t_1 = \dots$ | $t_2 = 40$    | $t_3 = 55$       |

- 1) En exploitant ce tableau :
  - a- déterminer la célérité  $v$  ;
  - b- déduire les valeurs de  $t_1$  et  $x_2$ .



- 2) Sachant que  $M_1$  est le point le plus proche de l'extrémité  $S$ , qui vibre en opposition de phase avec celle-ci :
  - a- déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  ;
  - b- déduire la fréquence  $N'$ .
- 3) À l'instant  $t_3$ , l'élongation du point  $M_1$  est égale à 2 mm.
  - a- Représenter sur la **figure 7** de la **page 5/5**, l'aspect de la corde à l'instant  $t_3$ .
  - b- Déterminer graphiquement les abscisses des points qui vibrent en phase avec  $M_1$  à l'instant  $t_3$ .
- 4) On désire augmenter le nombre de points qui vibrent en phase avec  $M_1$  à l'instant  $t_3$ , sans modifier la célérité  $v$ .
  - a- Justifier que l'on doit réaliser l'expérience décrite précédemment, avec une fréquence  $N$  supérieure à  $N'$ .
  - b- On fixe la fréquence du vibreur à la valeur  $N'' = 2N'$ .  
Déterminer le nombre de points qui vibrent en phase avec  $M_1$  à l'instant  $t_3$ .

### Exercice 3 (2,75 points)

### Étude d'un document scientifique

#### L'expérience de Franck et Hertz : preuve de la quantification de l'énergie d'un atome

Le tube de Frank-Hertz contient la vapeur de mercure et comprend un système de 3 électrodes  $K$ ,  $G$  et  $A$ , représenté par la **figure 8**. Les électrons émis par la cathode chaude  $K$  sont accélérés par la tension  $U$  entre la grille  $G$  et la cathode  $K$ .

Entre la grille  $G$  et le collecteur  $A$ , on applique une tension inverse  $\varepsilon$  de freinage, de sorte que seuls les électrons ayant une énergie suffisante apportent leur contribution au courant du collecteur  $A$ .

On augmente progressivement la tension accélératrice  $U$  tout en mesurant le courant  $I$  du collecteur. Tant que la tension  $U$  est faible, les électrons ne subissent que des collisions élastiques, donc ne perdent pas leur énergie. Par conséquent, le courant  $I$  augmente continuellement avec la tension  $U$ . Lorsque cette tension atteint un seuil critique  $U_s = 4,9 \text{ V}$ , le courant  $I$  passe par un maximum (pic de courant) indiquant qu'à cette valeur  $U_s$ , les électrons cèdent par collision inélastique, toute leur énergie cinétique  $E_c = eU_s$  aux atomes de mercure, qui sont ainsi excités.

Juste après cette valeur de  $U_s$ , le courant diminue brutalement du fait que les électrons qui atteignaient précédemment le collecteur n'ont plus, après la collision, l'énergie suffisante pour surmonter la tension de freinage  $\varepsilon$  et sont donc arrêtés en cours de vol.

La désexcitation de l'atome de mercure est alors responsable de l'émission d'une raie ultraviolette de longueur d'onde  $\lambda$ .

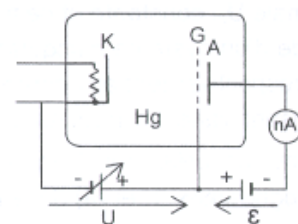


Figure 8

D'après : « Université de Genève ; <https://www.unige.ch> »

- 1) a- Indiquer le rôle joué par chacune des tensions  $U$  et  $\varepsilon$ .
  - b- Interpréter la croissance continue du courant du collecteur pour  $U < 4,9 \text{ V}$ .
  - c- Préciser l'origine de la chute de courant juste après le seuil critique  $U_s = 4,9 \text{ V}$ .
- 2) a- Justifier que l'expérience de Franck et Hertz met en évidence la quantification des niveaux d'énergie de l'atome de mercure.
  - b- Dire si le pic de courant correspond à une émission ou à une absorption d'énergie par l'atome de mercure.
- 3) a- Donner en **eV**, l'énergie cinétique minimale d'un électron capable d'exciter un atome de mercure.
  - b- Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  du photon émis lors de la désexcitation de l'atome de mercure.

On donne : - la charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  
 - la célérité de la lumière  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  
 - la constante de Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ .



Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....

Nom et Prénom : .....

Date et lieu de naissance : .....

Signatures des surveillants

.....  
.....


**Épreuve: Sciences physiques - Section: Mathématiques**  
**Session de contrôle (2026)**  
**Feuille annexe à remettre avec la copie**

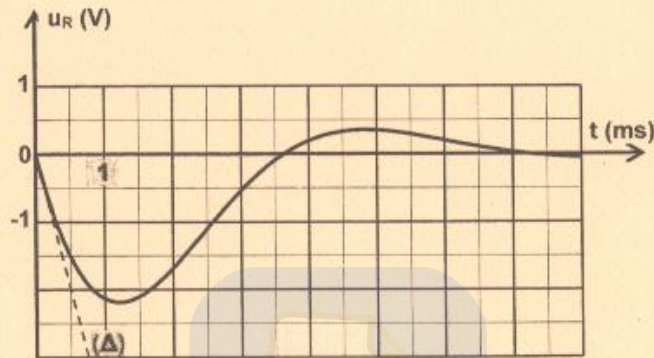


Figure 4

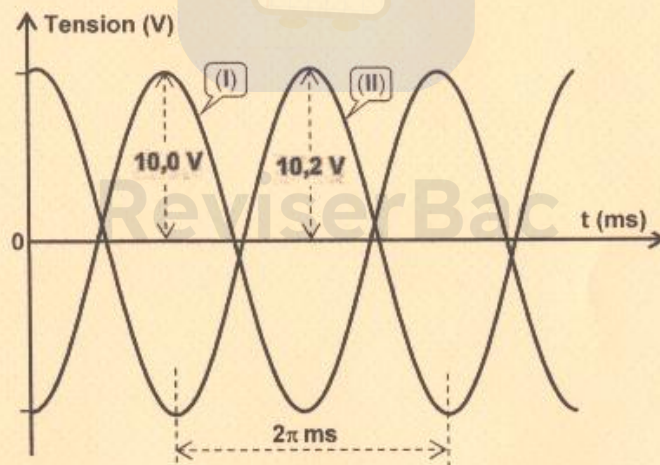


Figure 5

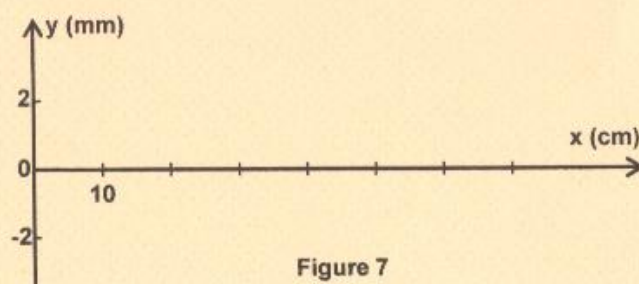


Figure 7

