3h	مدة الإنجاز	الفيزياء والكيمياء	المادة
7	المعامل	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية)	الشعبة المسلك

- ✓ *L'usage de la calculatrice scientifique **non programmable** est autorisé.*
- ✓ *On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.*
- ✓ *Les exercices peuvent être traités selon l'ordre choisi par le candidat.*

Le sujet comporte cinq exercices : un exercice de chimie et quatre exercices de physique.

Exercice 1 : (7 points)

- Etude de la pile fer - zinc
- Etude d'une solution aqueuse d'une base

Exercice 2 : (2,5 points)

- Propagation d'une onde mécanique

Exercice 3 : (2 points)

- Désintégration en chaine

Exercice 4 : (3,5 points)

- Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension
- Oscillations libres dans un circuit RLC série

Exercice 5 : (5 points)

- Mouvement d'un corps solide

EXERCICE 1 (7 points) : Chimie

Les deux parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie 1 : Etude de la pile fer - zinc

Parmi les applications des réactions d'oxydoréduction on trouve les piles électrochimiques. Au cours du fonctionnement de ces piles, une partie de l'énergie chimique produite par ces réactions est transformée en énergie électrique.

La pile fer-zinc étudiée dans cette partie est composée de deux compartiments (1) et (2) liés par un pont salin.

Le compartiment(1) contient un volume V_1 de solution de sulfate de fer II : $Fe^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration initiale en ion Fer II : $C_1 = \left[Fe^{2+}_{(aq)}\right]_i$ dans laquelle est plongée une plaque de fer.

Le compartiment (2) contient un volume $V_2 = V_1$ de solution de sulfate de zinc $Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration initiale en ion zinc : $C_2 = C_1 = \left[Zn^{2+}_{(aq)}\right]_i$ dans laquelle est plongée une plaque de zinc.

Un circuit électrique est réalisé en branchant un conducteur ohmique, un ampèremètre et un interrupteur en série avec la pile fer–zinc étudiée.

L'ampèremètre est branché de façon que sa borne COM (pôle négatif) soit reliée à l'électrode de zinc.

A un instant de date $t_0 = 0$ on ferme le circuit et l'ampèremètre affiche la valeur constante positive $I = 500\,mA$ de l'intensité du courant électrique durant $\Delta t = t_1 - t_0 = 10\,min$.

Données :

- Couples ox/red intervenant dans la réaction : $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$ et $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$;
- Constante de Faraday : $1F = 9{,}65.10^4\ C.mol^{-1}$;
- Masse molaire : $M(Fe) = 56\,g.mol^{-1}$.

On souligne que la réaction modélisant la transformation qui a eu lieu est totale.

1- Indiquer, en justifiant, l'électrode positive de la pile. **(0,5 pt)**

2- Ecrire l'équation de la réaction au niveau de chaque électrode, et déduire l'équation bilan lors du fonctionnement de la pile. **(0,75 pt)**

3- La pile fonctionne pendant la durée $\Delta t = 10\,min$. Montrer que la variation de la masse de la plaque de fer a pour expression $\Delta m = \dfrac{I.\Delta t.M(Fe)}{2.F}$. Calculer sa valeur. **(1 pt)**

Partie 2 : Etude d'une solution aqueuse d'une base

Dans cette partie de l'exercice on se propose d'étudier une solution aqueuse d'une amine $R\text{-}NH_2$ où R est une chaine carbonée. Cette amine a un caractère basique, elle se transforme en son acide conjugué $R\text{-}NH_3^+$.

On prépare une solution aqueuse S_B de cette amine de volume V et de concentration $C_B = 9{,}0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

La mesure de son pH donne $pH = 11{,}88$.

On note que toutes les mesures sont effectuées à 25°C.

1-Etude de la solution S_B :

1-1- Ecrire l'équation de la réaction de $R\text{-}NH_2$ avec l'eau. **(0,5pt)**

1-2- Les courbes de la figure 1 représentent le diagramme de distribution de la forme acide et de la forme basique du couple $R\text{-}NH^+_{3(aq)} / R\text{-}NH_{2(aq)}$.

En exploitant les courbes de la figure 1:

1-2-1- Vérifier en justifiant que la valeur du pK_A du couple $R\text{-}NH^+_{3(aq)} / R\text{-}NH_{2(aq)}$ est $pK_A = 10{,}8$. **(0,5pt)**

1-2-2- Indiquer en justifiant l'espèce prédominante ($R\text{-}NH_3^+$ ou $R\text{-}NH_2$) dans la solution S_B . **(0,5pt)**

1-2-3- Déterminer la valeur du pH pour que le pourcentage de l'acide soit égal à quatre (4) fois celui de la base. **(0,75pt)**

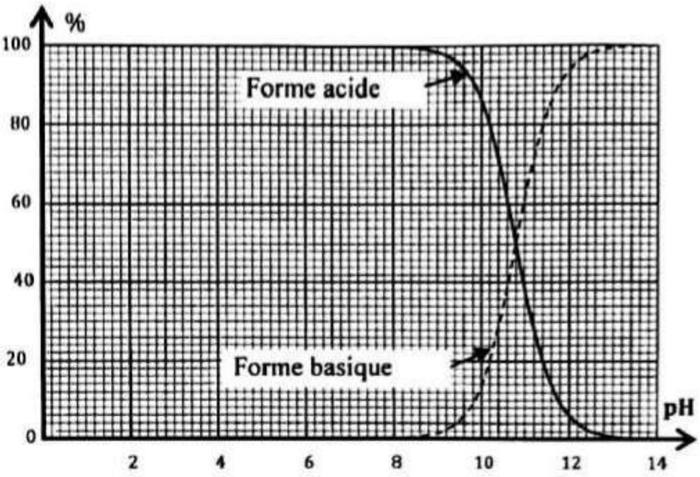


Figure 1

2- Dosage de la solution aqueuse S_B

On a réalisé le dosage d'un volume $V_B = 10{,}0\,mL$ de la solution S_B de concentration $C_B = 9{,}0.10^{-2}\,mol.L^{-1}$, par une solution S_A d'acide chlorhydrique $H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_A = 4{,}5.10^{-2}\,mol.L^{-1}$.

2-1- Ecrire l'équation de la réaction du dosage. **(0,5pt)**

2-2- Déterminer V_{AE} le volume d'acide chlorhydrique qui a été versé pour atteindre l'équivalence. **(0,5pt)**

2-3- Le pH du mélange réactionnel est $pH = 10{,}2$ lorsque le volume versé de la solution S_A est $V_A = 16{,}0\,mL$.
En vous aidant du tableau d'avancement de la réaction de dosage, exprimer x_f l'avancement de la réaction à cet état final en fonction de C_A , V_A , V_B et pH . Vérifier que sa valeur est $x_f \approx 7{,}2.10^{-4}\,mol$. **(0,75pt)**

2-4- Déduire, en calculant τ le taux d'avancement final de la réaction pour $V_A = 16{,}0\,mL$, que la transformation associée à la réaction de dosage est totale. **(0,75pt)**

EXERCICE 2(2,5 points) : Propagation d'une onde mécanique

Dans cet exercice, on se propose d'étudier la propagation d'une onde mécanique dans l'air.
On réalise l'expérience suivante avec deux microphones M1 et M2 distants de $d = 2{,}85\,m$ et reliés aux voies A et B d'un oscilloscope à mémoire. Entre ces deux microphones, un émetteur produit des salves de son.
L'émetteur est à la distance ℓ du microphone M1 . L'émetteur, M1 et M2 sont alignés. (Figure 1).

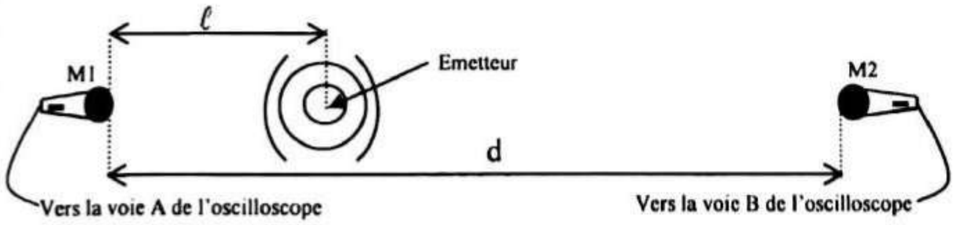


Figure 1

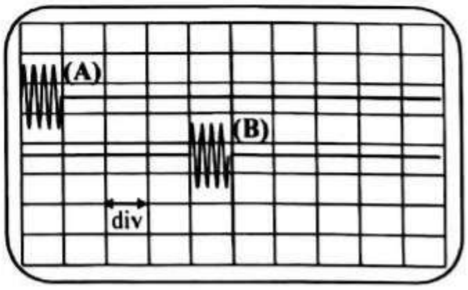


Figure 2

Les oscillogrammes obtenus sur les deux voies A et B de l'oscilloscope sont représentés sur la figure 2.
La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est réglée à $0{,}5\,ms$ par division.

Donnée : - La célérité du son dans l'air est $v = 340\,m.s^{-1}$.

1- Définir une onde mécanique longitudinale. **(0,25pt)**

2- Répondre par vrai ou faux (sans justification) aux propositions suivantes : **(1pt)**

a- Les ondes lumineuses sont des ondes mécaniques.

b- Dans un même milieu, la diffraction modifie la longueur d'onde.

c- La célérité du son dépend du milieu de propagation.

d- Une onde longitudinale se propage avec transport de la matière.

3- Déterminer le retard temporel τ avec lequel le son arrive en M2 par rapport à M1. **(0,5pt)**

4- Déterminer la valeur de ℓ. **(0,75pt)**

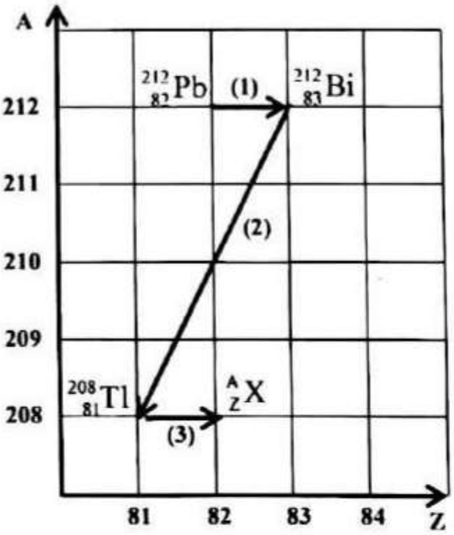
EXERCICE 3 (2 points) : Désintégration en chaine

Suite à des désintégrations en chaine, un nucléide peut se transformer en d'autres jusqu'à obtention d'un nucléide stable, formant ainsi une famille radioactive.

Le diagramme ci-dessous donne quelques nucléides appartenant à une famille radioactive.

Données :* masse des noyaux : $m({}^{212}_{83}Bi) = 211,991286\,u$; $m({}^{208}_{81}Tl) = 207,982019\,u$; $m(\alpha) = 4,002603\,u$;

* $1u = 931,5\,MeV.c^{-2}$.



1- En exploitant le diagramme ci-contre :

1-1- Identifier, en justifiant le type de la désintégration (1). **(0,25pt)**

1-2- Reconnaitre le nucléide ${}^{A}_{Z}X$. **(0,25pt)**

2- On considère la désintégration d'un noyau de bismuth ${}^{212}_{83}Bi$ en noyau de thallium ${}^{208}_{81}Tl$. (Désintégration (2)).

2-1- Ecrire l'équation de cette désintégration. **(0,25pt)**

2-2- Déterminer, en unité (MeV), $E_{libérée} = |\Delta E|$ la valeur de l'énergie libérée par cette désintégration. **(0,5pt)**

2-3- Soit une source radioactive contenant à l'instant t = 0, $N_0 = 2,84.10^{20}$ noyaux radioactifs de bismuth ${}^{212}_{83}Bi$. A l'instant $t_1 = 15min$, le nombre de noyaux de thallium formés est : $N_1 = 4,484.10^{19}$.

Montrer que l'expression de la demi-vie t1/2 du bismuth ${}^{212}_{83}Bi$ est : $t_{1/2} = \dfrac{t_1.\ln 2}{\ln\left(\dfrac{N_0}{N_0 - N_1}\right)}$.

Calculer sa valeur en minute. **(0,75pt)**

EXERCICE 4 (3,5 points) : Electricité

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.

Le montage électrique schématisé sur la figure 1 comporte :

- un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;
- un condensateur de capacité C initialement déchargé ;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 50\Omega$;
- une bobine d'inductance $L = 20\,mH$ et de résistance r ;
- un interrupteur K à double position.

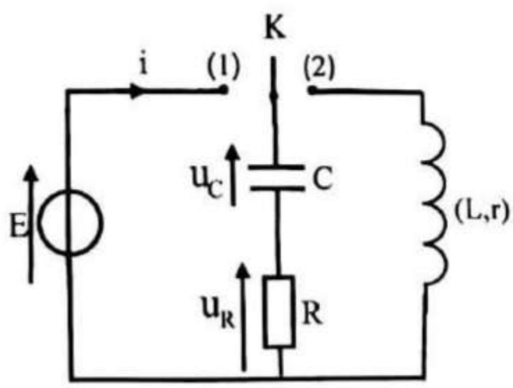


Figure 1

1-Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension

A un instant choisi comme origine des dates $t_0=0$ on met l'interrupteur K en position (1).

Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de suivre l'évolution temporelle de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique (figure 2). Dans cette figure, (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse $t_0=0$ et τ la constante de temps du circuit.

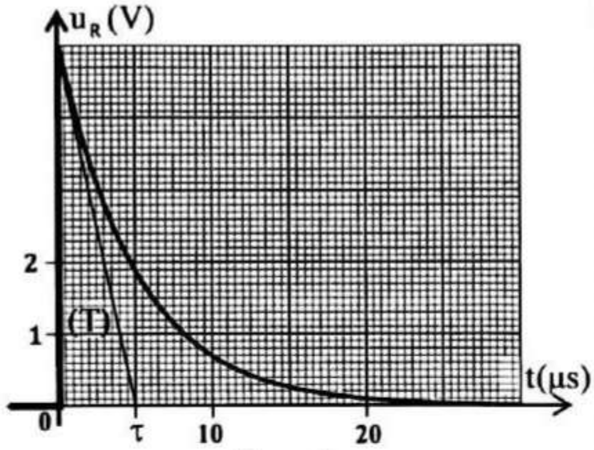


Figure 2

1-1- En utilisant la loi d'additivité des tensions, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$ s'écrit sous la forme : $\frac{du_R(t)}{dt}+\frac{1}{RC}u_R(t)=0$. **(0,5pt)**

1-2- En s'aidant du graphe de la figure 2 :

1-2-1-Déterminer la valeur de E. **(0,25pt)**

1-2-2-Vérifier que $C=0,10\,\mu F$. **(0,75pt)**

2-Oscillations libres dans un circuit RLC série

Le condensateur précèdent étant chargé totalement, on bascule l'interrupteur K en position (2) à un instant pris comme nouvelle origine des dates $t_0=0$. Le même système d'acquisition utilisé a permis de suivre l'évolution temporelle de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur (figure 3) et de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique (figure 4).

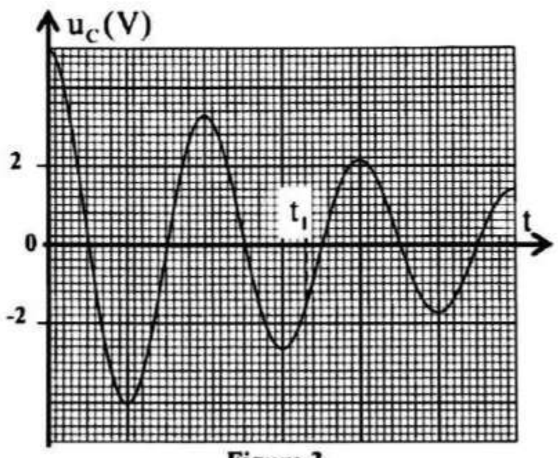


Figure 3

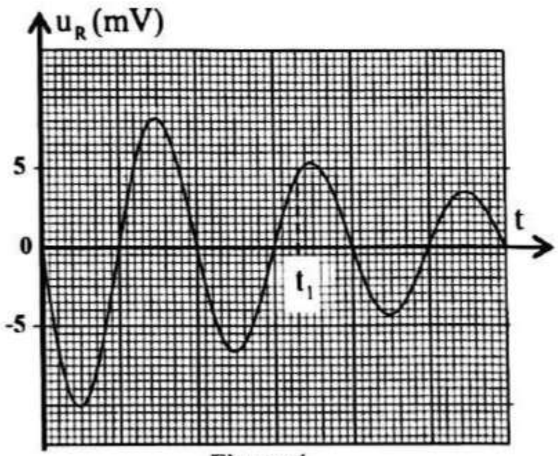


Figure 4

2-1- En s'aidant de la loi d'additivité des tensions :

2-1-1- Déterminer la valeur de la tension aux bornes de la bobine juste après le basculement de l'interrupteur K en position (2). **(0,25pt)**

2-1-2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur. **(0,75pt)**

2-2- Exprimer l'énergie totale E_t du circuit en fonction de L, C, $u_C(t)$, R et $u_R(t)$. **(0,5pt)**

2-3- En s'aidant des courbes de la figure 3 et de la figure 4, vérifier que l'énergie dissipée par effet Joule dans le circuit entre l'instant $t_0=0$ et l'instant t_1 est : $E_j=|\Delta E_t|\approx 1,1\,\mu J$. **(0,5pt)**

EXERCICE 5 (5 points) : Mouvement d'un corps solide

On étudie dans cet exercice le mouvement d'une bille le long d'un parcours AB rectiligne puis son mouvement en chute libre après le point B.

Le parcours AB est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. La trajectoire du mouvement de la bille est située dans un plan vertical (Figure 1).

On modélise la bille par un solide (S) de masse m et de centre d'inertie G. Durant le mouvement de (S) sur le parcours AB, les forces qui s'opposent à son avancement sont équivalentes à une force de même direction, de sens opposé au mouvement et d'intensité constante f.

Données : Intensité de la pesanteur : $g = 10\,m.s^{-2}$;

$\alpha = 20^0$; $m = 100\,g$.

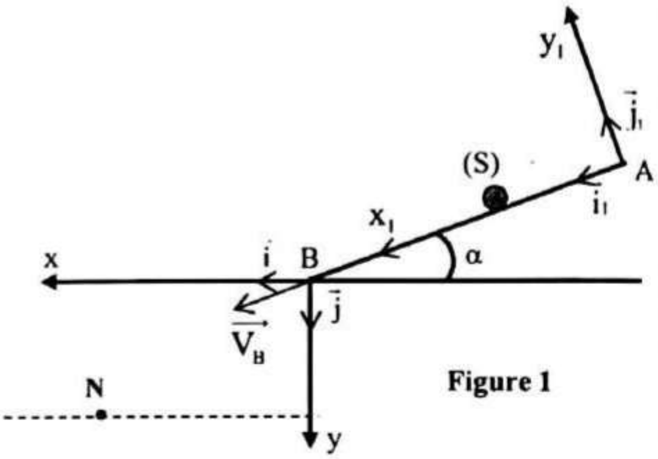


Figure 1

On étudie le mouvement de G sur le parcours AB dans un repère orthonormé $R_1(A, \vec{i_1}, \vec{j_1})$, et son mouvement de chute libre dans un repère orthonormé $R(B, \vec{i}, \vec{j})$. Les deux repères sont liés à un référentiel terrestre supposé galiléen.

1-Mouvement de (S) le long du parcours AB

On envoie le solide (S) du point A à l'instant $t_0 = 0$ choisi comme origine des dates.

1-1- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'expression de l'accélération a_{x1} du mouvement de G s'écrit :

$a_{x1} = g.\sin\alpha - \frac{f}{m}$ **. (0,5pt)**

1-2- La courbe de la figure 2 représente l'évolution temporelle de la vitesse de G le long du trajet AB.

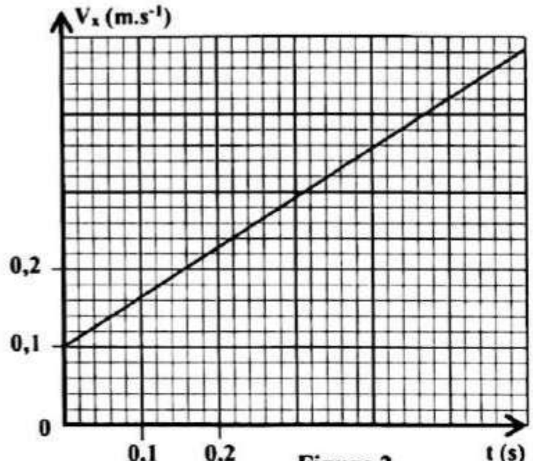


Figure 2

1-2-1- Déterminer graphiquement la valeur de l'accélération a_{x1} de G. **(0,5pt)**

1-2-2- Déduire l'intensité f. **(0,5pt)**

1-3- Vérifier que la vitesse de G à son arrivé au point B est $V_B \approx 0{,}8\,m.s^{-1}$ sachant que la durée mise par le solide (S) pour parcourir le trajet AB est $t_{AB} = 1{,}1\,s$.**(0,75pt)**

2-Mouvement de chute libre de (S)

Le solide (S) quitte le point B avec la vitesse $\vec{V_B}$ faisant l'angle α avec l'horizontale et continue son mouvement mais en chute libre (Figure1). On choisit l'instant de passage de la bille par le point B comme nouvelle origine des dates (t=0).

2-1- Etablir, dans le repère orthonormé $R(B, \vec{i}, \vec{j})$, les équations horaires paramétriques x(t) et y(t) du mouvement du centre d'inertie G. **(1pt)**

2-2- Montrer que l'équation de la trajectoire du centre d'inertie G s'écrit : $y = 8{,}85x^2 + 0{,}36x$. **(0,5 pt)**

2-3- Soit N un point de coordonnées $x_N = 20\,cm$ et $y_N = 42{,}6\,cm$.

2-3-1- Vérifier que G passe par le point N . **(0,5 pt)**

2-3-2- Calculer la vitesse de G à son arrivé au point N en se basant sur les équations horaires de la vitesse de G. **(0,75 pt)**