

Le sujet comporte 05 pages numérotées de 1 / 5 à 5 / 5. La page 5/5 est à rendre avec la copie.

CHIMIE (9 points)

Exercice 1 (4,5 points)

1) Dans une première expérience, on réalise la réaction entre le méthanol CH_3OH et un chlorure d'acyle $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Cl}$.
Il se forme un ester E_1 de formule brute $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ et du chlorure d'hydrogène HCl .

a – Ecrire l'équation qui traduit cette réaction chimique.

b – Préciser les formules semi-développées du chlorure d'acyle utilisé et de l'ester E_1 .

2) Dans une seconde expérience, on fait réagir un anhydride d'acide $\text{R}_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}_1$ avec un alcool R_3OH .
Il se forme l'isomère E_2 de l'ester E_1 et un acide carboxylique.

a – Ecrire l'équation qui traduit la réaction chimique qui a lieu.

b – Préciser les formules semi-développées de l'anhydride d'acide, de l'alcool et de E_2 .

3) On fait réagir séparément:

- le chlorure d'acyle sur une amine primaire A_1 , il se forme le composé (1) de formule $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{N}}-\text{C}_2\text{H}_5$;

- l'anhydride d'acide sur une amine secondaire A_2 , il se forme le composé (2) de formule $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{N}}-\text{CH}_3$.

a – Indiquer la famille à laquelle appartiennent les deux composés (1) et (2). Donner leurs noms.

b – Préciser les formules semi-développées de A_1 et de A_2 .

c – Ecrire les équations des réactions chimiques qui conduisent aux composés (1) et (2).

4) Le composé E_2 peut être obtenu également à partir de la réaction entre un acide carboxylique et un alcool.

a – Donner les formules semi-développées de l'alcool et de l'acide carboxylique utilisés.

b – Donner les propriétés de cette réaction et les comparer avec celles de la réaction qui donne E_2 à partir de l'anhydride d'acide et l'alcool R_3OH .

Exercice 2 (4,5 points)

Toutes les solutions sont prises à 25°C .

1) On réalise une pile électrochimique P_1 constituée par l'électrode normale à hydrogène placée à gauche et la demi-pile qui met en jeu le couple redox Pb^{2+}/Pb placée à droite. La concentration en ions plomb Pb^{2+} est $\text{C}_1 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$. Les deux demi-piles sont reliées par un pont salin. Un voltmètre branché aux bornes de la pile indique une tension égale à $-0,13\text{V}$.

a – Donner le symbole de P_1 et compléter son schéma sur la figure 6 de la page 5/5 (à compléter et à remettre avec la copie)

b – Ecrire l'équation chimique associée à cette pile.

c – Donner la définition du potentiel standard d'électrode d'un couple redox. Calculer celui du couple $(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})$.

2) On réalise maintenant une pile P_2 , en associant les deux demi-piles formées par les couples redox Pb^{2+}/Pb et Sn^{2+}/Sn . P_2 est symbolisée par : $\text{Sn} \mid \text{Sn}^{2+}(\text{C}_2) \parallel \text{Pb}^{2+}(\text{C}_1 = 1 \text{ mol.L}^{-1}) \mid \text{Pb}$. La pile est associée en série avec un résistor, un ampèremètre et un interrupteur. On branche un voltmètre aux bornes de la pile et on ferme le circuit. Le potentiel standard d'électrode du couple $(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn})$ est $E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14\text{V}$.

a – Déterminer la fem standard E_2^0 de la pile P_2 .

b – Calculer la constante d'équilibre K relative à l'équation chimique associée à P_2 .

c – Calculer la concentration C_2 sachant que la fem initiale de la pile P_2 est égale à $E_2 = 0,04\text{V}$.

d – Ecrire l'équation de la réaction chimique qui se produit spontanément quand la pile débite du courant.
En déduire le sens de circulation des électrons dans le circuit extérieur.

e – Déterminer :

e-1- les concentrations molaires C'_1 et C'_2 , respectivement, des ions Pb^{2+} et Sn^{2+} lorsque la pile cesse de débiter, sachant que le volume de chacune des solutions contenues dans les deux compartiments de la pile est $V = 100\text{mL}$;

e-2- la variation de la masse de l'électrode de **Pb** sachant que la masse molaire du plomb est

$$M(\text{Pb}) = 207 \text{ g.mol}^{-1}.$$

On suppose que les électrodes utilisées ne disparaissent pas au cours du fonctionnement de la pile.

3) La pile P_2 étant usée, préciser, en le justifiant le compartiment dans lequel on doit ajouter une quantité suffisante d'ions Pb^{2+} ou Sn^{2+} afin d'inverser sa polarité.

PHYSIQUE (11 points)

Exercice 1 (5,25 points)

Les deux parties I et II sont indépendantes

Partie I

Afin d'étudier expérimentalement la réponse d'un dipôle **RC** à un échelon de tension, on réalise le circuit électrique de la **figure 1** qui comporte :

- un générateur de tension idéal de force électromotrice E ;
- un condensateur de capacité $C = 2.10^{-6}\text{F}$ initialement déchargé ;
- un résistor de résistance R réglable ;
- un interrupteur K .

A un instant $t = 0$, pris comme origine des temps, on ferme l'interrupteur K .

1) Préciser le phénomène physique qui se produit au niveau du condensateur.

2) a – Montrer que l'équation différentielle régissant les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours du temps s'écrit :

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E.$$

b – En admettant que la solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$u_C = A \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \text{ préciser les expressions de } A \text{ et de } \tau.$$

3) Un système d'acquisition approprié permet de suivre l'évolution temporelle des tensions u_C , u_G et u_R respectivement aux bornes du condensateur, du générateur et du résistor. Pour une valeur de $R = R_1$, on obtient les courbes $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$ et $\mathcal{C}_3$ de la **figure 2**.

a – En justifiant la réponse, faire correspondre chacune des courbes $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$ et $\mathcal{C}_3$ à la tension qu'elle représente.

b – En exploitant les courbes de la **figure 2**, déterminer la fem E et la constante de temps τ du circuit. En déduire la valeur de R_1 .

c – Déterminer l'instant t_1 pour lequel la tension $u_C(t)$ est égale à $u_{R1}(t)$.

d – Exprimer u_C en fonction de E , t_1 et t . En déduire le pourcentage de charge du condensateur aux instants : t_1 et $t_2 = 6,6 t_1$.

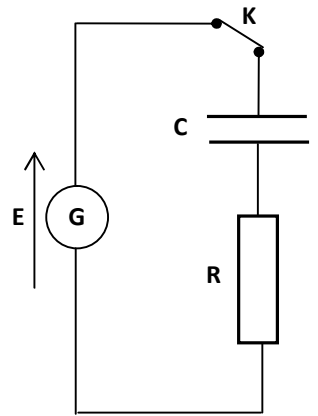


Figure 1

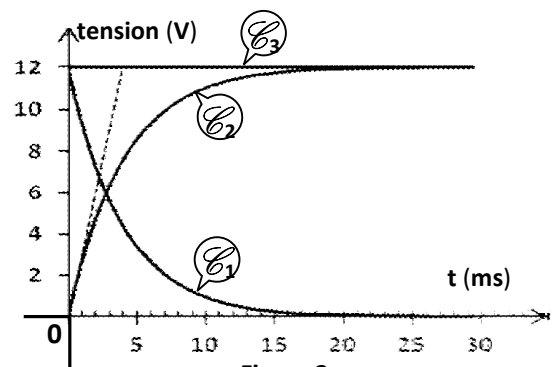


Figure 2

Partie II

Dans le circuit précédent on insère, en série avec le condensateur de capacité $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$, une bobine d'inductance L et de résistance r .

On ajuste la résistance du résistor à la valeur $R_2 = 90 \Omega$ et on remplace le générateur de fem E par un générateur de basses fréquences GBF délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$, d'amplitude U_m constante et de fréquence N réglable (figure 3).

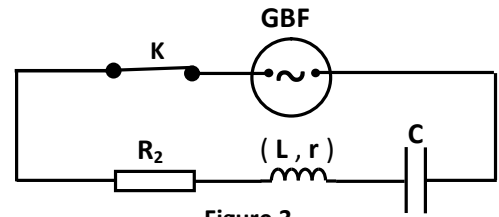


Figure 3

Le système d'acquisition permet d'avoir à la fois les chronogrammes de la tension $u(t)$ et de la tension $u_{R2}(t)$ aux bornes du résistor.

Pour une valeur N_1 de la fréquence N du générateur, on obtient les courbes $\mathcal{C}_4$ et $\mathcal{C}_5$ de la figure 4.

- 1) a – Montrer que la courbe $\mathcal{C}_4$ correspond à $u(t)$.
b – Justifier que le circuit est le siège d'oscillations électriques forcées.
- 2) En exploitant les courbes de la figure 4, déterminer :
a – la fréquence N_1 de $u(t)$ et l'intensité maximale I_{1m} du courant qui circule dans le circuit.
b – la phase initiale de $u_{R2}(t)$.
- 3) a – Préciser la nature du circuit (inductif, capacitif ou résistif) à la fréquence N_1 .
b – Calculer l'impédance électrique Z du dipôle RLC étudié.
c – Déterminer les valeurs de r et L et déduire la fréquence propre N_0 de l'oscillateur.

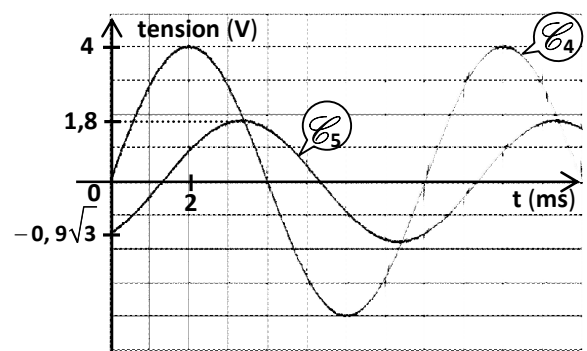


Figure 4

Exercice 2 (2,5points) : Etude d'un document scientifique

L'expérience de Franck et Hertz : une expérience cruciale*

En 1914, Franck et Hertz font une découverte étonnante en bombardant de la vapeur d'atomes de mercure avec des électrons accélérés à des énergies de quelques eV. Tant que l'énergie des électrons est inférieure à un certain seuil $E_s = 4,9 \text{ eV}$, la collision est parfaitement élastique : les électrons émergents ont la même énergie que les électrons incidents. Rien d'anormal : la masse d'un atome de mercure est 400000 fois supérieure à celle de l'électron, son énergie de recul est négligeable. L'énorme surprise est que lorsqu'on atteint l'énergie de seuil $E_s = 4,9 \text{ eV}$, les électrons sortants perdent pratiquement toute leur énergie dans la collision. Au dessus de cette valeur, une fraction des électrons émergents ont une énergie inférieure de précisément 4,9 eV à leur énergie initiale, les autres ont conservé leur énergie. Par ailleurs, lorsque l'énergie des électrons est supérieure à ce seuil, on observe que les atomes de mercure émettent un rayonnement ultraviolet de longueur d'onde λ , ce qui ne s'observe pas si l'énergie des électrons est inférieure au seuil E_s . Or la raie du mercure associée à cette longueur d'onde λ est connue depuis longtemps dans la spectroscopie de cet élément, elle correspond à une fréquence qui satisfait la relation $h\nu = 4,9 \text{ eV}$.

Mécanique quantique, Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard, Février 2002 (par adaptation)

* **Cruciale** : décisive.

- 1) Préciser ce qui se produit pour les atomes de mercure lorsque la valeur de l'énergie des électrons est inférieure, égale ou supérieure à l'énergie de seuil $E_s = 4,9 \text{ eV}$.
- 2) Déterminer la longueur d'onde λ de la radiation émise par les atomes de mercure correspondant à l'énergie de seuil.

Données : constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, célérité de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$,
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- 3) Préciser la conclusion fondamentale mise en évidence par l'expérience de Franck et Hertz.

Exercice 3 (3,25 points)

Données :

Masse du noyau de polonium $^{210}_{84}\text{Po} = 209,9368\text{u}$	$1\text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{ kg} = 931,5\text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$
Masse du noyau de plomb $^{206}_{82}\text{Pb} = 205,9265\text{u}$	Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,0 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Masse du noyau d'hélium $^4_2\text{He} = 4,0015\text{u}$	$1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{ J}$

Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ est radioactif. Il émet une particule α (noyau ^4_2He) et se transforme en plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$.

1) a – Ecrire l'équation de la désintégration du polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ en plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$.

En précisant les lois de conservation utilisées, déterminer les valeurs de **A** et de **Z**.

b – Calculer, en **MeV**, l'énergie libérée au cours de la désintégration d'un noyau de polonium **210**.

2) La masse d'un échantillon de $^{210}_{84}\text{Po}$ à un instant $t_0 = 0$, est $m_0 = 4,2 \cdot 10^{-3}\text{ g}$.

Déterminer le nombre de noyaux **N₀** contenu dans cet échantillon à t_0 .

3) Le nombre **N** de noyaux restants de polonium **210** à l'instant **t** est donné par la relation $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$; où λ est la constante radioactive du $^{210}_{84}\text{Po}$. La courbe $\mathcal{C}_6$ de la figure 5 représente la variation de $-\log\left(\frac{N}{N_0}\right)$ au cours du

temps.

a – Déterminer graphiquement la valeur de λ en $(\text{jour})^{-1}$ puis en s^{-1} .

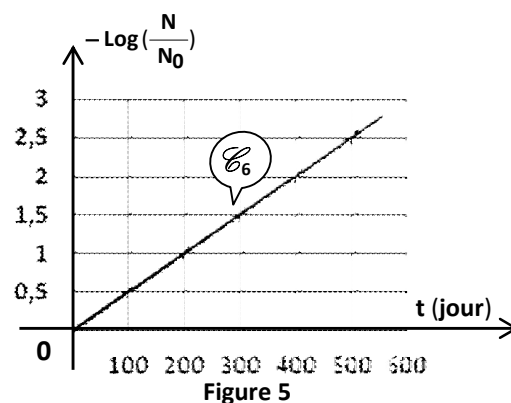
b – Définir la demi-vie radioactive **T** d'un radioélément.

Calculer sa valeur pour le polonium **210**.

4) Calculer, en becquerels (**Bq**), l'activité **A₀** à l'instant t_0 sachant que

l'activité **A** s'exprime par : $A = -\frac{dN}{dt}$.

5) Déterminer l'instant **t₁** au bout duquel la masse des noyaux restants de $^{210}_{84}\text{Po}$ est $m_1 = 0,5 \cdot 10^{-3}\text{ g}$.



Section : N° d'inscription : Série :

Nom et prénom :

Date et lieu de naissance :

Signatures des
surveillants

.....
.....

Epreuve : sciences physiques (sciences expérimentales)

Page à remplir et à remettre avec la copie

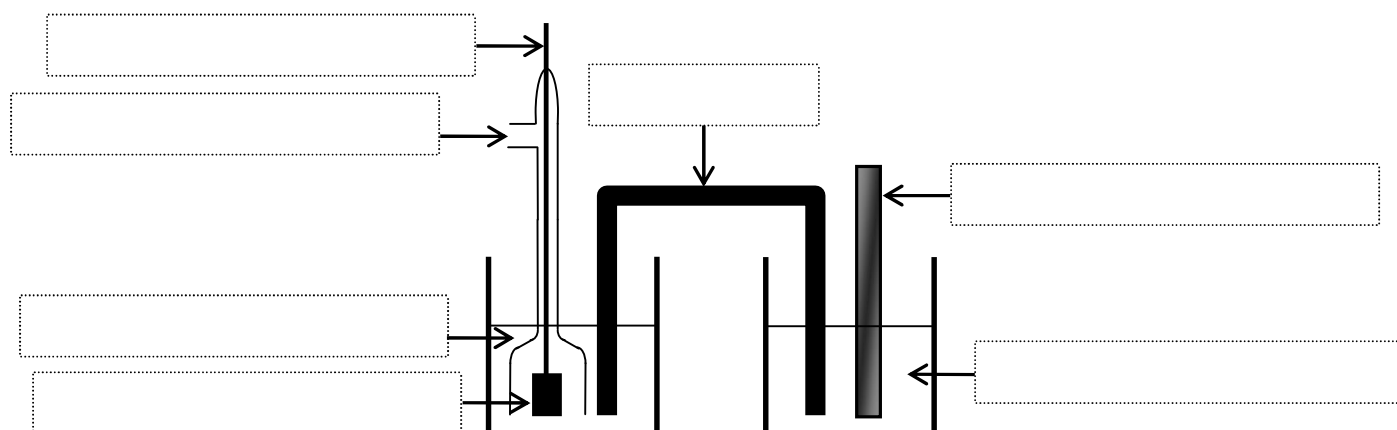


Figure 6