

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION	EXAMEN DU BACCALAURÉAT	Session de contrôle	2024
	Épreuve : Sciences physiques	Section : Mathématiques	
	Durée : 3h	Coefficient de l'épreuve: 4	

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 (3,5 points)

Toutes les solutions sont prises à **25 °C**, température pour laquelle le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. On néglige les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau.

On dispose des trois solutions aqueuses (**S**₁), (**S**₂) et (**S**₃) suivantes :

- (**S**₁) solution aqueuse d'éthylamine $C_2H_5NH_2$ (monobase faible) de concentration molaire C_0 ;
- (**S**₂) solution aqueuse d'hydroxyde de sodium **NaOH** (monobase forte) de même concentration molaire C_0 ;
- (**S**₃) solution aqueuse d'acide chlorhydrique **HCl** (monoacide fort) de concentration molaire C .

La mesure dans un ordre quelconque du **pH** de ces solutions donne : **1,0 ; 12,2 et 13,7**.

- 1) a- Associer en le justifiant, chaque valeur du **pH** à la solution qui lui convient.
b- En déduire que $C_0 = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ et $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.
- 2) a- Montrer que le taux d'avancement final τ_f de la réaction de la monobase $C_2H_5NH_2$ avec l'eau dans

$$\text{la solution (S}_1\text{) s'écrit : } \tau_f = \frac{10^{(\text{pH} - \text{p}K_e)}}{C_0}$$

b- Vérifier que l'éthylamine est faiblement ionisée dans la solution (**S**₁).

- 3) Dans le but de déterminer le **pK_a** du couple $C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2$, on réalise les deux mélanges suivants :
 - un mélange (**M**₁) formé par un volume $V_0 = 5,0 \text{ mL}$ de la solution (**S**₁) d'éthylamine et un volume $V = 12,5 \text{ mL}$ de la solution (**S**₃) d'acide chlorhydrique ;
 - un mélange (**M**₂) formé par un volume $V_0 = 5,0 \text{ mL}$ de la solution (**S**₁) d'éthylamine et un volume $V' = 25,0 \text{ mL}$ de la solution (**S**₃) d'acide chlorhydrique.

La mesure du **pH** des mélanges (**M**₁) et (**M**₂) donne respectivement les valeurs: **pH₁ = 10,7** et **pH₂ = 5,9**.

- a- Justifier que le mélange (**M**₂) est dans un état d'équivalence acido-basique alors que le mélange (**M**₁) est dans un état de demi-équivalence.
- b- En déduire la valeur du **pK_a** du couple $C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2$.
- 4) On ajoute un même volume V_e d'eau distillée à chacun des mélanges (**M**₁) et (**M**₂). Après dilution, le **pH** de l'un des deux mélanges obtenus reste quasiment inchangé alors que celui de l'autre varie de **0,1**.
 - a- Préciser en le justifiant, lequel des deux mélanges a subi après dilution, la variation du **pH**.
 - b- Indiquer si cette variation est une augmentation ou une diminution.
 - c- Déterminer la valeur de V_e . On rappelle que le **pH** du mélange obtenu à l'équivalence pour le dosage d'une monobase faible par un monoacide fort s'écrit : $\text{pH}_E = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C')$; où C' est la concentration de la solution obtenue à l'équivalence.

Exercice 2 (3,5 points)

On dispose de deux solutions aqueuses (**S**₁) et (**S**₂) :

- (**S**₁) solution de chlorure d'étain(II) ($\text{Sn}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$) de concentration molaire C_0 ;
- (**S**₂) solution contenant les ions M^{2+} d'un métal **M** de concentration molaire C_0 .

On prélève un volume de la solution (**S**₁) de chlorure d'étain(II) que l'on dilue **n fois** avec de l'eau distillée afin de préparer différentes solutions aqueuses diluées de concentrations molaires respectives C_n .

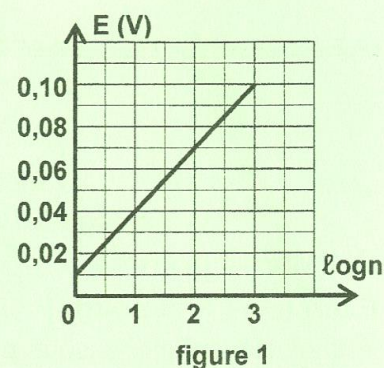
À l'aide de la solution aqueuse (S_2) et l'une des solutions diluées, on réalise à $25\text{ }^\circ\text{C}$ la pile électrochimique (P_n) symbolisée par : $\text{Sn} | \text{Sn}^{2+} (C_n) || \text{M}^{2+} (C_0) | \text{M}$.

- 1) a- Écrire l'équation chimique associée à la pile (P_n).
b- Exprimer la fem initiale E de la pile (P_n) en fonction de sa fem standard E° et n .
- 2) Pour chaque valeur de n , on mesure la fem initiale E de la pile correspondante. Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de la **figure 1** traduisant l'évolution de E en fonction de $\log n$.
a- En exploitant la courbe de la **figure 1**, déterminer la valeur de E° et en déduire que la constante d'équilibre de l'équation chimique associée à cette pile est $K = 2,15$.
b- Les potentiels standard de quelques couples redox sont consignés dans le tableau suivant :

Couple redox	Pb^{2+}/Pb	Sn^{2+}/Sn	Ni^{2+}/Ni
$E^\circ(\text{ox/red})$ (V)	- 0,13	- 0,14	- 0,26

Identifier le couple redox M^{2+}/M .

- 3) On réalise maintenant un circuit électrique comportant, montés en série, la pile (P_n), un ampèremètre, un résistor et un interrupteur.
On suppose que durant le fonctionnement de la pile, les volumes des solutions dans les deux compartiments de la pile sont égaux, restent inchangés et aucune des deux électrodes ne sera complètement consommée.
a- Écrire l'équation de la réaction spontanée lorsque la pile (P_n) débite un courant électrique.
b- Montrer que l'avancement volumique final y_f s'écrit : $y_f = \frac{C_0(nK-1)}{n(K+1)}$.
- 4) Dans ce qui suit, on prendra : $n = 10$ et $C_0 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Après une durée de fonctionnement suffisante, la pile cesse de débiter du courant électrique dans le circuit extérieur.
a- Calculer la valeur de l'avancement volumique final y_f puis, déterminer dans cet état les concentrations molaires des ions Sn^{2+} et M^{2+} .
b- Dans ces conditions, on ajoute dans le compartiment de gauche du chlorure d'étain(II) SnCl_2 , sans variation significative de volume.
Préciser la réaction qui a lieu spontanément dans cette pile lorsqu'elle débite un courant électrique dans le circuit extérieur. Justifier la réponse.



PHYSIQUE (13 points)

Exercice 1 (6,25 points)

On dispose d'un condensateur de capacité C , d'une bobine (B) d'inductance L et de résistance interne r et de deux conducteurs ohmiques de résistances respectives R_1 inconnue et $R_2 = 100\ \Omega$.

On se propose de déterminer les valeurs de R_1 , C , L et r . Pour ce faire, on réalise deux expériences.

Expérience 1

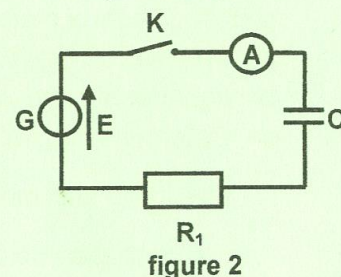
Le condensateur étant initialement déchargé, on réalise le circuit de la **figure 2** ; où G est un générateur de tension idéal de fem E et (A) est un ampèremètre de résistance négligeable.

À l'origine des temps, on ferme l'interrupteur K et on suit à l'aide d'un oscilloscope numérique l'évolution temporelle de la tension $u_{R_1}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique. On obtient la courbe de la **figure 3** de la **page 5/5**.

À l'instant $t = 0$, l'ampèremètre indique une intensité de courant $I = 3 \text{ mA}$. Après une certaine durée Δt , l'ampèremètre indique une intensité nulle.

- 1) Montrer que l'intensité du courant traversant le circuit est régie par l'équation différentielle :

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} i(t) = 0 ; \text{ où } \tau \text{ est une constante que l'on exprimera en fonction de } R_1 \text{ et } C.$$



- 2) En exploitant la courbe de la **figure 3** de la **page 5/5** et l'indication de l'ampèremètre à $t = 0$, déterminer:
- la valeur de la fem E du générateur ;
 - la valeur de la résistance R_1 du conducteur ohmique ;
 - la valeur de la constante de temps τ .
- 3) Dédire que la valeur de la capacité du condensateur est $C = 2,5 \mu\text{F}$.
- 4) Interpréter brièvement l'indication de l'ampèremètre après la durée Δt .

Expérience 2

On réalise le circuit de la **figure 4** ; où un générateur basse fréquence (GBF) délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ de fréquence N réglable et d'amplitude U_m constante, alimente le circuit électrique comportant, montés en série, la bobine (B), le condensateur de capacité C , le conducteur ohmique de résistance R_2 et l'ampèremètre (A).

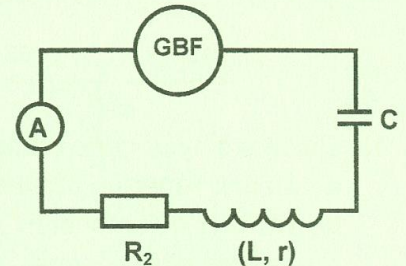


figure 4

À l'aide de l'oscilloscope, on visualise la tension $u(t)$ sur la voie Y_1 et la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur sur la voie Y_2 .

Pour une valeur N_1 de la fréquence N du (GBF), on obtient les oscillogrammes \mathcal{E}_1 et \mathcal{E}_2 de la **figure 5** de la **page 5/5**.

- 5) Justifier que l'oscillogramme \mathcal{E}_2 correspond à la tension $u_c(t)$.
- 6) a- En exploitant les oscillogrammes de la **figure 5** de la **page 5/5**, déterminer :
- les valeurs des amplitudes U_m et U_{cm} respectivement des tensions $u(t)$ et $u_c(t)$;
 - la valeur de la fréquence N_1 ;
 - le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_c}$ de $u(t)$ par rapport à $u_c(t)$.
- b- Justifier que le circuit est le siège d'une résonance d'intensité. En déduire la valeur de l'inductance L .
- 7) a- Vérifier que la valeur de l'intensité efficace du courant électrique indiquée par l'ampèremètre est : $I \approx 27 \text{ mA}$.
- b- En déduire la valeur de r .
- 8) L'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de l'intensité $i(t)$ du courant électrique circulant dans le circuit s'écrit : $(R_2 + r)i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t)$.
- a- Montrer que : $\frac{dE}{dt} = u(t)i(t) - (R_2 + r)i^2(t)$; où E désigne l'énergie totale de l'oscillateur.
- b- En déduire que E prend à la résonance d'intensité une valeur constante que l'on calculera.

Exercice 2 (3,75 points)

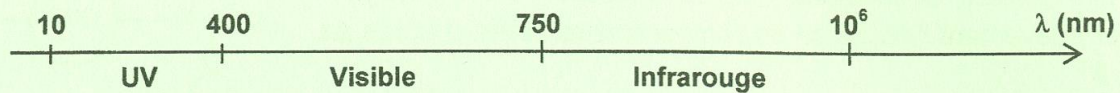
Sur la **figure 6** de la **page 5/5** à remplir par le candidat et à rendre avec la copie, on donne le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène non représenté à l'échelle.

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$; avec $E_0 = 13,6 \text{ eV}$ et n un entier naturel non nul.

- 1) a- Justifier que l'énergie de l'atome d'hydrogène est quantifiée.
- b- L'atome d'hydrogène se trouve dans l'état d'énergie $E_3 = -1,51 \text{ eV}$. Préciser si l'atome d'hydrogène se trouve dans son état fondamental, ionisé ou dans un état excité.
- 2) Le retour direct de l'atome d'hydrogène d'un niveau $n \leq 6$ d'énergie E_n vers le niveau $n = 3$ s'accompagne de l'émission d'une radiation de longueur d'onde $\lambda_{n,3}$.
- a- Montrer que : $\lambda_{n,3} = \frac{821,4}{(1 - \frac{9}{n^2})}$ (en nm).
- b- Déterminer la valeur maximale λ_{\max} et la valeur minimale λ_{\min} de $\lambda_{n,3}$.
- c- Représenter par une flèche sur la **figure 6** de la **page 5/5** à remplir par le candidat et à rendre avec la copie, la transition qui correspond à la radiation de longueur d'onde λ_{\max} .

3) L'atome d'hydrogène pris dans l'état d'énergie E_3 est exposé à des radiations de longueurs d'onde λ ; avec $1050 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1500 \text{ nm}$.

- Déterminer les longueurs d'ondes des radiations absorbées par l'atome d'hydrogène.
- Préciser à quel domaine spectral appartiennent ces radiations.



4) L'atome d'hydrogène étant dans son état fondamental.

- Définir l'énergie d'ionisation d'un atome.
- Montrer qu'un photon d'une radiation appartenant au domaine de l'infrarouge est incapable d'ioniser l'atome d'hydrogène.

5) L'analyse du rayonnement émis par une lampe spectrale à hydrogène a donné un spectre constitué par quatre raies.

- Préciser si les raies obtenues sont colorées ou noires.
- L'atome d'hydrogène pris dans l'état d'énergie E_2 , reçoit un photon d'énergie $W = 2,86 \text{ eV}$.
Montrer que ce photon peut être absorbé par l'atome d'hydrogène.

On donne : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Exercice 3 (3 points) « Étude d'un document scientifique »

Qu'est-ce que la fusion nucléaire ? Pourquoi est-elle si difficile à réaliser ?

[...] Le soleil, comme les autres étoiles, produit de l'énergie grâce à une réaction appelée fusion nucléaire. Si cette réaction pouvait être reproduite sur terre, elle permettrait de produire une énergie pratiquement illimitée, propre, sûre et à un coût abordable pour répondre aux besoins en énergie de toute la planète.

Mais comment fonctionne au juste la fusion nucléaire ? En termes simples, la fusion nucléaire est le processus par lequel deux noyaux atomiques légers s'unissent pour en former un seul plus lourd en libérant une énorme quantité d'énergie. Les réactions de fusion se produisent dans un état de la matière appelé plasma, gaz ionisé à température très élevée, constitué d'ions positifs et d'électrons libres, et aux propriétés distinctes de celles des solides, des liquides et des gaz.

Pour fusionner dans le soleil, les noyaux doivent se percuter à des températures très élevées, plus de **10 millions** de degrés Celsius, ce qui leur permet de surmonter leurs répulsions électriques mutuelles et de s'approcher très près les uns des autres. La force d'attraction nucléaire dépasse alors la force de répulsion électrique et leur permet de fusionner. Pour que cela se produise, les noyaux doivent être confinés dans un espace réduit, ce qui accroît les probabilités de collision. Dans le soleil, c'est la pression extrême engendrée par l'immense gravité de l'astre qui crée les conditions favorables à la fusion.

La réaction de fusion pourrait être la base des réacteurs de puissance de demain. Les réacteurs à fusion de première génération devraient fonctionner avec un mélange de deutérium ${}^2_1\text{H}$ et de tritium ${}^3_1\text{H}$, qui entrent en collision et fusionnent, produisant de l'hélium ${}^4_2\text{He}$ et un neutron ${}_0^1\text{n}$. En théorie, il suffit de quelques grammes de ces réactifs pour produire une énergie de l'ordre de un térajoule (10^{12} J), ce qui couvrirait pendant plus de soixante ans les besoins en énergie d'une personne vivant dans un pays développé.

D'après un Article d'Irena Chatzis et Matteo Barbarino – Bulletin d'IAEA

1) En se référant au texte :

- définir la réaction nucléaire évoquée par les auteurs ;
- préciser s'il s'agit d'une réaction nucléaire spontanée ou provoquée ;
- indiquer les conditions pour lesquelles se produit cette réaction ;
- relever deux passages qui justifient la nécessité de ces conditions.

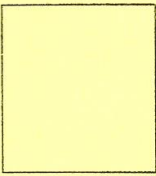
2) a- Écrire l'équation de la réaction nucléaire conduisant à la formation du noyau d'hélium.

b- Calculer la valeur de l'énergie W_1 libérée au cours de la transformation étudiée.

c- Déduire en joule, l'énergie W_2 libérée lors de la formation d'une masse $m = 1 \text{ g}$ d'hélium.

On donne : $m({}^2_1\text{H}) = 2,0141 \text{ u}$; $m({}^3_1\text{H}) = 3,0160 \text{ u}$; $m({}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$; $m({}_0^1\text{n}) = 1,0087 \text{ u}$

$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV.c}^{-2}$; $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

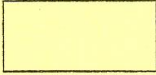


Section : N° d'inscription : Série :

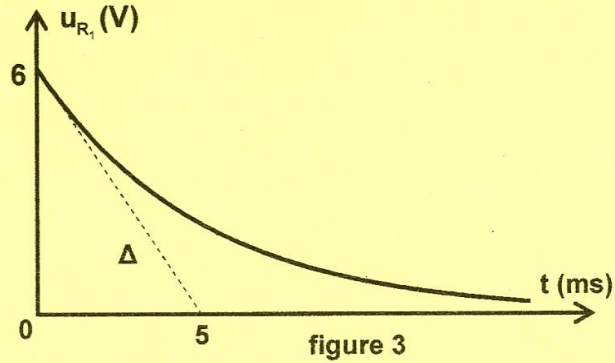
Signatures des surveillants
.....
.....

Nom et Prénom :

Date et lieu de naissance :



Épreuve: Sciences physiques - Section : Mathématiques
Session de contrôle (2024)
Annexe à rendre avec la copie



Δ : tangente à la courbe à l'instant $t = 0$

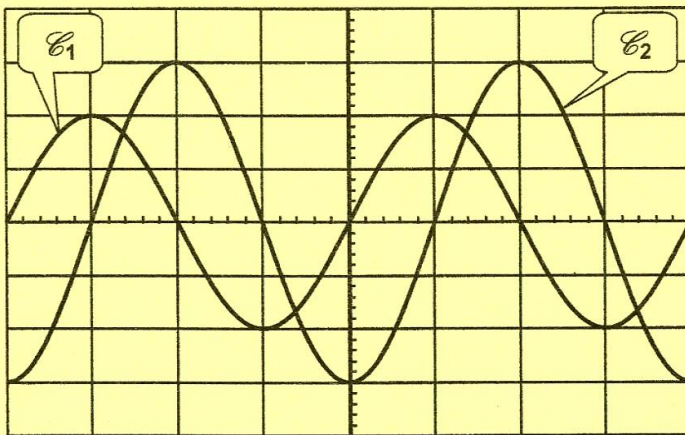


figure 5

- sensibilité horizontale : $1,25 \text{ ms.div}^{-1}$
- sensibilité verticale sur la voie Y_1 : 2 V.div^{-1}
- sensibilité verticale sur la voie Y_2 : 4 V.div^{-1}

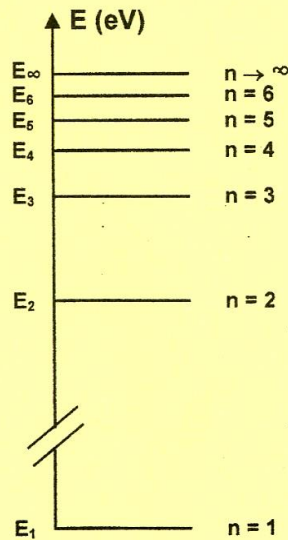


figure 6