

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION EXAMEN DU BACCALAURÉAT SESSION 2019	Session principale	
	Épreuve : Sciences physiques	Section : Sciences expérimentales
	 Durée : 3h	Coefficient de l'épreuve: 4

☪ ☪ ☪ ☪ ☪ ☪

Le sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.

Chimie (9 points)

Exercice 1 (4,5 points)

Dans un bécher, on prépare un mélange équimolaire (**M**) d'un ester (**E**) et de l'eau, auquel on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré de volume négligeable. On répartit le mélange homogénéisé (**M**) en cinq volumes égaux contenant chacun n_0 mol de l'ester (**E**) et n_0 mol d'eau et on les verse dans des tubes à essai numérotés de 1 à 5.

On munit chaque tube à essai d'un bouchon surmonté d'un tube effilé et on les plonge tous, à l'instant $t = 0$, dans un bain-marie porté à une température θ convenable.

A des instants successifs t_i ($i = 1, 2, \dots, 5$), on sort respectivement l'un des tubes chauffés, numérotés de 1 à 5 et on verse immédiatement son contenu dans un erlenmeyer placé dans un bain d'eau glacée. On dose, à chaque fois, l'acide contenu dans chacun des tubes par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (**NaOH**) de concentration molaire $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$.

On désigne par V_{E3} , V_{E4} et V_{E5} les volumes de la solution aqueuse de **NaOH** nécessaires, à l'équivalence, pour doser l'acide carboxylique formé respectivement dans les tubes numérotés 3, 4 et 5. On obtient : $V_{E3} = V_{E4} = V_{E5} = 10 \text{ mL}$.

La constante d'équilibre relative à cette réaction d'hydrolyse est $K = 0,25$.

1) a- Dresser le tableau descriptif en avancement x relatif à la réaction d'hydrolyse étudiée dans un tube à essai.

b- Déterminer les avancements x_3 , x_4 et x_5 . En déduire l'avancement final x_f de la réaction étudiée.

2) Le taux d'avancement final de la réaction d'hydrolyse étudiée étant τ_f .

a- Montrer que : $\frac{\tau_f}{1 - \tau_f} = 0,5$. Calculer la valeur de τ_f .

b- En déduire la valeur de n_0 .

c- Déduire la quantité de matière initiale n_{E0} d'ester contenu dans le mélange (**M**).

3) Maintenant, on étudie la réaction d'hydrolyse de la même quantité de matière $n_{E0} = 0,3 \text{ mol}$ d'ester (**E**) avec une quantité de matière n_1 d'eau telle que $n_1 > n_{E0}$. Pour cela, on prépare un mélange (**M'**) contenant ces quantités de matière d'ester (**E**) et d'eau, auquel on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré de volume négligeable. On répartit le mélange homogénéisé (**M'**) en deux volumes égaux versés dans deux erlenmeyers L_a et L_b munis chacun d'un bouchon surmonté d'un tube effilé puis plongés, à un nouvel instant $t' = 0$, dans le bain-marie porté à la même température θ . Les contenus des deux erlenmeyers L_a et L_b sont respectivement retirés aux instants t_a et t_b et placés dans un bain d'eau glacée puis dosés. Les deux dosages sont effectués avec la même solution aqueuse de **NaOH** de concentration molaire $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$. Les volumes de la solution aqueuse de **NaOH** nécessaires, à l'équivalence, pour doser l'acide carboxylique formé dans L_a et L_b sont respectivement $V_{Ea} = 9,0 \text{ mL}$ et $V_{Eb} = 37,5 \text{ mL}$. Sachant que $t_b - t_a = 50 \text{ min}$ et que t_b correspond à l'instant auquel le mélange dans L_b atteint l'équilibre chimique :

a- déterminer la vitesse moyenne de la réaction d'hydrolyse dans L_b entre t_a et t_b ;

b- déterminer la valeur du taux d'avancement final τ'_f de la réaction étudiée ;

c- déterminer la valeur de n_1 .

Exercice 2 (4,5 points)

Toutes les solutions sont prises à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, température à laquelle le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. On négligera les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau devant ceux provenant de l'ionisation de chacune des monobases étudiées.

On considérera pour les solutions étudiées que :

- pour une solution aqueuse d'une monobase forte de concentration molaire C , le **pH** s'exprime par :

$$\text{pH} = \text{p}K_e + \log C ;$$

- pour une solution aqueuse d'une monobase faible, faiblement ionisée et de concentration molaire C , le pH s'exprime par : $\text{pH} = \text{p}K_b + \frac{1}{2}(\log C - \text{p}K_b)$; avec K_b la constante de basicité du couple acide-base correspondant.

1) On considère une solution aqueuse (S) d'une monobase B, de concentration molaire C et de pH donné. On dilue n fois la solution (S), on obtient une solution aqueuse (S') de concentration molaire C' et dont le pH a une valeur pH' .

a- Montrer que :

- pour une solution aqueuse d'une monobase forte : $n = 10^{\text{pH} - \text{pH}'}$;

- pour une solution aqueuse d'une monobase faible et faiblement ionisée : $n = 10^{2(\text{pH} - \text{pH}')}$.

b- Le taux d'avancement final de la réaction de la monobase B avec l'eau est noté τ_f . Exprimer τ_f en fonction du pH de la solution aqueuse de B, sa concentration molaire C et $\text{p}K_b$.

c- Montrer que dans le cas où la monobase B est faible et faiblement ionisée, la constante de basicité K_b s'écrit : $K_b = \tau_f^2 \cdot C$.

2) On prépare trois solutions aqueuses (S₁), (S₂) et (S₃) de même concentration molaire C_0 et contenant respectivement les monobases B₁, B₂ et B₃. On dilue 5 fois chacune des trois solutions précédentes. Les mesures de pH des trois solutions avant et après dilution, fournissent les résultats consignés dans le tableau suivant :

Solution	(S ₁)	(S ₂)	(S ₃)
pH avant dilution	10,95	12,70	10,10
pH après dilution	10,60	12,00	9,75

a- Montrer que la monobase B₂ est forte.

b- Déterminer la valeur de C_0 .

3) a- Justifier que les monobases B₁ et B₃ sont faibles et faiblement ionisées tant avant qu'après la dilution.

b- Déterminer les valeurs des constantes de basicité K_{b1} et K_{b3} respectivement des couples B₁H⁺/B₁ et B₃H⁺/B₃.

c- Comparer les forces des monobases B₁ et B₃.

Physique (11 points)

Exercice 1 (4,25 points)

Le pendule élastique de la figure 1 est constitué d'un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur k , lié à un solide (S) de masse m qui peut se déplacer le long d'une tige (T). A l'équilibre, le centre d'inertie G de (S) coïncide avec l'origine O d'un repère (O, \vec{i}) porté

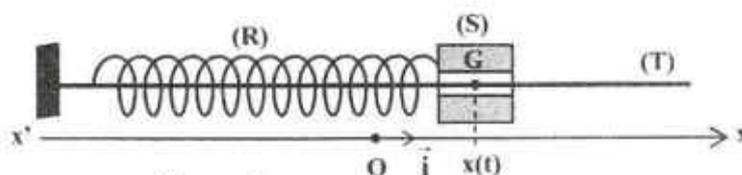


Figure 1

par un axe horizontal $x'x$. A un instant t donné, la position de G est repérée par son abscisse $x(t)$.

L'énergie potentielle de pesanteur est supposée nulle au niveau du plan horizontal contenant la tige (T).

A) Expérience 1

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre d'une distance x_0 et on le lâche, à l'instant $t = 0$, sans vitesse initiale, il se met donc à osciller. Au cours de son mouvement, le solide (S) est soumis à des frottements de type visqueux équivalents à une force $\vec{f} = -h\vec{v}$; où h est le coefficient de frottement et \vec{v} est le vecteur vitesse instantanée du centre d'inertie G de (S). L'équation différentielle régissant les oscillations de G est donnée par :

$$m \frac{d^2x(t)}{dt^2} + h \frac{dx(t)}{dt} + kx(t) = 0.$$

Pour trois valeurs de h (h_1, h_2, h_3) telles que $h_1 < h_2 < h_3$, un dispositif approprié permet d'enregistrer l'évolution, au cours du temps, de l'élongation x du centre d'inertie G de (S). On obtient alors les courbes (A), (B) et (C) de la figure 2.

1) a- Associer à chacune des courbes (A), (B) et (C) de la figure 2 le coefficient de frottement correspondant.

b- Parmi les trois courbes (A), (B) et (C) de la figure 2, indiquer celle (ou celles) qui correspond(ent) à :

- un régime pseudopériodique ;

- un régime apériodique.

2) On se place dans le cas du régime pseudopériodique. A l'instant $t = 0$, le système $\{(S) + (R)\}$ acquiert une énergie mécanique $W = 18,75 \cdot 10^{-3} \text{ J}$. On assimile la pseudo-période T à la période propre T_0 des oscillations.

- a- Déterminer graphiquement les valeurs de x_0 et T .
b- En déduire les valeurs de k et m .

B) Expérience 2

Le solide (S) est toujours soumis à des frottements de type visqueux équivalents à une force $\vec{f} = -h\vec{v}$. Un exciteur exerce sur (S) une force $F(t) = F_m \sin(2\pi Nt)$, d'amplitude F_m constante et de fréquence N réglable. Le solide (S) effectue alors des oscillations mécaniques forcées.

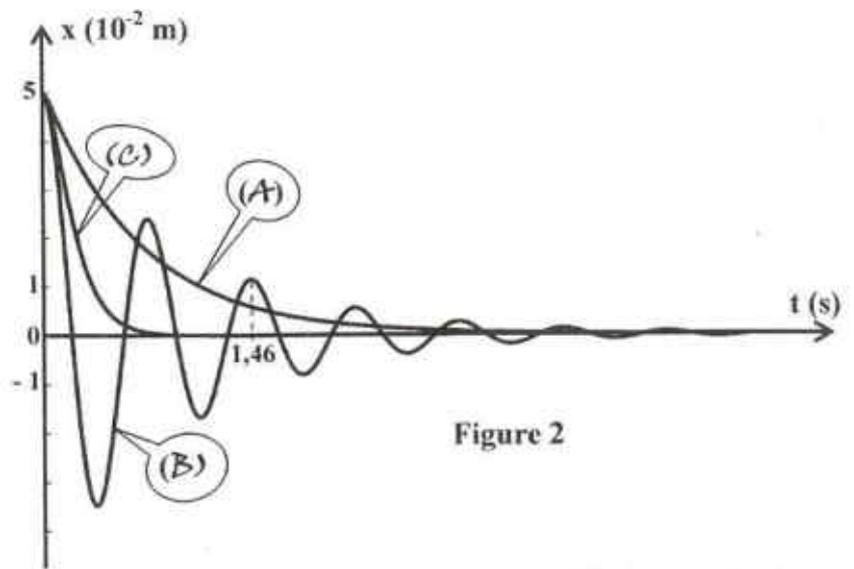


Figure 2

On fait varier la fréquence N de l'excitateur et on mesure à chaque fois l'amplitude X_m des oscillations. Pour deux nouvelles valeurs h_a et h_b de h , on obtient respectivement les courbes (a) et (b) de la figure 3 de la page 5/5 donnant l'évolution de l'amplitude X_m en fonction de la fréquence N . On désignera par X_{ma} et X_{mb} les amplitudes à la résonance d'élongation associées respectivement aux courbes (a) et (b), et N_a et N_b les fréquences correspondantes.

- 1) Sans avoir recours aux calculs, comparer en le justifiant, h_a à h_b .
2) On rappelle que pour un circuit RLC série alimenté par une tension $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$, d'amplitude U_m constante et de fréquence N réglable, l'évolution de la charge $q(t)$ du condensateur est régie par l'équation différentielle suivante : $L \frac{d^2q(t)}{dt^2} + R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C} = u(t)$. La solution de cette équation différentielle est $q(t) = Q_m \sin(2\pi Nt + \varphi_q)$; où Q_m et φ_q représentent respectivement l'amplitude et la phase initiale de $q(t)$. Pour réaliser la construction de Fresnel, on associe à chacune des expressions de l'équation différentielle un vecteur de Fresnel comme suit :

$$\frac{q(t)}{C} \mapsto \vec{u}_1 \left[\frac{Q_m}{C}, \varphi_q \right] ; \quad R \frac{dq(t)}{dt} \mapsto \vec{u}_3 \left[2\pi N R Q_m, \varphi_q + \frac{\pi}{2} \right]$$

$$L \frac{d^2q(t)}{dt^2} \mapsto \vec{u}_2 \left[4\pi^2 N^2 L Q_m, \varphi_q + \pi \right] ; \quad u(t) \mapsto \vec{w} \left[U_m, 0 \right]$$

Avec : $\vec{u}_1 + \vec{u}_2 + \vec{u}_3 = \vec{w}$

La résonance de charge est obtenue pour une fréquence N_{rq} telle que : $N_{rq}^2 = N_0^2 - \frac{R^2}{8\pi^2 L^2}$; avec N_0 la fréquence propre du résonateur.

- a- En utilisant l'analogie formelle électrique-mécanique, déterminer la valeur de h_a .
b- La figure 4 de la page 5/5 (à compléter par le candidat et à remettre avec la copie) représente la construction de Fresnel inachevée relative à l'équation différentielle en $x(t)$ pour $N = N_b$ et $h = h_b$. En utilisant l'analogie formelle électrique-mécanique :
b1- compléter en respectant l'échelle donnée, la construction de Fresnel de la figure 4 de la page 5/5 ;
b2- déduire les valeurs de F_m et h_b .

Exercice 2 (3,75 points)

L'isotope $^{123}_{53}\text{I}$ de l'iode est obtenu par bombardement d'un noyau d'antimoine $^{121}_{51}\text{Sb}$ par une particule α (^4_2He). La formation de $^{123}_{53}\text{I}$ est accompagnée par l'émission de neutrons.

- 1) Ecrire en précisant les lois utilisées, l'équation de la réaction nucléaire.
2) a- Calculer l'énergie de liaison E_{l1} du noyau de $^{121}_{51}\text{Sb}$.
b- L'énergie de liaison du noyau de $^{123}_{53}\text{I}$ est $E_{l2} = 1038,9 \text{ MeV}$. Comparer la stabilité des noyaux $^{123}_{53}\text{I}$ et $^{121}_{51}\text{Sb}$. Justifier la réponse.

3) En médecine, l'iode $^{123}_{53}\text{I}$, élément radioactif, est utilisé pour effectuer la scintigraphie (examen d'imagerie médicale) thyroïdienne. Il s'agit d'injecter, à l'instant $t = 0$, une dose de l'isotope $^{123}_{53}\text{I}$, fraîchement préparé, dans le corps du patient. La thyroïde fixe l'iode injecté par voie intraveineuse. La première scintigraphie est effectuée deux heures après l'injection.

Lors de sa désintégration, un noyau $^{123}_{53}\text{I}$ émet un rayonnement γ d'énergie $W_0 = 159 \text{ keV}$. La courbe de la figure 5 représente l'évolution au cours du temps de l'activité A de la dose injectée de $^{123}_{53}\text{I}$. Cette activité est régie par l'expression $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$; où A_0 désigne l'activité de la dose injectée à l'instant $t = 0$ et λ la constante radioactive de $^{123}_{53}\text{I}$.

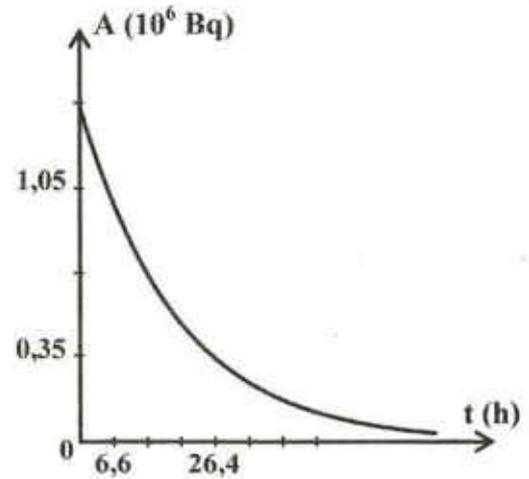


Figure 5

a- Déterminer graphiquement la valeur de A_0 et la valeur de la demi-vie T de $^{123}_{53}\text{I}$.

b- En déduire la valeur de λ ainsi que celle du nombre de noyaux N_0 de $^{123}_{53}\text{I}$ présents dans la dose injectée à $t = 0$.

c- Déterminer les valeurs des activités A_1 et A_2 respectivement 2 heures et 74 heures après injection.

d- En comparant A_1 à A_2 , déduire pourquoi il faut faire la première scintigraphie rapidement.

e- Déterminer l'énergie W_1 libérée sous forme de rayonnement γ par la désintégration de l'iode 123 pendant les 72 heures qui suivent la première scintigraphie.

On donne : $m(^{121}_{51}\text{Sb}) = 120,87603 \text{ u}$; $m(^1_1\text{p}) = 1,00728 \text{ u}$; $m(^1_0\text{n}) = 1,00866 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

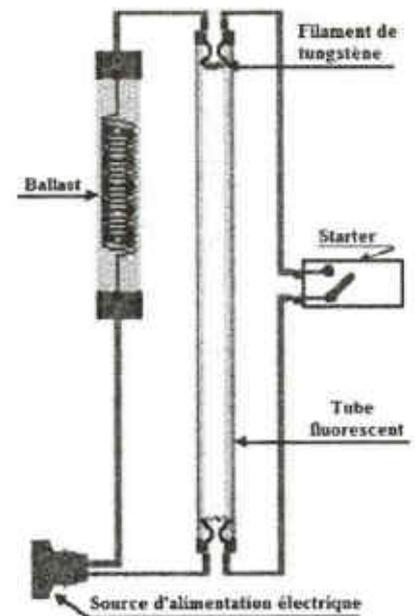
Exercice 3 (3 points) « Etude d'un document scientifique »

Les lampes fluorescentes

Avez-vous déjà guetté l'allumage des lampes fluorescentes (par exemple les tubes néon) ? C'est une décharge dans le gaz de ces lampes qui provoque une émission de lumière. La lampe ne se branche pas directement à la source d'alimentation électrique ; il faut lui associer une bobine (ballast) et un starter (figure ci-contre).

Le starter est composé d'un petit tube rempli de gaz et pourvu d'un bilame. A l'allumage, la mise sous tension provoque un arc électrique au sein du gaz. Celui-ci chauffe le bilame, jusqu'alors ouvert, qui se ferme. Pendant ce temps, un courant circule dans les électrodes (filaments de tungstène). Elles s'échauffent et ionisent le gaz qui les environne, ce qui facilitera l'allumage. Le bilame étant fermé, l'arc électrique dans le starter disparaît. Le bilame se refroidit alors et s'ouvre. Il provoque ainsi une interruption brusque du courant dans le ballast raccordé en série. Le ballast, composé d'un bobinage de cuivre entourant un noyau de fer (ballast dit inductif ou électromagnétique), va tenter de rétablir ce courant en libérant toute son énergie. Cela provoque une impulsion de tension très élevée entre les électrodes de la lampe capable d'allumer le tube fluorescent. Souvent, cet allumage ne réussit pas en une seule tentative. Si la lampe ne s'est pas allumée, le cycle recommence.

En fonctionnement, la tension aux bornes de la lampe est trop faible pour générer un nouveau cycle d'allumage. Le starter se maintient donc en position ouverte et le courant traverse la lampe qui reste allumée. A partir de cet instant, le ballast joue le rôle de limiteur de courant et empêche la destruction de la lampe.



D'après Printemps des sciences 2015 - Bruxelles

- 1) En se référant au texte, préciser les éléments électriques qui assurent l'allumage des lampes fluorescentes.
- 2) Préciser le phénomène physique qui se produit dans le ballast et qui est responsable de l'allumage de la lampe fluorescente.
- 3) Préciser le double rôle du ballast et indiquer s'il s'agit d'un dipôle RL ou d'un dipôle RC.
- 4) Donner les étapes d'un cycle d'allumage d'une lampe fluorescente.

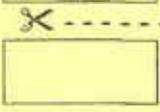
Empty box for identification.

Section : N° d'inscription : Série :

Nom et Prénom :

Date et lieu de naissance :

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



Épreuve : Sciences physiques – Section : Sciences expérimentales - Session principale (2019)
Annexe à rendre avec la copie

Figure 3

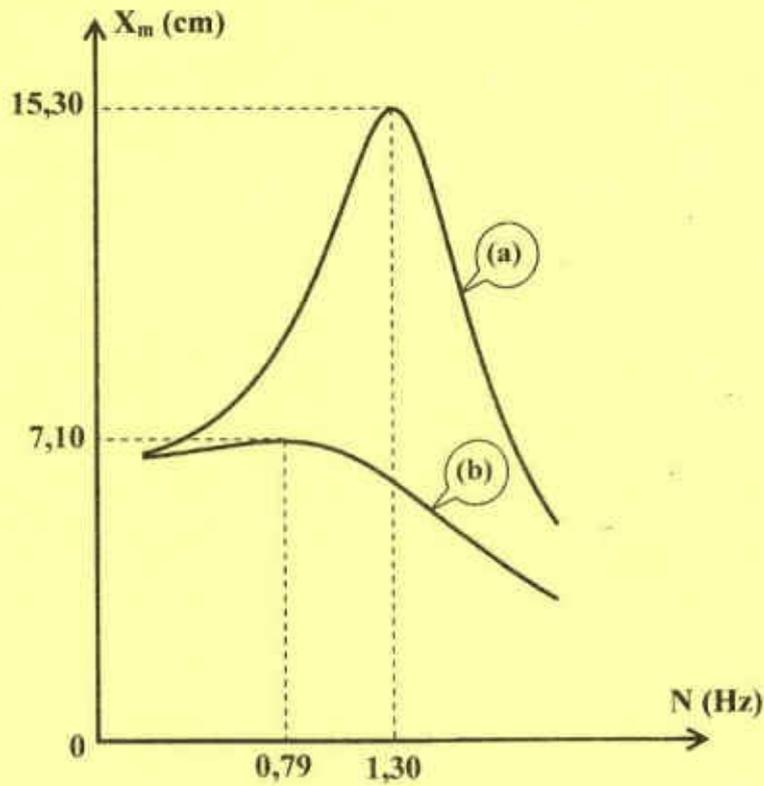


Figure 4

