

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION EXAMEN DU BACCALAURÉAT SESSION 2019	<b>Session de contrôle</b>	
	Épreuve : <b>Sciences physiques</b>	Section : <b>Mathématiques</b>
	Durée : <b>3h</b>	Coefficient de l'épreuve: <b>4</b>



Le sujet comporte 4 pages numérotées de 1/4 à 4/4.

## CHIMIE (7 points)

### Exercice 1 (4 points)

Les ions peroxydisulfate  $S_2O_8^{2-}$  oxydent les ions iodure  $I^-$  selon une transformation **totale**, modélisée par la réaction chimique que l'on représente par l'équation suivante:  $2I^- + S_2O_8^{2-} \rightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}$ .

Afin d'étudier la cinétique chimique de cette transformation, on prépare, à l'instant  $t = 0$ , un mélange réactionnel (S) constitué par un volume  $V_1 = 10 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse d'iodure de potassium KI de concentration molaire  $C_1 = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$  et un volume  $V_2 = 10 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de peroxydisulfate de potassium  $K_2S_2O_8$  de concentration molaire  $C_2$ .

On désignera par  $V$  le volume total du mélange (S). On supposera que  $V = V_1 + V_2$  et on négligera toute variation de température et de volume au cours de la transformation étudiée.

Par une méthode appropriée, on détermine à différents instants, la concentration molaire  $[I_2]$  du diiode formé dans le mélange (S). Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de la figure 1 traduisant l'évolution temporelle de  $[I_2]$ . ( $\Delta$ ) étant la tangente à la courbe  $[I_2] = f(t)$  au point d'abscisse  $t_1 = 24 \text{ min}$ .

1) Exprimer la vitesse instantanée  $v(t)$  de la réaction étudiée en fonction de  $V_1$ ,  $V_2$  et  $\frac{d[I_2]}{dt}$ .

2) En exploitant la courbe de la figure 1:

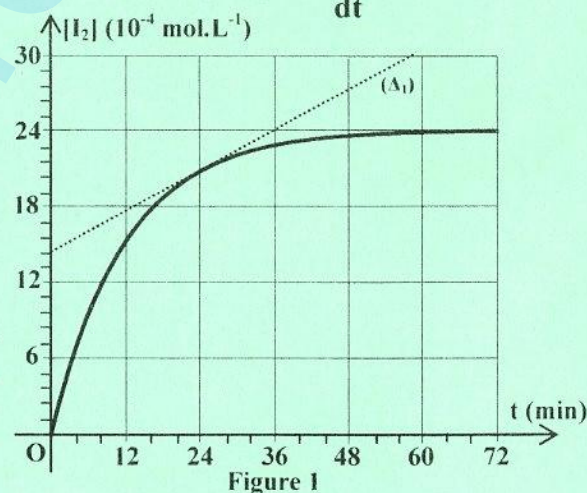
a- montrer que l'avancement final de la réaction étudiée est égal à  $x_f = 48,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$  ;

b- justifier que l'ion  $I^-$  ne constitue pas le réactif limitant;

c- déterminer le temps nécessaire pour consommer la moitié de la quantité initiale du réactif limitant ;

d- déduire la valeur de la concentration molaire  $C_2$  ;

e- déterminer les valeurs  $v(t_1)$  et  $v(t_2)$  de la vitesse de la réaction étudiée respectivement à l'instant  $t_1 = 24 \text{ min}$  et à l'instant  $t_2 = 60 \text{ min}$ . Préciser le facteur cinétique responsable de l'écart entre ces deux valeurs.



3) On refait l'expérience à la même température mais, en ajoutant au mélange initial (S) quelques gouttes d'une solution aqueuse de sulfate de fer(II) jouant le rôle de catalyseur, sans changement appréciable du volume  $V$ . Indiquer si à la suite de cet ajout, les grandeurs:  $x_f$  et  $v(t_1)$  évoquées respectivement aux questions 2)a- et 2)e- restent inchangées ou subissent une augmentation ou une diminution. Justifier.

### Exercice 2 (3 points)

Les ions  $Ni^{2+}$  de nickel réagissent avec le cobalt métallique  $Co$  pour donner du nickel métallique  $Ni$  et des ions  $Co^{2+}$  de cobalt selon la transformation modélisée par l'équation:  $Ni^{2+} + Co \rightleftharpoons Ni + Co^{2+}$ .

A une température  $\theta$  convenable et à l'instant  $t_0 = 0$ , on mélange un volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse ( $S_1$ ) de sel de nickel de concentration molaire  $C_1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  en ions  $Ni^{2+}$  et un volume  $V_2 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse ( $S_2$ ) de sel de cobalt de concentration molaire  $C_2 = 6 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  en ions  $Co^{2+}$  et on y introduit un excès de poudre de cobalt et de la grenaille de nickel.

A l'équilibre chimique, la quantité des ions  $Ni^{2+}$  dans le mélange réactionnel est:  $(n_{Ni^{2+}})_f = 10^{-3} \text{ mol}$ .

1) Donner le sens d'évolution du système chimique entre l'instant  $t_0 = 0$  et l'instant d'équilibre. Justifier.

- 2) Exprimer en fonction de  $C_1$ ,  $V_1$ ,  $C_2$ ,  $V_2$  et  $(n_{Ni^{2+}})_f$ , la constante d'équilibre  $K$  relative à la réaction étudiée. Montrer que  $K = 10$ .
- 3) A la même température  $\theta$  que précédemment, on réalise une pile électrochimique (P) constituée d':
- un compartiment (A), placé à droite, comportant une électrode de nickel plongée dans un volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  de la solution ( $S_1$ ) de concentration molaire  $C_1 = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  en ions  $Ni^{2+}$  ;
  - un compartiment (B), placé à gauche, comportant une électrode de cobalt plongée dans un volume  $V_2 = 100 \text{ mL}$  de la solution ( $S_2$ ) de concentration molaire  $C_2 = 6.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  en ions  $Co^{2+}$ .
- Les deux compartiments sont reliés par un pont salin.  
En s'aidant du résultat de la question 2), déterminer la valeur de la fem standard  $E^\circ$  de la pile (P).
- 4) On relie la pile (P) à un circuit extérieur constitué d'un conducteur ohmique, d'un ampèremètre et d'un interrupteur K. A un instant  $t_0' = 0$ , pris comme origine des temps, on ferme le circuit.
- a- Déterminer la valeur initiale  $E_i$  de la fem de la pile (P). En déduire l'équation de la réaction qui se produit spontanément dans cette pile lorsqu'elle débite du courant électrique.
  - b- L'intensité du courant débité par la pile (P) décroît dans le circuit jusqu'à s'annuler après une certaine durée de temps de fonctionnement.  
Déterminer pendant cette durée, la variation de masse de chacune des électrodes Ni et Co en précisant, à chaque fois, s'il s'agit d'une augmentation ou d'une diminution.
- On supposera qu'il n'y a ni changement de volume des solutions ni épuisement total des électrodes.  
On donne les masses molaires suivantes:  $M_{Ni} = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$  et  $M_{Co} = 58,9 \text{ g.mol}^{-1}$ .

## PHYSIQUE (13 points)

### Exercice 1 (6,5 points)

Un pendule élastique est constitué d'un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m, attaché à l'une des extrémités d'un ressort (R) à spires non jointives, d'axe horizontal, de raideur k et de masse négligeable devant m. L'autre extrémité du ressort est attachée à un support fixe.

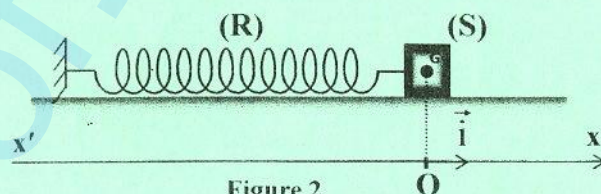


Figure 2

A l'équilibre, le centre d'inertie G du solide (S) est confondu avec l'origine O d'un repère  $(O, \vec{i})$  porté par un axe horizontal  $x'x$ , comme l'indique la figure 2. Au cours de son mouvement, G est repéré par son élongation  $x(t)$  dans le repère  $(O, \vec{i})$ ; sa vitesse instantanée est notée  $v(t)$ .

L'amortissement du mouvement ainsi que les forces de frottement sont supposés négligeables.

- 1) On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre jusqu'au point  $M_0$  d'abscisse  $x_0 < 0$ , puis on le lâche, à l'instant  $t = 0$ , avec une vitesse initiale  $v_0$ .
- a- En utilisant la méthode dynamique, montrer que les oscillations de G sont régies par l'équation différentielle:  $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \omega_0^2 x(t) = 0$ ; où  $\omega_0$  est une constante que l'on exprimera en fonction de k et m.
  - b- Exprimer l'énergie mécanique E du système  $\{(S) + (R)\}$  en fonction de k, m,  $x(t)$  et  $v(t)$ .
  - c- Déduire que le système  $\{(S) + (R)\}$  est conservatif.
- 2) Un dispositif approprié d'acquisition de données permet d'enregistrer simultanément l'évolution de la vitesse  $v(t)$  de G ainsi que celle de l'énergie cinétique  $E_c(t)$  du solide (S) en fonction du temps et de tracer les courbes (I) et (II) de la figure 3.
- En exploitant les courbes de la figure 3 :
- a- justifier que la courbe (I) correspond à  $E_c(t)$  ;
  - b- montrer que  $\omega_0 = 20 \text{ rad.s}^{-1}$  et déduire l'amplitude du mouvement oscillatoire de G ;
  - c- déterminer k et montrer que  $m = 100 \text{ g}$  ;
  - d- chercher  $x_0$  et déduire que  $v_0 = -0,8 \text{ m.s}^{-1}$  ;
  - e- déterminer la phase initiale de la vitesse  $v(t)$  et en déduire celle de l'élongation  $x(t)$ .

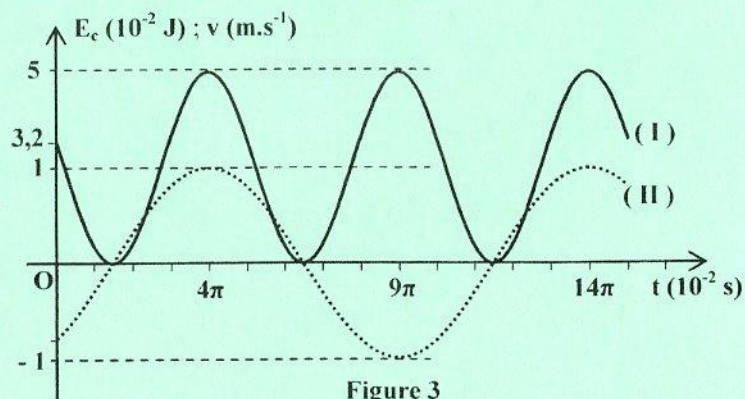


Figure 3

3) Le solide (S) est maintenant soumis à des actions de frottement visqueux dont la résultante est équivalente à une force unique de la forme:  $\vec{f} = -h\vec{v}$ ; où  $h$  est une constante positive appelée coefficient de frottement et  $\vec{v}$  étant le vecteur vitesse instantanée de G. De plus, le solide (S) subit une force excitatrice  $\vec{F} = F_m \sin(2\pi Nt) \vec{i}$  d'amplitude  $F_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable.

A l'aide d'un dispositif approprié, on suit l'évolution de l'amplitude  $X_m$  de l'élongation  $x(t)$  de G en fonction de la fréquence  $N$  de la force excitatrice. On constate alors que cette grandeur atteint une valeur maximale  $X_{m_1} = 9,0 \text{ cm}$  pour une valeur particulière  $N_1 = 2,70 \text{ Hz}$  de la fréquence  $N$ .

On rappelle que l'amplitude  $X_m$  peut s'exprimer par la relation: 
$$X_m = \frac{F_m}{\sqrt{4\pi^2 h^2 N^2 + (k - 4\pi^2 N^2 m)^2}}$$
.

a- Nommer le phénomène physique qui se produit à la fréquence  $N_1$ .

b- Montrer que la fréquence  $N_1$  vérifie la relation:  $N_1^2 = N_2^2 - \frac{h^2}{8\pi^2 m^2}$ ; où  $N_2$  est une fréquence que

l'on exprimera en fonction de  $k$  et  $m$ .

c- Indiquer ce que représente la fréquence  $N_2$  pour le système  $\{(S) + (R)\}$ .

d- Calculer  $h$  et  $F_m$ .

### Exercice 2 (4,25 points)

Une pointe S, attachée à un vibreur, affleure la surface d'une nappe d'eau de profondeur constante, initialement au repos et contenue dans une cuve à ondes rectangulaire et horizontale. Cette pointe produit des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude  $a$  et de fréquence  $N$ . Des ondes de forme circulaire se propagent alors à la surface de l'eau à partir de S avec une célérité  $v$ .

Les bords de la cuve à ondes sont conçus de telle sorte qu'ils absorbent l'onde progressive issue de S.

On néglige tout amortissement des ondes.

La pointe S débute son mouvement à l'origine des temps  $t = 0$  à partir de sa position d'équilibre.

1) a- Dire pourquoi l'onde créée à la surface de l'eau est qualifiée d'onde mécanique.

b- Justifier que cette onde est transversale.

c- Bien que l'amortissement soit négligeable, on constate que l'amplitude de l'onde à la surface de l'eau diminue en s'éloignant de S.

Nommer le phénomène responsable de cette diminution.

2) Dans ce qui suit, on supposera que l'amplitude  $a$  de l'onde en tout point de la surface de la nappe d'eau est la même que celle du mouvement de la pointe S.

Le graphe de la figure 4 représente, à un instant  $t_1 = 0,15 \text{ s}$ , une coupe de la surface de la nappe d'eau par un plan vertical passant par S. A cet instant, l'élongation de la pointe S est nulle.

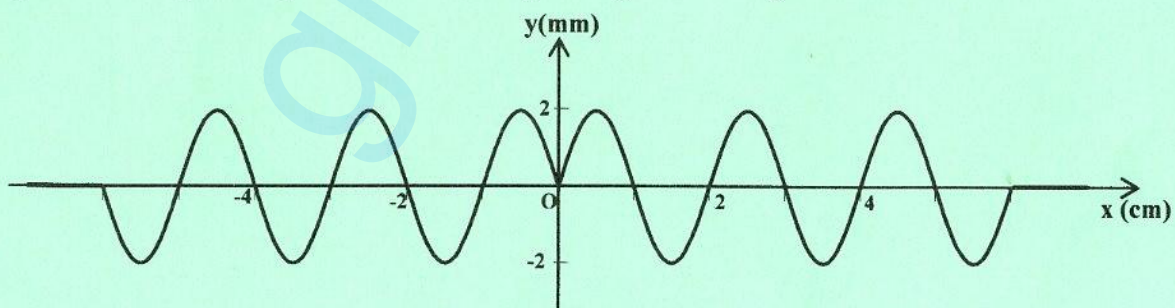


Figure 4

En exploitant le graphe de la figure 4, déterminer:

a- l'amplitude  $a$  et la longueur d'onde  $\lambda$  à la surface de la nappe d'eau;

b- la célérité  $v$  et la fréquence  $N$ .

- 3) On remplace maintenant la pointe par une règlette (**R**) verticale, placée parallèlement à l'un des bords de la cuve, et dont le bord inférieur affleure la surface de l'eau. Sur le fond de la cuve et du côté opposé à (**R**), on pose à plat, une plaque (**P**) en plexiglas de forme rectangulaire, d'épaisseur faible et constante. Cela permet de diminuer localement la profondeur de l'eau. La cuve est ainsi partagée en **deux** zones (1) et (2) de profondeurs différentes, qui constituent **deux** milieux de propagation différents pour les ondes à la surface de la nappe d'eau. La surface de séparation des deux zones est parallèle à la règlette (**R**), comme le montre la figure 5.

On néglige tout phénomène de réflexion des ondes.

On actionne le vibreur à la fréquence  $N = 20 \text{ Hz}$ . Des ondes de forme rectiligne se propagent alors à la surface de la zone (1) et passent vers celle de la zone (2). A l'aide d'un procédé approprié, on mesure à la surface de l'eau, les distances  $d_1$  et  $d_2$  séparant 5 lignes de crête consécutives respectivement dans les zones (1) et (2). On obtient alors:  $d_1 = 8,0 \text{ cm}$  et  $d_2 = 6,0 \text{ cm}$ .

- a- Déterminer les longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  respectivement dans les zones (1) et (2).
- b- Déduire les célérités  $v_1$  et  $v_2$  de l'onde respectivement dans les zones (1) et (2). Conclure quant à l'effet de la profondeur sur la célérité de l'onde à la surface de l'eau.
- c- Dire en le justifiant, si l'onde incidente subit un changement de direction de propagation lors de son passage de la zone (1) vers la zone (2).

Nommer alors le phénomène physique correspondant.

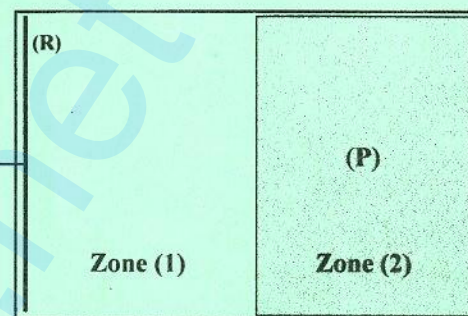


Figure 5

### Exercice 3 (2,25 points) « Étude d'un document scientifique »

#### Niels Bohr et ses électrons sauteurs

Électrons, noyau, quantum d'énergie : c'est le tiercé de la physique des années 1910... Reste à savoir comment les combiner... Niels Bohr va tenter un tour de force : rassembler les connaissances éparées sur l'atome et y injecter des hypothèses pour rendre le tout cohérent. Premièrement, explique-t-il dès 1913, que les électrons n'ont pas 10000 possibilités d'orbites circulaires mais seulement quelques unes, fixes, toujours les mêmes. Deuxièmement, dans ces états dits stationnaires, les électrons n'émettent pas de lumière. Troisièmement, lorsqu'ils absorbent une certaine quantité d'énergie, les électrons bondissent de leur orbite de départ vers une autre plus élevée. A l'inverse, ils peuvent dégringoler (chuter) en libérant de l'énergie, mais jamais plus bas qu'une orbite limite dénommée état fondamental. Les collisions avec le noyau deviennent impossibles, théoriquement.

Ce qui caractérise les orbites des électrons de Bohr, c'est d'abord leur niveau d'énergie. Pour passer de l'un à l'autre, il faut ajouter ou retrancher une quantité précise d'énergie ...un quantum ! Dans la pratique, à chaque fois qu'un électron excité revient à son état fondamental, il crache une lumière de longueur d'onde bien précise. C'est ce phénomène, argumente Bohr, qui explique les raies lumineuses que les physiciens arrachent aux gaz dans leur spectroscope.

D'après : Les dossiers de science & vie junior n°34 page 22, octobre 1998, dossier hors série.

- 1) Extraire du texte les hypothèses avancées par Niels Bohr pour élaborer une théorie cohérente relative à l'atome.
- 2) Dire à quoi correspond l'état fondamental d'un atome et indiquer ce qui le différencie d'un état excité.
- 3) Dégager du texte une phrase qui montre que l'énergie d'un atome est quantifiée.
- 4) Nommer le type de spectre dont l'auteur parle à la fin du texte.
- 5) Proposer un schéma simplifié du montage expérimental permettant d'obtenir ce type de spectre.