

Correction de l'épreuve de Physique chimie 2SMAetB JUIN2018

الصفحة 1 8	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الممالك الدولية - خيار فرنسية الدورة العادية 2018 الموضوع -	NS30F	المرکز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه
4	مدة الإجتاز	الفيزياء والكيمياء	المادة
7	المعامل	شعبة العلوم الرياضية : "ا" و "ب" - خيار فرنسية	الشعبة أو المسلك

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

Le sujet comporte 4 exercices : un exercice de chimie et trois exercices de physique.

Chimie (7 points):

- Réaction de l'eau avec un acide et avec un ester,
- Electrolyse de l'eau.

Physique (13 points):

❖ Exercice 1 : Les transformations nucléaires (3,25 points)

- Radioactivité α du radium,
- Mouvement d'une particule α dans un champ magnétique uniforme.

❖ Exercice 2 : L'électricité (5 points)

- Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension,
- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension,
- Oscillateur RLC en régime forcé.

❖ Exercice 3 : La mécanique (4,75 points)

- Mouvement d'un corps solide dans l'air et dans un liquide,
- Mouvement d'un pendule élastique.



Chimie (7 points)

L'eau est une espèce chimique dont le rôle est primordial en chimie des solutions aqueuses. Dans cet exercice on étudiera :

- une solution aqueuse d'un acide,
- l'hydrolyse d'un ester,
- l'électrolyse de l'eau.

1-Etude d'une solution aqueuse d'un acide HA:

On prépare une solution aqueuse S_A d'acide 2-méthylpropanoïque, noté HA, de volume V et de concentration molaire $C=10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On désigne par A^- la base conjuguée de HA .
La mesure du pH de S_A donne $\text{pH}=3,44$.

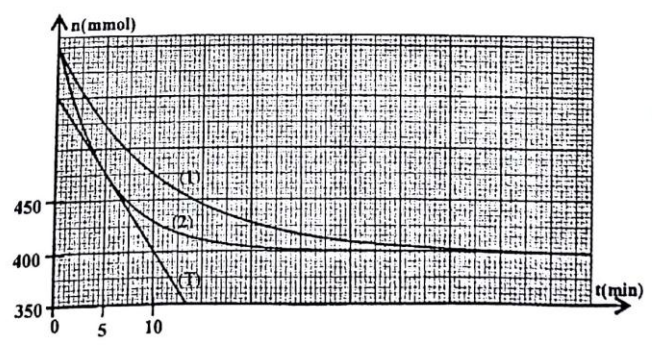
- 0,25 1-1-Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide HA avec l'eau.
- 0,75 1-2-Calculer le taux d'avancement final de la réaction et déduire l'espèce chimique prédominante du couple $\text{HA}_{(aq)}/\text{A}^-_{(aq)}$.
- 0,75 1-3 -Trouver l'expression du pK_A du couple $\text{HA}_{(aq)}/\text{A}^-_{(aq)}$ en fonction de C et de pH. Vérifier que $\text{pK}_A \approx 4,86$.
- 1-4- On prend un volume $V_A = 20 \text{ mL}$ de la solution aqueuse S_A auquel on ajoute progressivement un volume V_B d'une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_B = C$ avec $V_B < 20 \text{ mL}$.
- 0,5 1-4-1-Ecrire l'équation modélisant la réaction chimique qui se produit (cette réaction est considérée totale).
- 0,5 1-4-2-Trouver la valeur du volume V_B de la solution (S_B) ajouté lorsque le pH du mélange réactionnel prend la valeur $\text{pH}=5,50$.

2- Hydrolyse d'un ester :

Le 2-méthylpropanoate d'éthyle de formule semi-développée CC(C)C(=O)OCC est un ester à odeur de fraise. L'hydrolyse de cet ester, noté E, conduit à la formation d'un acide et d'un alcool.

On réalise deux mélanges équimolaires de l'ester E et d'eau. Le volume de chaque mélange est V_0 .

Les courbes (1) et (2) de la figure ci-contre représentent l'évolution au cours du temps, de la quantité de matière de l'ester E à une même température θ . L'une des deux courbes est obtenue en réalisant cette hydrolyse sans catalyseur.



- 0,5 2-1- Ecrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation modélisant la réaction qui se produit.
- 0,75 2-2- Déterminer graphiquement le temps de demi- réaction dans le cas de la transformation

M

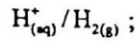
- 0,5 correspondant à la courbe (1).
2-3-Indiquer, en justifiant la réponse, la courbe correspondant à la réaction d'hydrolyse sans catalyseur.
- 0,75 2-4- En utilisant la courbe (2), déterminer en $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ la vitesse volumique de réaction à l'instant $t_1 = 5 \text{ min}$ ((T) représente la tangente à la courbe (2) au point d'abscisse t_1), On prend le volume du mélange réactionnel $V_0 = 71 \text{ mL}$.

3- Electrolyse de l'eau :

On introduit un volume d'eau acidifiée dans un électrolyseur. On surmonte chaque électrode en graphite d'un tube à essai, rempli d'eau, destiné à récupérer le gaz formé, puis on réalise le montage représenté sur le schéma ci-dessous.

Après la fermeture de l'interrupteur K, on ajuste l'intensité du courant électrique sur la valeur $I = 0,2 \text{ A}$. On prend cet instant comme origine des dates ($t = 0$):

Données :-Les couples Ox/Red qui participent à l'électrolyse sont : $\text{O}_{2(g)}/\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ et



- Volume molaire dans les conditions de l'expérience :

$$V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1} ;$$

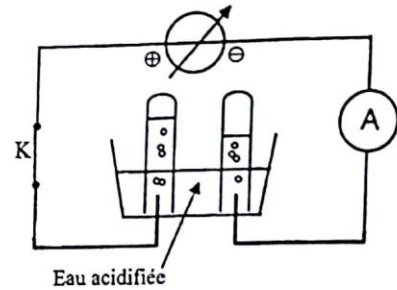
$$- N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1} ; e = 1,6.10^{-19} \text{ C} .$$

- 0,5 3-1- Parmi les affirmations suivantes combien y en a t-il d'exactes ?

- L'anode est l'électrode liée au pôle positif du générateur.
- Une transformation forcée s'effectue dans le sens inverse d'une transformation spontanée.
- Au cours du fonctionnement d'un électrolyseur, il se produit une réduction à l'anode.
- Le courant électrique sort de l'électrolyseur par la cathode.

- 0,5 3-2- Ecrire l'équation de la réaction qui se produit au niveau de l'anode.

- 0,75 3-3-Trouver l'expression du volume de dioxygène formé à un instant t, en fonction de I, V_m , N_A , e et t. Calculer sa valeur à l'instant $t = 8 \text{ min}$.



Physique (13 points)

Exercice 1 : Transformations nucléaires(3,25 points)

On se propose dans cet exercice d'étudier la radioactivité α du radium ainsi que le mouvement d'une particule α dans un champ magnétique uniforme.

- 1- C'est en 1898 que Marie et Pierre Curie annoncèrent la découverte de deux éléments radioactifs :

le polonium et le radium. Le radium ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ qui se transforme en radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, est considéré comme

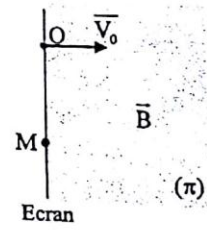
L'un des exemples historiques de la radioactivité α . L'activité d'un échantillon radioactif était alors calculée par rapport au radium considéré comme étalon. Elle fut exprimée en curie (Ci) pendant des années, avant d'utiliser le Becquerel(Bq) comme unité.
 Le curie (1Ci) est l'activité d'un échantillon d'un gramme (1g) de radium 226.
Données :
 -Masse molaire du radium : $M=226\text{g.mol}^{-1}$; Constante d'Avogadro : $N_A=6,02.10^{23}\text{ mol}^{-1}$;
 -Energie de liaison du noyau de radium : $E_l(^{226}_{88}\text{Ra})=1,7311.10^3\text{ MeV}$;
 -Energie de liaison du noyau de radon : $E_l(^{222}_{86}\text{Rn})=1,7074.10^3\text{ MeV}$;
 -Energie de liaison du noyau de l'hélium : $E_l(^4_2\text{He})=28,4\text{ MeV}$;
 -Constante radioactive du radium : $\lambda=1,4.10^{-11}\text{ s}^{-1}$; $t_{an}=365,25\text{ jours}$;

0,25 1-1-Donner la définition de l'énergie de liaison d'un noyau.
 0,5 1-2-Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :
 a- Le radium et le radon sont deux isotopes.
 b- Le noyau du radium est constitué de 88 neutrons et de 138 protons.
 c- Après une durée égale à $3t_{1/2}$ ($t_{1/2}$ demi-vie du radium), il reste 12,5% des noyaux initiaux.
 d- La relation entre la demie-vie et la constante radioactive est : $t_{1/2}=\lambda.\ln 2$.

0,5 1-3-Montrer que $1\text{ Ci}\approx 3,73.10^{10}\text{ Bq}$.
 0,5 1-4-Quelle serait, en Becquerel (Bq), en Juin 2018,l'activité d'un échantillon de masse 1g de radium dont l'activité en Juin 1898 était de 1Ci .
 0,5 1-5-Calculer, en MeV, l'énergie $|\Delta E|$ produite par la désintégration d'un noyau de radium.

2-La particule α émise arrive au trou O avec une vitesse horizontale \vec{V}_0 et pénètre dans une zone où règne un champ magnétique \vec{B} uniforme, perpendiculaire au plan vertical (π), d'intensité $B=1,5\text{ T}$. Cette particule dévie et heurte un écran au point M (voir schéma ci-contre).

L'intensité du poids de la particule α , de charge $q=+2e$, est négligeable devant celle de la force de Lorentz qui s'exerce sur celle-ci.
 0,5 2-1-Par application de la deuxième loi de Newton, déterminer la nature du mouvement de la particule α dans la zone où règne le champ \vec{B} .
 0,5 2-2-Exprimer la distance OM en fonction de $m(\alpha)$, e , B et V_0 . Calculer sa valeur.
On donne : - Masse de la particule α : $m(\alpha)=6,6447.10^{-27}\text{ kg}$.
 - $V_0=1,5.10^7\text{ ms}^{-1}$; $e=1,6.10^{-19}\text{ C}$.



Exercice 2 : Electricité (5 points)

Cet exercice se propose d'étudier :
 - la réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension ;
 - la réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension ;
 - la résonance en intensité d'un circuit RLC série.

4



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

On réalise le montage représenté sur le schéma de la figure 1. Ce montage comporte :

- un générateur de tension G de force électromotrice E ;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 2\text{ k}\Omega$;
- un condensateur de capacité C initialement déchargé ;
- un interrupteur K .

A l'instant $t=0$ on ferme K. On note u_c la tension aux bornes du condensateur.

La courbe de la figure 2 représente les variations de $\frac{du_c}{dt}$ en fonction de u_c .

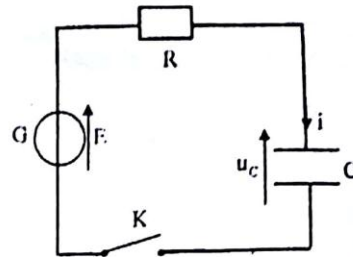


Figure 1

- 0,25 1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par u_c .
- 0,5 2- Déterminer la valeur de E et vérifier que $C=10\text{ nF}$.
- 0,25 3- On définit le rendement énergétique de la charge du condensateur par $\rho = \frac{E_c}{E_g}$ avec E_c l'énergie emmagasinée par le condensateur jusqu'au régime permanent et $E_g = C.E^2$ l'énergie fournie par le générateur G. Déterminer la valeur de ρ .

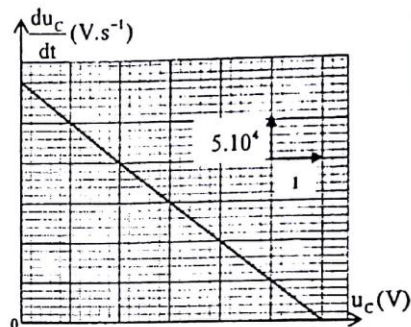


Figure 2

II- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On réalise le montage, représenté sur le schéma de la figure 3, comportant :

- un générateur de f.e.m. $E = 6\text{ V}$;
- deux conducteurs ohmiques de résistance R_1 et $R_2 = 2\text{ k}\Omega$;
- une bobine (b) d'inductance L et de résistance $r = 20\Omega$;
- un interrupteur K ;
- une diode D idéale de tension seuil $u_s = 0$.

1- On ferme l'interrupteur K à l'instant de date $t=0$. Un système d'acquisition informatisé adéquat permet de tracer la courbe représentant l'évolution de l'intensité du courant $i(t)$ dans le circuit (figure 4). La droite (T) représente la tangente à la courbe à $t=0$.

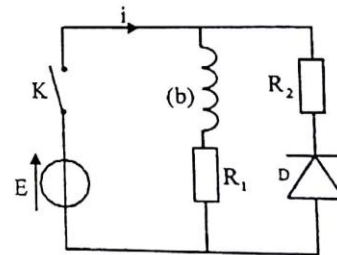


Figure 3

- 0,25 1-1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$.
- 0,5 1-2- Déterminer la valeur de la résistance R_1 et vérifier que la valeur de l'inductance de la bobine est $L=0,3\text{ H}$.
- 0,5 1-3- Lorsque le régime permanent est établi, calculer la tension aux bornes de la bobine.

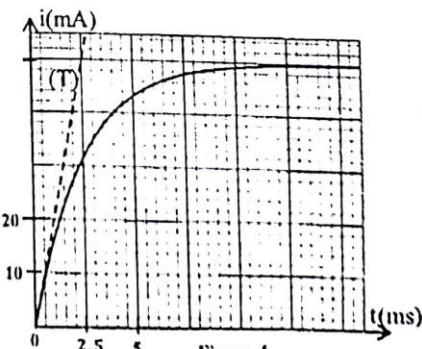


Figure 4

4



- 2-Le régime permanent étant atteint, on ouvre K. On prend l'instant d'ouverture de K comme nouvelle origine des dates($t=0$).
- 0,5 2-1- Quelle est la valeur de l'intensité du courant juste après l'ouverture de K ? justifier la réponse.
- 0,75 2-2-En se basant sur l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ lors de la rupture du courant, déterminer à l'instant $t=0$, la valeur de $\frac{di(t)}{dt}$ et celle de la tension aux bornes de la bobine.
- 0,25 3- Justifier le rôle de la branche du circuit formé par la diode et le conducteur ohmique de résistance R_2 dans le circuit au moment de l'ouverture de l'interrupteur K .

III- Oscillateur RLC en régime forcé

On réalise un circuit RLC série comprenant :

- un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale $u(t)$ de tension efficace constante et de fréquence N réglable ;
- un conducteur ohmique de résistance $R_3 = 1980 \Omega$;
- la bobine (b) précédente ;
- un condensateur de capacité C_1 .

L'étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentant les variations de l'impédance Z du dipôle RLC en fonction de la fréquence N (figure 5).

On prendra : $\sqrt{2} = 1,4$ et $\pi^2 = 10$.

- 0,25 1- Déterminer la fréquence de résonance.
- 0,5 2- Calculer la capacité C_1 du condensateur.
- 0,5 3- On note I_0 la valeur maximale de l'intensité efficace I du courant dans le circuit. Pour $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, trouver la relation entre l'impédance Z du circuit, R_3 et r .
Déduire graphiquement la largeur de la bande passante à -3dB.

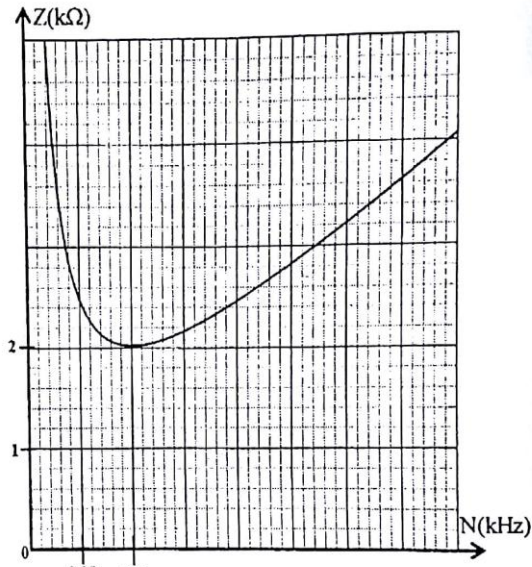


Figure 5

Exercice 3 : Mécanique (4.75 points)

Les deux parties I et II sont indépendantes

Partie I : Etude du mouvement d'un corps solide dans l'air et dans un liquide

On trouve dans les piscines des plongeurs à partir desquels chutent les baigneurs pour plonger dans l'eau.
Dans cette partie de l'exercice, on étudiera le mouvement d'un baigneur dans l'air et dans l'eau.
On modélise le baigneur par un corps solide (S) de masse m et de centre d'inertie G .

4

On étudie le mouvement du centre G dans un repère $R(O, \vec{k})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen (figure 1).

Données : $m = 80 \text{ kg}$; intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$. On prend $\sqrt{2} = 1,4$.

1- Etude du mouvement du centre G dans l'air

A l'instant de date t_0 , pris comme origine des dates ($t_0 = 0$), le baigneur se laisse chuter sans vitesse initiale d'un plongeur. On considère qu'il est en chute libre durant son mouvement dans l'air. A la date t_0 le centre d'inertie G coïncide avec l'origine O du repère $R(O, \vec{k})$ ($z_G = 0$) et est situé à une hauteur $h = 10 \text{ m}$ au dessus de la surface de l'eau (figure 1).

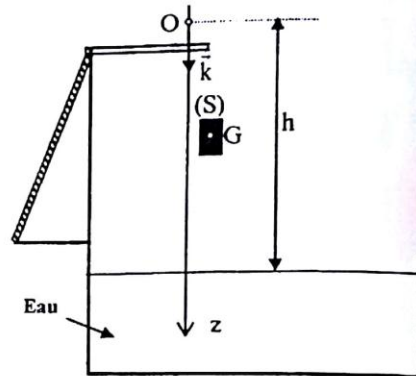


Figure 1

0,25

1-1-Etablir l'équation différentielle régissant la vitesse v_z du centre d'inertie G .

0,5

1-2 -Déterminer le temps de chute t_c de G dans l'air puis en déduire sa vitesse v_c d'entrée dans l'eau.

2- Etude du mouvement vertical du centre d'inertie G dans l'eau

Le baigneur arrive avec la vitesse \vec{v}_c , de direction verticale, à l'entrée dans l'eau. Lorsqu'il est dans l'eau, il suit une trajectoire verticale où il est soumis à l'action de:

- son poids \vec{P} ,
- la force de frottement fluide : $\vec{f} = -\lambda \cdot \vec{v}$ où λ est le coefficient de frottement fluide ($\lambda = 250 \text{ kg.s}^{-1}$) et \vec{v} le vecteur vitesse de G à un instant t ,
- la poussée d'Archimède : $\vec{F} = -\frac{m}{d} \cdot \vec{g}$ où g est l'intensité de la pesanteur et $d = 0,9$ la densité du baigneur.

On considère l'instant d'entrée de (S) dans l'eau comme nouvelle origine des dates ($t = 0$).

0,5

2-1-Etablir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v_z de G . On posera $\tau = \frac{m}{\lambda}$.

0,5

2-2- Déduire l'expression de la vitesse limite v_{tz} en fonction de τ , g , et d . Calculer sa valeur.

0,5

2-3- La solution de l'équation différentielle est $v_z(t) = A + B e^{-\frac{t}{\tau}}$, où A et B sont des constantes. Exprimer A en fonction de v_{tz} et B en fonction de v_{tz} et v_c .

0,25

2-4-Déterminer l'instant t , auquel le mouvement du baigneur change de sens. (Le baigneur n'atteint pas le fond de la piscine).

Partie II : Etude du mouvement d'un pendule élastique

Le pendule élastique étudié est constitué d'un solide (S) , de masse m et de centre d'inertie G , attaché à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de longueur à vide ℓ_0 .

et de raideur K . L'autre extrémité du ressort est fixée à un support fixe au point P.
Le solide (S) peut glisser sans frottement sur une tige (T) inclinée d'un angle α par rapport à la verticale et solidaire au point P (figure2).

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans le repère orthonormé $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ lié à un référentiel terrestre considéré comme galiléen. On repère la position de G à un instant t par l'abscisse x sur l'axe (O, \vec{i}) .

A l'équilibre, G est confondu avec l'origine O du repère ($x_G = 0$) (figure2).

On prendra : $\pi^2 = 10$.

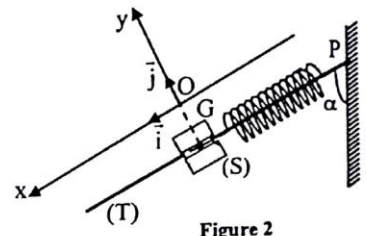


Figure 2

- 0,25 1- Exprimer ℓ_e , la longueur du ressort à l'équilibre, en fonction de ℓ_0 , m, K, α et g l'intensité de la pesanteur.
2-On déplace (S) de sa position d'équilibre d'une distance x_m , dans le sens positif, et on le lâche à l'instant de date $t=0$ sans vitesse initiale.

La courbe de la figure 3 représente la variation de l'accélération a_x du centre d'inertie G en fonction de l'abscisse x avec $-x_m \leq x \leq x_m$.

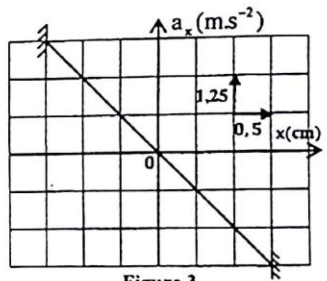


Figure 3

- 0,5 2-1- Etablir, en appliquant la deuxième loi de Newton, l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse $x(t)$.

- 0,5 2-2- La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme :

$$x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right).$$

Trouver l'expression numérique de $x(t)$.

3- On choisit comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur ($E_{pp}(O) = 0$) le plan horizontal auquel appartient G à l'équilibre et comme référence de l'énergie potentielle élastique ($E_{pe}(O) = 0$) l'état où le ressort est allongé à l'équilibre.

- 0,5 3-1-Trouver, à un instant t, l'expression de l'énergie potentielle $E_p = E_{pp} + E_{pe}$ de l'oscillateur en fonction de x et de K.

- 0,5 3-2- La courbe de la figure 4 représente les variations de l'énergie cinétique de l'oscillateur en fonction de x. En se basant sur la conservation de l'énergie mécanique, déterminer la valeur de la raideur K. Déduire la valeur de la masse m.

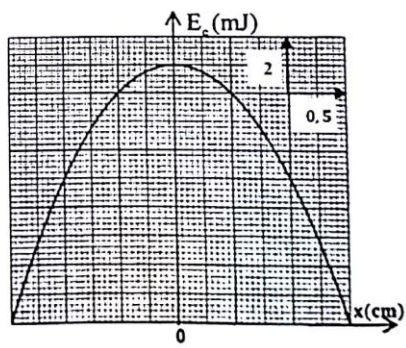
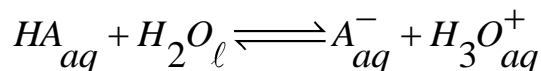


Figure 4

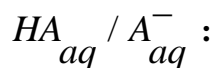
CHIMIE

1- Etude d'une solution aqueuse d'un acide HA :

1.1- Equation chimique modélisant la réaction de l'acide HA avec l'eau :



1.2- Taux d'avancement final et déduction de l'espèce prédominante du couple



*Taux d'avancement final :

Tableau d'avancement de la réaction :

Equation chimique		$HA_{aq} + H_2O_{\ell} \rightleftharpoons A_{aq}^{-} + H_3O_{aq}^{+}$			
Etat initial	0	$C.V$	Excès	0	~ 0
Etat final	x_f	$C.V - x_f$		x_f	x_f

On a : $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$; selon le tableau d'avancement : $x_f = [H_3O_{aq}^{+}] \cdot V$ et $x_{\max} = C.V$

(HA étant le réactif limitant) ; soit : $\tau = \frac{[H_3O_{aq}^{+}]}{C}$; c-à-d : $\tau = \frac{10^{-pH}}{C}$;

AN : $\tau = 0,036 = 3.6\%$

*Espèce prédominante :

L'acide HA étant très faiblement dissocié, donc l'espèce chimique prédominante est l'acide HA

(acide 2-méthylpropanoïque).

1.3- Expression du pK_A et vérification de sa valeur :

*Expression du pK_A :

On a : $K_A = \frac{[H_3O_{aq}^{+}]_{\text{éq}} [A_{aq}^{-}]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$; d'où : $\log K_A = \log [H_3O_{aq}^{+}]_{\text{éq}} + \log \frac{[A_{aq}^{-}]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$;

Selon le tableau d'avancement : $[A_{aq}^{-}]_{\text{éq}} = [H_3O_{aq}^{+}]_{\text{éq}} = 10^{-pH}$ et $[HA]_{\text{éq}} = C - 10^{-pH}$;

alors :

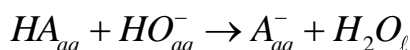
$pK_A = pH - \log \frac{10^{-pH}}{C - 10^{-pH}}$; soit : $pK_A = 2pH + \log(C - 10^{-pH})$;

*Vérification de la valeur du pK_A :

A.N : $pK_A \approx 4,86$

1.4-

1.4.1- Equation chimique modélisant la réaction entre l'acide HA et la soude :



1.4.2- Valeur du volume V_B ajouté :

Tableau d'avancement de la réaction :

Equation chimique		$HA_{aq} + HO_{aq}^- \rightarrow A_{aq}^- + H_2O_{\ell}$			
Etat initial	0	$C.V_A$	$C_B V_B$	0	Excès
Etat final	x_f	$C.V_A - x_f$	$C_B V_B - x_f$	x_f	

On a : $pK_A = pH + \log \frac{[HA]_f}{[A^-]_f}$; soit :

$$pK_A = pH + \log \frac{CV_A - x_f}{x_f} \frac{(V_A + V_B)}{(V_A + V_B)} = pH + \log \frac{CV_A - x_f}{x_f} ;$$

Puisque : $V_B < V_A$ et $C_B = C$, alors : $C_B V_B < CV_A$; par conséquent : le réactif limitant est HO_{aq}^- .

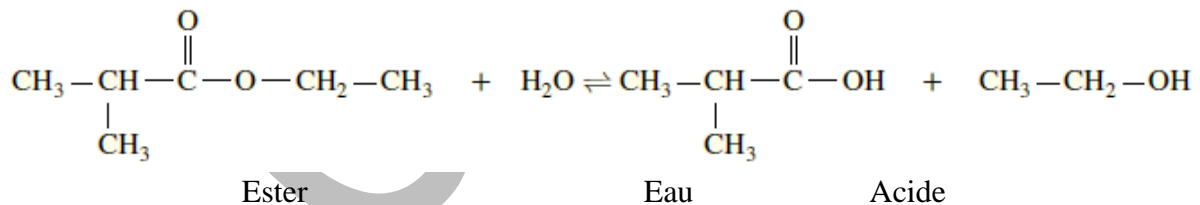
Par suite : $x_f = C_B V_B$; d'où : $pK_A = pH + \log \frac{CV_A - C_B V_B}{C_B V_B}$; donc :

$$10^{pK_A - pH} = \frac{CV_A - C_B V_B}{C_B V_B} = \frac{V_A}{V_B} - 1 ;$$

Finalement : $V_B = \frac{V_A}{1 + 10^{pK_A - pH}}$; A.N : $V_B = 16,3mL$

2- Hydrolyse d'un ester :

2.1- Equation modélisant la réaction d'hydrolyse :



Alcool

2.2- Temps de demi-réaction correspondant à la transformation de la courbe(1) :

Tableau d'avancement de la réaction :

Equation chimique		$Ester + Eau \rightleftharpoons Acide + Alcool$			
Etat initial	0	n_0	n_0	0	0
Etat de demi-réaction	$x_{1/2}$	$n_0 - x_{1/2}$	$n_0 - x_{1/2}$	$x_{1/2}$	$x_{1/2}$
Etat final	x_f	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	x_f	x_f

A $t = t_{1/2}$, on a : $x_{1/2} = \frac{x_f}{2}$;

avec : $x_{1/2} = n_0 - n_{1/2}$ ($n_{1/2}$ quantité de matière de l'ester à l'état de demi-réaction) et

$x_f = n_0 - n_f$ (n_f quantité de matière de l'ester à l'état final), on obtient :

$$n_0 - n_{1/2} = \frac{n_0 - n_f}{2} ;$$

donc : $n_{1/2} = n_0 - \frac{n_0 - n_f}{2}$; soit : $n_{1/2} = \frac{n_0 + n_f}{2}$;

Graphiquement, on a : $n_0 = 600 \text{ mmol}$ et $n_f = 400 \text{ mmol}$; donc : $n_{1/2} = 500 \text{ mmol}$;

D'après la courbe(1), on obtient : $t_{1/2} \approx 7 \text{ min}$

2.3- Courbe correspondant à la réaction d'hydrolyse sans catalyseur :

La présence du catalyseur augmente la vitesse de la réaction ; celle-ci atteint rapidement son état final. C'est la réaction correspondant à la courbe(2) qui satisfait cette condition.

Par conséquent, la courbe(1) correspond à la réaction d'hydrolyse sans catalyseur.

2.4- Vitesse volumique à l'instant $t=5 \text{ min}$ de la réaction correspondant à la courbe(2) :

On a : $v(t) = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$; avec : $x(t) = n_0 - n(t)$ ($n(t)$ quantité de matière de l'ester à

l'instant t), on obtient : $\frac{dx(t)}{dt} = -\frac{dn(t)}{dt}$; alors :

$$v(t = 5 \text{ min}) = -\frac{1}{V_0} \cdot \frac{dn(t = 5 \text{ min})}{dt} \approx -\frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t} ;$$

$\frac{\Delta n}{\Delta t}$ représente le coefficient directeur de la tangente T ; graphiquement, on trouve :

$$v(t = 5 \text{ min}) = -\frac{1}{71 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{0,55 - 0,40}{0 - 10} ; \text{ soit : } v(t = 5 \text{ min}) = 2,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} .$$

3- Electrolyse de l'eau :

3.1- Les affirmations exactes :

a, b et d.

3.2- Equation de la réaction ayant lieu au niveau de l'anode :

Oxydation de l'eau : $2H_2O_{\ell} \rightleftharpoons O_{2g} + 4H^+ + 4e^-$

3.3- Expression du volume v de dioxygène formé à l'instant t et sa valeur

*Expression :

Selon la demi-équation de l'oxydation, on a : $n(e^-) = 4n(O_2)$; avec : $n(O_2) = \frac{v}{V_m}$; on

obtient : $n(e^-) = 4 \frac{v}{V_m}$; donc : $v = \frac{n(e^-)}{4} \cdot V_m$ (1) ;

D'autre part, la quantité d'électricité échangée à l'instant t est telle que : $Q = I \cdot t = n(e^-) \cdot F$;

avec : $F = N_A \cdot e$; on obtient $n(e^-) = \frac{I \cdot t}{N_A \cdot e}$;

En remplaçant dans l'expression (1), on obtient : $v = \frac{I.t}{4N_A \cdot e} \cdot V_m$;

*Valeur :

AN : $v = 5,9 \cdot 10^{-3} L = 5,9 mL$

PHYSIQUE

Exercice1 : Transformations nucléaires

1/1.1- Définition de l'énergie de liaison d'un noyau :

C'est l'énergie libérée par la formation d'un noyau ${}_Z^A X$ à partir de ses nucléons séparés.

1.2- Choix de la proposition juste :

Les propositions a, b et d sont fausses ; alors la proposition juste est c.

1.3- Vérification de la relation :

On a : $a = \lambda \cdot N$ (activité d'un échantillon contenant un nombre N de radio-nucléides) ;

1Ci est l'activité d'un échantillon de 1g de radium 26, soit : $N = \frac{1}{M} \cdot N_A$;

Donc : $1Ci = \lambda \cdot \frac{1}{M} \cdot N_A$; A.N : $1Ci \approx 3,73 \cdot 10^{10} Bq$.

1.4- Valeur de l'activité de l'échantillon en juin 2018 :

Selon la loi de la décroissance radioactive, on écrit : $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

A.N : $1Ci = 3,73 \cdot 10^{10} Bq$; $t = 120.365,25 \cdot 24 \cdot 3600$; donc : $a(t) = 3,54 \cdot 10^{10} Bq$.

1.5- Valeur en Mev de l'énergie $|\Delta E|$ de désintégration d'un noyau de radium :

Equation de la réaction de désintégration : ${}_{88}^{226} Ra \rightarrow {}_{86}^{222} Rn + {}_2^4 He$;

On a : $|\Delta E| = E_\ell({}_{88}^{226} Ra) - E_\ell({}_{86}^{222} Rn) - E_\ell({}_2^4 He)$; A.N : $|\Delta E| = 4,7 MeV$

2/2.1- Nature du mouvement de la particule :

La particule est soumise à la force de Lorentz $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$;

D'après la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on écrit :

$$q\vec{v} \wedge \vec{B} = m \cdot \vec{a} ; \text{càd} : \vec{a} = \frac{q}{m} (\vec{v} \wedge \vec{B}) ; \text{alors, à chaque instant} :$$

* $\vec{a} \perp \vec{B}$: le mouvement se fait dans le plan perpendiculaire à \vec{B} ;

* $\vec{a} \perp \vec{v}$: $a_r = 0$, càd : $\frac{dv}{dt} = 0$; donc le mouvement de la particule est uniforme (

$v = cte = v_0$) ;

$$a_N = a ; \text{soit} : \frac{v_0^2}{\rho} = \frac{2e}{m} \cdot v \cdot B ; \text{d'où} : \rho = \frac{m \cdot v_0}{2e \cdot B} = cte ; \text{la trajectoire est}$$

circulaire ;

Enfin, le mouvement de la particule est circulaire uniforme.

2.2- Expression de la distance OM et sa valeur

*Expression :

OM représente le diamètre de la trajectoire ; donc : $OM = 2R = \frac{m \cdot v_0}{e \cdot B}$;

*Valeur :

A.N : $OM = 0,41m$

Exercice2 : Electricité

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

1- Equation différentielle vérifiée par u_C :

D'après la loi d'additivité des tensions, on écrit : $u_C + u_R = E$; avec : $u_R = R.i$ et

$$i = C \frac{du_C}{dt} ; \text{ on obtient : } RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E.$$

2-Valeur de E et vérification de la valeur de C

* -Valeur de E :

$$\text{On a : } RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E ; \text{ alors : } \frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{RC}u_C + \frac{E}{RC} ;$$

$$\frac{du_C}{dt} = f(u_C) \text{ est une fonction affine de coefficient directeur } \alpha = -\frac{1}{RC} \text{ et son ordonnée à}$$

$$\text{l'origine } \beta = \frac{E}{RC} ;$$

$$\text{Par suite : } \beta = -\alpha.E ; \text{ donc : } E = -\frac{\beta}{\alpha}$$

$$\text{Graphiquement (courbe de la fig2), on trouve : } \alpha = \frac{30.10^4 - 0}{0 - 6} = -5.10^4 s^{-1} ;$$

$$\text{et : } \beta = 30.10^4 V.s^{-1} ; \text{ d'où : } E = 6V.$$

*Vérification de la valeur de C :

$$\text{On a : } \beta = \frac{E}{RC} ; \text{ donc : } C = \frac{E}{R.\beta} ; \text{ A.N : } C = 10^{-8} F = 10nF.$$

3- Valeur du rendement énergétique :

$$\text{On a : } \rho = \frac{E_e}{E_g} ; \text{ avec : } E_e = \frac{1}{2} C.E^2 \text{ et } E_g = C.E^2 ; \text{ on obtient : } \rho = 0,5 = 50\%.$$

II-Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

1/1.1- Equation différentielle vérifiée par $i(t)$:

D'après la loi d'additivité des tensions dans la boucle contenant (b) et R_1 , on a :

$$u_b + u_{R_1} = E ;$$

$$\text{Avec : } u_b = L \frac{di}{dt} + r.i \text{ et } u_{R_1} = R_1.i ; \text{ on obtient : } \frac{L}{R_1 + r} \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_1 + r}.$$

1.2- Détermination de la valeur de R_1 et vérification de la valeur de L

* Détermination de la valeur de R_1 :

$$\text{En régime permanent, on a : } I_0 = \frac{E}{R_1 + r} ; \text{ donc : } R_1 = \frac{E}{I_0} - r ;$$

$$\text{A.N : Graphiquement (courbe de la fig4), on tire : } I_0 = 50mA ; \text{ d'où : } R_1 = 100\Omega.$$

* Vérification de la valeur de L :

$$\text{On a : } \tau = \frac{L}{R_1 + r} ; \text{ par suite : } L = \tau.(R_1 + r) ;$$

$$\text{A.N : Graphiquement (courbe de la fig4), on tire : } \tau = 2,5ms ; \text{ d'où : } L = 0,3H.$$

1.3- Valeur de la tension aux bornes de la bobine en régime permanent :

D'après la loi d'additivité des tensions en régime permanent, on écrit : $E = R_1.I_0 + U_b$;

Par conséquent : $U_b = E - R_1 I_0$; A.N : $U_b = 1V$.

2/2.1-Valeur de l'intensité juste après l'ouverture de l'interrupteur K :

L'intensité est une fonction continue, alors sa valeur juste après la rupture est la même juste avant la rupture, c'ad : $i(0) = I_0 = 50mA$.

2.2- Valeurs de $\frac{di}{dt}$ et la tension aux bornes de la bobine à l'instant $t = 0$

* Valeurs de $\frac{di}{dt}$:

A la rupture du courant, la diode est passante et l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ est :

$$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R_2 \cdot i + R_1 \cdot i = 0 ; \text{ c'ad : } \frac{L}{R_1 + R_2 + r} \cdot \frac{di}{dt} + i = 0 ;$$

$$\text{à } t = 0, \text{ l'équation devient : } \frac{L}{R_1 + R_2 + r} \cdot \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0} + I_0 = 0 ;$$

$$\text{d'où : } \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0} = -\frac{R_1 + R_2 + r}{L} I_0 ; \text{ A.N : } \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0} = -353 A \cdot s^{-1}.$$

* Tension aux bornes de la bobine à l'instant $t = 0$:

$$\text{On a : } u_b(0) = L \cdot \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0} + r \cdot I_0 ; \text{ A.N : } u_b(0) \approx -105V.$$

3- Rôle de la branche du circuit formée par la diode et la résistance R_2 :

A la rupture du courant, il se produit le phénomène de surtension aux bornes de la bobine ($|u_b(0)| \gg E$). Ainsi, le rôle de la branche précédente est d'éviter ce phénomène.

III- Oscillateur RLC en régime forcé

1- Fréquence de résonance :

A la résonance, l'impédance Z du circuit RLC est minimale. Graphiquement (courbe de la fig5), on trouve $Z_0 = 2k\Omega$ et la fréquence de résonance est $N_0 = 0,5kHz$.

2- Valeur de la capacité C_1 :

$$\text{A la résonance, on a : } N_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C_1}} ; \text{ par conséquent : } C_1 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot N_0^2 \cdot L} ;$$

$$\text{A.N : } C_1 \approx 0,33\mu F.$$

3- Relation entre Z , R_3 et r lorsque $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ et déduction de la largeur de la bande passante

* Relation entre Z , R_3 et r :

$$\text{On a : } U = Z \cdot I = Z \cdot \frac{I_0}{\sqrt{2}} \text{ et à la résonance : } U = (R_3 + r) \cdot I_0 ; \text{ donc :}$$

$$Z \cdot \frac{I_0}{\sqrt{2}} = (R_3 + r) \cdot I_0 ;$$

$$\text{Par suite : } Z = (R_3 + r) \cdot \sqrt{2}.$$

* Déduction de la largeur de la bande passante :

La valeur de l'impédance est : $Z = 2,8k\Omega$; graphiquement, les valeurs de fréquence correspondantes sont : $N_1 = 0.2kHz$ et $N_2 = 1.25kHz$;

Par suite, la largeur de la bande passante est : $\Delta N = N_2 - N_1 = 1,05kHz$.

Exercice3 : Mécanique

1-Etude du mouvement du centre d'inertie G dans l'air

Partie I : Etude du mouvement d'un corps solide dans l'air et dans un liquide

1.1- Equation différentielle régissant la vitesse v_z du centre d'inertie G :

En chute libre, le baigneur est soumis uniquement à l'action de son poids $\vec{P} = m\vec{g}$;

En appliquant la deuxième loi de Newton, on écrit : $\vec{P} = m\vec{a}_G$; par conséquent: $\vec{a}_G = \vec{g}$;

En projetant cette relation sur l'axe Oz , on obtient : $a_z = g$; tenant compte des conditions

initiales ($\text{à } t = 0, z_0 = 0 \text{ et } v_0 = 0$): $\frac{dv_z}{dt} = g$.

1.2- Valeur de temps de chute t_e de G et déduction de sa vitesse v_e d'entrée dans l'eau

* Valeur de temps de chute t_e de G :

D'après l'équation différentielle précédente, le mouvement de chute est rectiligne uniformément varié ; l'équation de vitesse est : $v_z = g.t$ et l'équation horaire du mouvement

est : $z = \frac{1}{2}g.t^2$;

Pour $z = h, t = t_e$; alors : $h = \frac{1}{2}g.t_e^2$; par suite : $t_e = \sqrt{\frac{2h}{g}}$; A.N : $t_e = 1,4s$;

* Vitesse v_e d'entrée dans l'eau :

On a : $v_e = g.t_e$; A.N : $v_e = 14m.s^{-1}$.

2- Etude du mouvement vertical du centre d'inertie G dans l'eau :

2.1- Equation différentielle vérifiée par la vitesse v_z de G :

En mouvement vertical dans l'eau, le baigneur est soumis à son poids \vec{P} , la force de frottement fluide \vec{f} et la poussée d'Archimède \vec{F} ;

En appliquant la deuxième loi de Newton, on écrit : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{F} = m\vec{a}_G$;

En projetant cette relation sur l'axe Oz , on obtient : $m.g - \lambda.v_z - \frac{m}{d}.g = m.\frac{dv_z}{dt}$;

Par suite : $\frac{dv_z}{dt} + \frac{\lambda}{m}.v_z = g.(1 - \frac{1}{d})$; avec : $\tau = \frac{m}{\lambda}$, on obtient : $\frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau}.v_z = g.(1 - \frac{1}{d})$.

2.2- Expression de la vitesse limite $v_{\ell z}$ et sa valeur

* Expression de la vitesse limite $v_{\ell z}$:

Le baigneur atteint sa vitesse limite $v_{\ell z}$ lorsque $\frac{dv_z}{dt} = 0$; donc : $\frac{1}{\tau}.v_{\ell z} = g.(1 - \frac{1}{d})$;

D'où : $v_{\ell z} = g.\tau.(1 - \frac{1}{d})$;

* Sa valeur :

A.N : $v_{\ell z} \approx -0,36m.s^{-1}$

2.3- Expressions de A et B

* Expression de A :

La solution de l'équation différentielle est $v_z(t) = A + Be^{-\frac{t}{\tau}}$; donc : $\frac{dv_z}{dt} = -\frac{B}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$;

En reportant dans l'expression de l'équation différentielle, on obtient :

$$-\frac{B}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{A}{\tau} + \frac{B}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} = g.(1 - \frac{1}{d}) ; \text{ d'où : } A = g.\tau.(1 - \frac{1}{d}) = v_{\ell z} ;$$

* Expression de B :

At $t = 0$, $v_z = v_e$; càd : $v_e = v_{\ell z} + B$; donc : $B = v_e - v_{\ell z}$.

2.4- Détermination de l'instant t auquel le mouvement du baigneur change de sens :

Ce changement de sens s'effectue à l'instant où $v_z = 0$; càd : $A + Be^{-\frac{t}{\tau}} = 0$; d'où :

$$e^{\frac{t}{\tau}} = -\frac{B}{A} ; \text{ en remplaçant } A \text{ et } B \text{ par leurs expressions, on obtient : } e^{\frac{t}{\tau}} = 1 - \frac{v_e}{v_{\ell z}} ;$$

Par conséquent : $t = \tau.Ln(1 - \frac{v_e}{v_{\ell z}})$; A.N : $t = 1,2s$.

Partie II : Etude du mouvement d'un pendule élastique

1- Expression de ℓ_e :

A l'équilibre, le solide (S) est soumis à : son poids \vec{P} , l'action de la tige \vec{R} et la tension du ressort \vec{T}_e ; on écrit alors : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T}_e = \vec{0}$;

En projetant cette relation sur l'axe Ox , on obtient : $m.g.\cos\alpha - T_e = 0$;

On a : $T_e = K.(\ell_e - \ell_0)$; par suite : $m.g.\cos\alpha - K.(\ell_e - \ell_0) = 0$;

$$\text{Donc : } \ell_e = \ell_0 + \frac{m.g.\cos\alpha}{K}$$

2/2.1- Equation différentielle vérifiée par $x(t)$:

Au cours de son mouvement, le solide (S) est soumis à : son poids \vec{P} , l'action de la tige \vec{R} et la tension du ressort \vec{T} ;

En appliquant la deuxième loi de Newton, on écrit : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m.\vec{a}$;

Par projection de la relation sur l'axe Ox , on trouve : $m.g.\cos\alpha - T = m.a_x$;

Avec : $T = K.(\ell_e - \ell_0 + x)$ et $a_x = \frac{d^2x}{dt^2}$, on obtient :

$$m.g.\cos\alpha - K.(\ell_e - \ell_0 + x) = m.\frac{d^2x}{dt^2} ; \text{ on a, à l'équilibre :}$$

$$m.g.\cos\alpha - K.(\ell_e - \ell_0) = 0 ; \text{ donc : } \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}.x = 0.$$

2.2- Expression numérique de $x(t)$:

$$\text{On a : } x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi\right) ;$$

* Valeur de x_m :

Graphiquement (fig3), on trouve que $x_m = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$;

***Valeur de T_0 :**

$$\text{On a } T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} ; \text{ d'où : } \frac{K}{m} = \frac{4\pi^2}{T_0^2} ;$$

En reportant dans l'expression de l'équation différentielle, on obtient : $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cdot x = 0$;

$$\text{d'où : } a_x = -\frac{4\pi^2}{T_0^2} \cdot x(1) ;$$

D'autre part, le graphe de la figure 3 montre que la fonction $a_x = f(x)$ est linéaire ;
on écrit donc : $a_x = \alpha \cdot x(2)$ (α représente le coefficient directeur de la droite) ;

$$\text{De (1) et (2), on déduit que : } \alpha = -\frac{4\pi^2}{T_0^2} ; \text{ par suite : } T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\alpha}} ;$$

$$\text{A.N : Graphiquement (fig3), on a : } \alpha = \frac{2,5 - 0}{-10^{-2} - 0} = -250 \text{ s}^{-2} ; \text{ d'où : } T_0 = 0,4 \text{ s} ;$$

***Valeur de φ :**

$$\text{A } t = 0, x = x_m = x_m \cdot \cos \varphi ; \text{ donc : } \cos \varphi = 1 ; \text{ d'où : } \varphi = 0 ;$$

Finalement, l'expression numérique de $x(t)$ est : $x(t) = 1,5 \cdot 10^{-2} \cos(5\pi \cdot t)$.

3/3.1- Expression de l'énergie potentielle de l'oscillateur :

On a : $E_p = E_{pp} + E_{pe}$; avec :

*** $E_{pp} = m \cdot g \cdot (z - z_0)$** (énergie potentielle de pesanteur) ; tel que : $z_0 = 0$ référence de l'énergie potentielle de pesanteur ; donc : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z$; puisque : $z = -x \cdot \cos \alpha$;

$$\text{alors : } E_{pp} = -m \cdot g \cdot x \cdot \cos \alpha ;$$

*** $E_{pe} = \frac{1}{2} K (\Delta \ell_e + x)^2 + C$** (énergie potentielle élastique) ;

$$\text{On a : } E_{pe}(x=0) = \frac{1}{2} K \cdot \Delta \ell_e^2 + C = 0 ; \text{ donc : } C = -\frac{1}{2} K \cdot \Delta \ell_e^2 ;$$

$$\text{par suite : } E_{pe} = \frac{1}{2} K (\Delta \ell_e + x)^2 - \frac{1}{2} K \cdot \Delta \ell_e^2 ; \text{ d'où : } E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot x^2 + K \cdot \Delta \ell_e \cdot x ;$$

$$\text{Par conséquent : } E_p = -m \cdot g \cdot x \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} K \cdot x^2 + K \cdot \Delta \ell_e \cdot x ;$$

$$\text{Soit : } E_p = (-m \cdot g \cdot \cos \alpha + K \cdot \Delta \ell_e) \cdot x + \frac{1}{2} K \cdot x^2 ; \text{ avec : } -m \cdot g \cdot \cos \alpha + K \cdot \Delta \ell_e = 0 ;$$

$$\text{On obtient : } E_p = \frac{1}{2} K \cdot x^2 .$$

3.2- Détermination de la valeur de K et déduction de la valeur de m

*** Valeur de K :**

On a : $E_m = E_c + E_p = E_{p\max} = E_{c\max} = \frac{1}{2}K.x_m^2$, puisqu'il y a conservation de l'énergie mécanique ; donc : $K = \frac{2E_{c\max}}{x_m^2}$;

A.N : Graphiquement (fig4), on trouve : $E_{c\max} = 9mJ$; par suite : $K = 80N.m^{-1}$.

* **déduction de la valeur de m :**

On a : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$; d'où : $m = \frac{K.T_0^2}{4\pi^2}$;

A.N : $m = 0,32Kg$

A. CHAMDI