

EXERCICE 1 (7 points)

Dans cet exercice on se propose d'étudier la réaction d'acide éthanóique avec :

- l'eau ;
- une solution aqueuse de méthanoate de sodium ;
- le méthanol.

1- Etude d'une solution aqueuse d'acide éthanóique

On prépare un volume V d'une solution aqueuse S_A d'acide éthanóique CH_3COOH de concentration molaire $C_A = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Son pH est $\text{pH} = 3,05$.

1.1- Écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanóique avec l'eau. (0,5 pt)

1.2- On définit la proportion de l'espèce CH_3COOH dans la solution S_A à l'état d'équilibre par :

$$\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}} + [\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}}}$$

En vous aidant du tableau d'avancement, montrer que $\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1 - \tau$ avec τ étant le taux d'avancement final de la réaction de l'acide éthanóique avec l'eau.

Calculer alors la valeur de $\alpha(\text{CH}_3\text{COOH})$. (0,75pt)

1.3- Montrer que la valeur du $\text{pK}_{A1} = \text{pK}_A(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})})$ est : $\text{pK}_{A1} \approx 4,79$. (0,5 pt)

2-Etude de la réaction de l'acide éthanóique avec l'ion méthanoate

On mélange un volume V_1 de la solution S_A avec un volume $V_2 = V_1$ d'une solution aqueuse S_B de méthanoate de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HCOO}^-_{(\text{aq})}$ de concentration molaire $C_B = C_A$.

2.1- Ecrire l'équation de la réaction qui se produit entre les ions méthanoate et l'acide éthanóique. (0,75pt)

2.2- Trouver l'expression du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,\text{éq}}$ associée à cette réaction en fonction des

constantes d'acidité K_{A1} et K_{A2} des couples intervenant. Calculer sa valeur sachant que

$$\text{pK}_{A2} = \text{pK}_A(\text{HCOOH}_{(\text{aq})} / \text{HCOO}^-_{(\text{aq})}) = 3,75. (0,75\text{pt})$$

2.3- Trouver l'expression du pH du mélange réactionnel en fonction de pK_{A1} et pK_{A2} .

Calculer sa valeur. (0,5pt)

3- Etude de la réaction de l'acide éthanóique avec le méthanol

On réalise deux mélanges équimolaires de l'acide éthanóique avec du méthanol CH_3OH :

$$n_0(\text{CH}_3\text{COOH}) = n_0(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,9 \text{ mol}.$$

Le suivi temporel de la quantité de matière n_a de l'acide éthanóique dans chaque mélange, à une même température θ , a permis d'obtenir les courbes C_1 et C_2 de la figure ci-contre. L'une des deux courbes est obtenue en utilisant un catalyseur pour l'un des deux mélanges.

3.1- Ecrire l'équation modélisant la réaction qui se produit en utilisant les formules semi-développées. (0,5 pt)

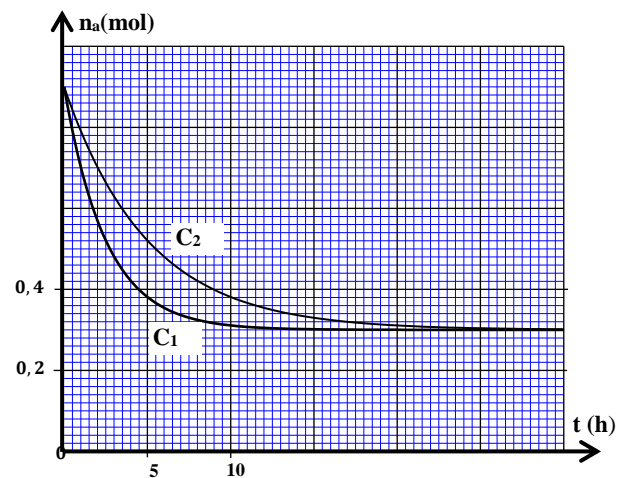
3.2- Indiquer, en justifiant la réponse, la courbe correspondant à la réaction utilisant le catalyseur. (0,5pt)

3.3- Déterminer la composition du mélange réactionnel à l'équilibre. (0,5pt)

3.4- Trouver la valeur de $t_{1/2}$, le temps de demi- réaction dans le cas de la transformation chimique correspondant à la courbe C_2 . (0,5 pt)

3.5- Calculer le rendement de la transformation chimique étudiée. (0,75 pt)

3.6- Quand l'état d'équilibre est atteint, on ajoute à l'un des deux mélanges réactionnels la quantité de matière $n = 0,1 \text{ mol}$ d'acide éthanóique.



Sachant que la constante d'équilibre de la transformation chimique étudiée est $K=4$, trouver la nouvelle valeur du rendement de cette transformation. (0,5 pt)

EXERCICE 2 (2,5 points)

Dans cet exercice on se propose d'étudier la désintégration du tritium ${}^3_1\text{H}$ et sa réaction de fusion avec le deutérium ${}^2_1\text{H}$. ${}^2_1\text{H}$ et ${}^3_1\text{H}$ sont deux isotopes de l'élément hydrogène.

Données : - On prend la masse molaire du tritium : $M({}^3_1\text{H})=3\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$;

- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;

- Demi-vie du tritium ${}^3_1\text{H}$: $t_{1/2}=12,32 \text{ an}$;

- Energies de liaison de quelques noyaux :

Noyau	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$
E_ℓ (MeV)	2,366	8,475	28,296

- On prend : $1\text{an}=3,16\cdot 10^7 \text{ s}$.

1- Désintégration du tritium

Le tritium est un isotope radioactif émetteur β^- . Le noyau formé est l'un des isotopes de l'hélium.

1-1- Choisir parmi les affirmations suivantes l'affirmation juste : (0,5 pt)

A	Le noyau ${}^3_2\text{He}$ a un nombre de masse égal à 5.
B	La radioactivité β^- est caractéristique des noyaux très lourds.
C	Au bout du temps $t = 2t_{1/2}$, à partir du début de désintégration, le nombre de noyaux désintégrés dans un échantillon radioactif représente 25% du nombre de noyaux initial.
D	La masse d'un noyau atomique est égale à la somme des masses de ses nucléons.
E	Lors d'une réaction de fission nucléaire, de la masse est convertie en énergie.

1-2- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration du noyau du tritium. (0,25pt)

1-3- Etablir la relation entre la demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ . (0,25pt)

1-4- A un instant $t_0=0$ on a un échantillon du tritium radioactif de masse $m_0 = 2 \mu\text{g}$.

Calculer en unité Bq, l'activité a_1 de l'échantillon à l'instant où 90% des noyaux du tritium sont désintégrés. (0,5pt)

2- Réaction de fusion du tritium ${}^3_1\text{H}$ et de deutérium ${}^2_1\text{H}$

La réaction de fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium conduit à la formation d'un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ et s'accompagne de l'émission d'un neutron.

2-1- Pour chaque affirmation suivante répondre par vrai ou faux en justifiant :

a- L'énergie qu'il faut fournir à un noyau de tritium au repos pour le dissocier en ces nucléons au repos est de 8,475 MeV. (0,25pt)

b- Le tritium est plus stable que le deutérium. (0,25pt)

2-2- Calculer, en unité MeV, l'énergie libérée $E_{\text{lib}} = |\Delta E|$ par la réaction de fusion d'un noyau de tritium et d'un noyau de deutérium. (0,5pt)

EXERCICE 3 (5 points)

Cet exercice se propose d'étudier :

- la réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension ;
- un circuit oscillant LC ;
- la modulation d'amplitude d'un signal.

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

On réalise le montage électrique, représenté sur le schéma de la figure 1, comportant :

- un générateur de tension de force électromotrice $E = 24 \text{ V}$;
- un conducteur ohmique de résistance R ;
- une bobine (b) d'inductance L et de résistance négligeable ;
- un interrupteur K .

On ferme l'interrupteur K à l'instant de date $t_0 = 0$. Un système d'acquisition informatisé adéquat permet d'obtenir la courbe représentant l'évolution temporelle de l'intensité du courant électrique $i(t)$ dans le circuit (figure 2). La droite (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse $t_0 = 0$.

1-1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$. (0,25 pt)

1-2- L'expression de l'intensité du courant circulant dans le

circuit est : $i(t) = A + B.e^{-\frac{t}{\tau}}$ avec A et B deux constantes et τ la constante de temps du circuit.

1-2-1- Déterminer les expressions de A et B en fonction de E et R . (0,5 pt)

1-2-2- Montrer que $L = 1 \text{ H}$. (0,5 pt)

1-3- Déterminer, en unité SI, l'expression numérique de la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine lors de l'établissement du courant. (0,5 pt)

2- Circuit oscillant LC

On réalise un circuit oscillant LC en associant la bobine (b) précédemment utilisée avec un condensateur de capacité C chargé totalement par un générateur de tension de force électromotrice E_0 (figure 3).

2-1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ entre les bornes du condensateur. (0,25 pt)

2-2- La courbe de la figure 4 représente les variations de la tension $u_C(t)$ en fonction du temps.

2-2-1- Trouver la valeur de la capacité C du condensateur. (On prend $\pi^2 = 10$). (0,5 pt)

2-2-2- Trouver l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine à l'instant $t = 1,8 \text{ ms}$. (0,75 pt)

3- Modulation d'amplitude d'un signal

La courbe de la figure 5 représente l'évolution temporelle de la tension $u(t)$ associée à un signal modulé en amplitude.

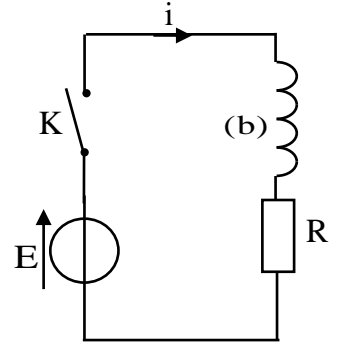


Figure 1

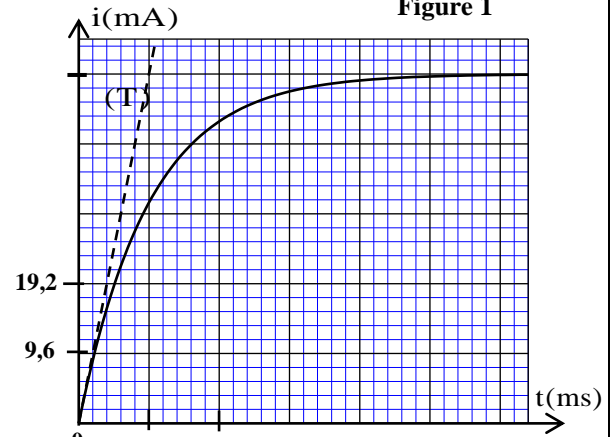


Figure 2

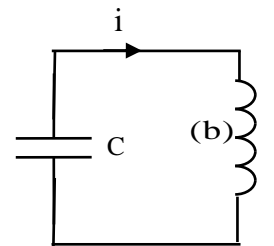


Figure 3

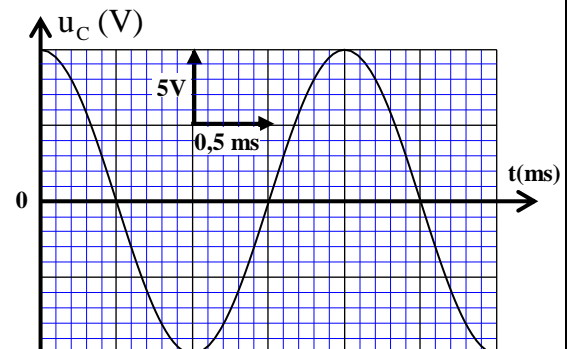
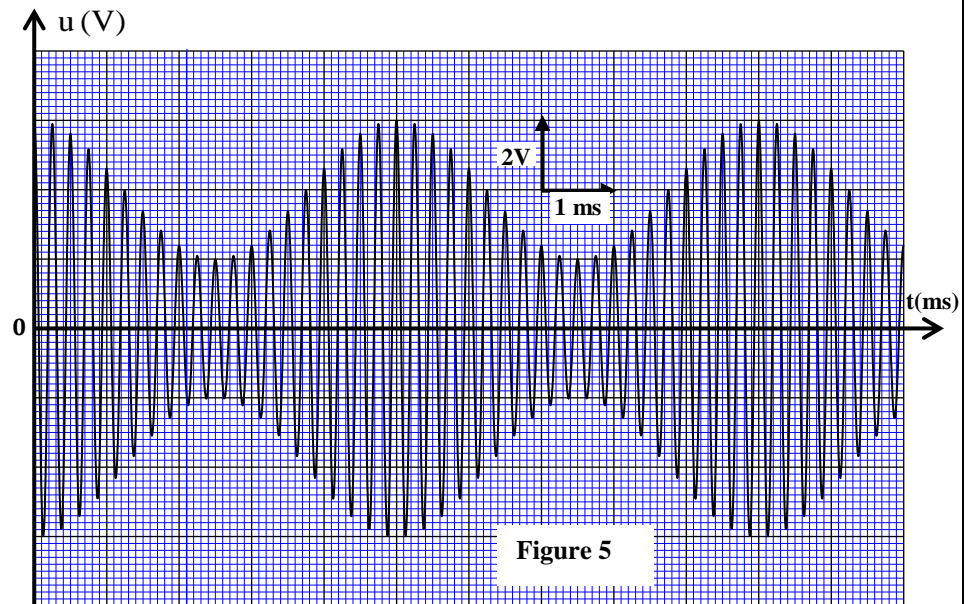


Figure 4

L'expression mathématique de $u(t)$ est de la forme : $u(t) = A(1 + m \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t)) \cdot \cos(2\pi f_p \cdot t)$ avec A est une constante, m est le taux de modulation, f_s et f_p sont respectivement les fréquences du signal modulant et de la porteuse.

3-1- Choisir la bonne proposition : (0,5 pt)

A	La fréquence du signal modulant est de 4 kHz .
B	La fréquence de la porteuse est de 4 kHz .
C	La fréquence du signal modulant est de 100 Hz
D	La fréquence de la porteuse est de 200 Hz .



3-2- Répondre par vrai ou faux en justifiant :

a- Le taux de modulation est $m = 0,4$. (0,5 pt)

b- La valeur de la composante continue de la tension est : $U_0 = 2V$. (0,25 pt)

3-3- Représenter l'allure du spectre de fréquences du signal modulé $u(t)$ sans respect d'échelle très précise. (0,5 pt)

EXERCICE 4 (5,5 points)

Les deux parties sont indépendantes

Partie I : Etude de la chute d'une balle

Dans le champ de pesanteur, on lance verticalement vers le haut à l'instant $t = 0$, à partir d'un point O , une balle (S) de masse m et de centre d'inertie G , avec une vitesse initiale de valeur $V_0 = 12 \text{ ms}^{-1}$ (figure 1).

On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la balle dans un repère $(O; \vec{k})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen en deux phases:

- mouvement de chute libre de la balle dans la première phase.
- mouvement de chute de la balle avec frottement dans la deuxième phase.

Données : - La masse : $m = 80 \text{ g}$;

- L'intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

1- Mouvement de la balle en chute libre

Pendant son mouvement le centre d'inertie G de la balle est considéré en chute libre.

1-1- En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires numériques donnant la vitesse $v_z(t)$ et la position $z(t)$ du centre d'inertie G de la balle. (0,75 pt)

1-2- En utilisant les équations $v_z(t)$ et $z(t)$ déterminer :

1-2-1- la hauteur maximale h atteinte par G . (0,5 pt)

1-2-2- la valeur algébrique v_{OZ} de la vitesse de G lors de son passage vers le bas par le point O . (0,5 pt)

2- Mouvement de chute de la balle avec frottement

A partir de l'instant du passage du centre d'inertie G par le point O vers le bas, qu'on prend comme nouvelle origine des dates $t_0 = 0$, la balle est soumise, en plus de son poids \vec{P} , à une force de

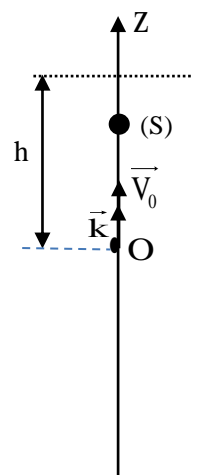


Figure 1

frottement fluide modélisée par $\vec{f} = -\lambda \vec{v}$ avec $\vec{v} = v_z \vec{k}$ et $\lambda = 0,12$ S.I. (On néglige la poussée d'Archimède devant ces deux forces).

2-1- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v_z du centre d'inertie G de la balle

s'écrit : $\frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau} v_z + g = 0$ avec τ le temps caractéristique du mouvement. **(0,5 pt)**

2-2- Déduire la norme de la vitesse limite du mouvement du centre d'inertie G de la balle. **(0,25 pt)**

2-3- Déterminer, en utilisant la méthode d'Euler, la valeur algébrique $v_z(t_i)$ de la vitesse à l'instant t_i sachant que l'accélération du mouvement à l'instant t_{i-1} est $a_{i-1} = 5 \text{ m.s}^{-2}$ et on prend le pas de calcul

$\Delta t = 66 \text{ ms}$. **(0,75 pt)**

Partie II : Etude du mouvement d'une balançoire

Un enfant oscille à l'aide d'une balançoire (figure2).

On modélise la balançoire avec l'enfant par un pendule formé par un corps solide (S) de masse m et de centre d'inertie G, suspendu en un point O par une tige rigide, de masse négligeable et de longueur ℓ pouvant effectuer un mouvement de rotation dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par O (figure 3). On étudie le mouvement du pendule dans un repère $(G_0; \vec{k})$ lié à un référentiel terrestre supposé galiléen.

On écarte le pendule de sa position d'équilibre stable d'un angle petit $\theta_0 = 9^\circ$, dans le sens positif, puis on le lâche sans vitesse initiale à l'instant de date $t_0 = 0$.

On repère la position du pendule à un instant de date t par l'abscisse angulaire θ .

On néglige tous les frottements et on choisit le plan horizontal passant par G_0 (position de G à l'équilibre stable) comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ($E_{pp} = 0$).

Données :

- Le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe de rotation (Δ) est : $J_\Delta = m \ell^2$;

- Accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $\ell = 2,4 \text{ m}$;

- Pour les oscillations de faible amplitude, on prend $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$; θ en radian.

1- Montrer que l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du pendule à un instant t pour les oscillations de faible amplitude est : $E_{pp} = \frac{1}{2} mg \ell \theta^2$. **(0,5 pt)**

2- En exploitant la conservation de l'énergie mécanique du pendule :

2-1- Déterminer la vitesse angulaire maximale $\dot{\theta}_{\max}$ du centre d'inertie G. **(0,5 pt)**

2-2- Etablir l'équation différentielle du mouvement vérifiée par l'abscisse angulaire $\theta(t)$. **(0,75 pt)**

3- Calculer la période propre de ce pendule sachant qu'il est analogue à un pendule simple de longueur ℓ et de masse m . **(0,5 pt)**



Figure 2

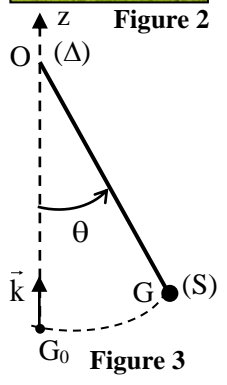


Figure 3