EXERCICE 1 (7 points)

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

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

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

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

1.1- Écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque 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 :

$$\alpha(CH_3COOH) = \frac{[CH_3COOH]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq} + [CH_3COO^-]_{éq}}.$$

En vous aidant du tableau d'avancement, montrer que $\alpha(CH_3COOH) = 1 - \tau$ avec τ étant le taux d'avancement final de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.

Calculer alors la valeur de $\alpha(CH_3COOH)$. (0,75pt)

1.3- Montrer que la valeur du $pK_{A1} = pK_A(CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO^-_{(aq)})$ est : $pK_{A1} = 4,79$. (0,5 pt)

2-Etude de la réaction de l'acide éthanoïque 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 $Na^+_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)}$ 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 éthanoïque. (0,75pt)

2.2- Trouver l'expression du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,éq}$ associée à cette réaction en fonction des constantes d'acidité K_{A1} et K_{A2} des couples intervenant. Calculer sa valeur sachant que $pK_{A2} = pK_A(HCOOH_{(aq)} / HCOO^-_{(aq)}) = 3,75$. (0,75pt)

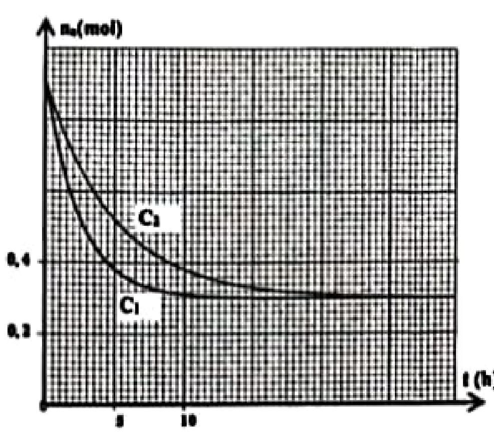
2.3- Trouver l'expression du pH du mélange réactionnel en fonction de pK_{A1} et pK_{A2}.
Calculer sa valeur. (0,5pt)

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

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

$n_0(CH_3COOH) = n_0(CH_3OH) = 0,9\ mol$.

Le suivi temporel de la quantité de matière n_a de l'acide éthanoïque 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 $n = 0,1\ mol$ d'acide éthanoïque.

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 $_1^3H$ et sa réaction de fusion avec le deutérium $_1^2H$. $_1^2H$ et $_1^3H$ sont deux isotopes de l'élément hydrogène.

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

- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02.10^{23} mol^{-1}$;
- Demi-vie du tritium $_1^3H$: $t_{1/2}=12,32 an$;
- Energies de liaison de quelques noyaux :

Noyau	$_1^2H$	$_1^3H$	$_2^4He$
$E_\ell(MeV)$	2,366	8,475	28,296

- On prend : $1an = 3,16.10^7 s$.

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 $_2^3He$ 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 $m_0=2\mu g$.
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 $_1^3H$ et de deutérium $_1^2H$

La réaction de fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium conduit à la formation d'un noyau d'hélium $_2^4He$ 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 $E_{lib} = |\Delta E|$ 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 $E = 24\,V$;
- un conducteur ohmique de résistance R ;
- une bobine (b) d'inductance L et de résistance négligeable ;
- un interrupteur K.

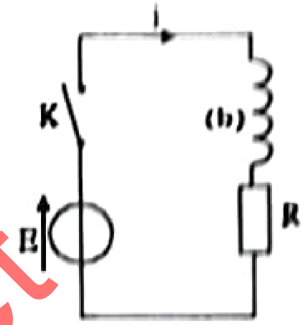


Figure 1

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 $t_0 = 0$.

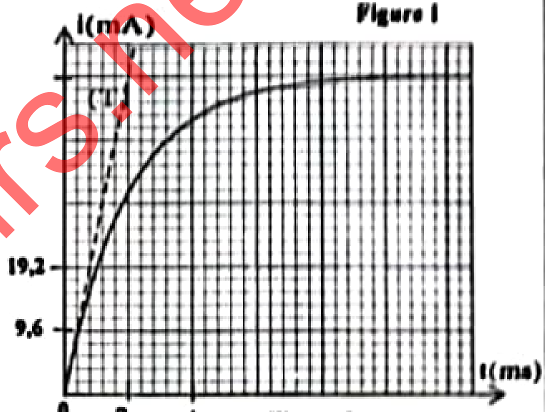


Figure 2

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 $L = 1\,H$. **(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).

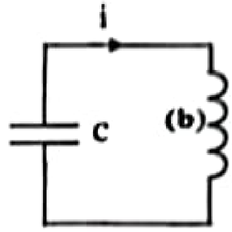


Figure 3

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 $t = 1{,}8\,ms$. **(0,75 pt)**

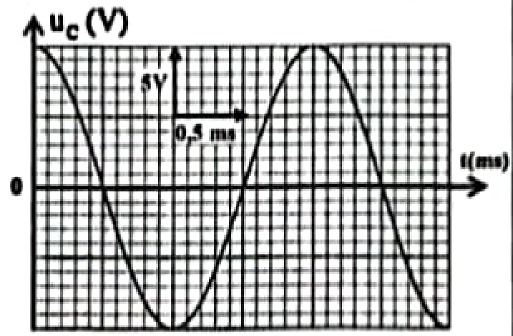


Figure 4

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.

L'expression mathématique de u(t) est de la forme : $u(t)=A(1+m.\cos(2\pi f_s.t)).\cos(2\pi f_p.t)$ 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.

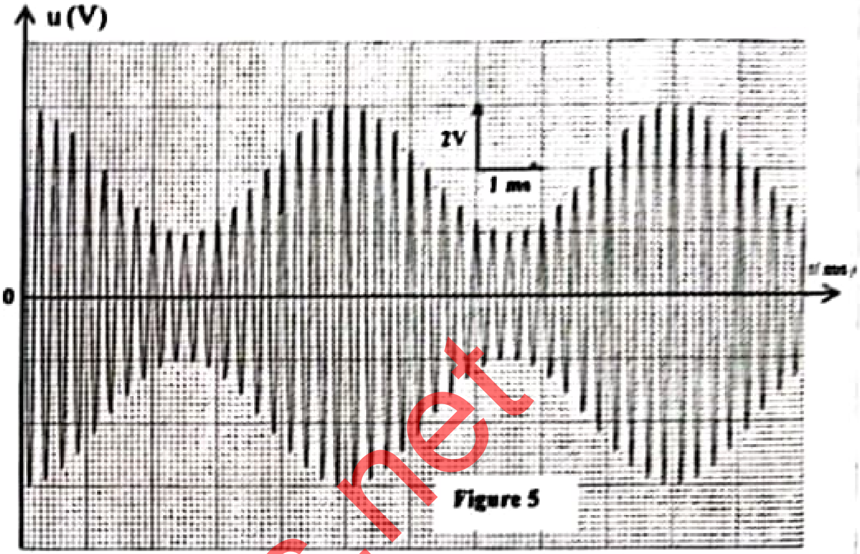


Figure 5

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 $V_0=12\,m.s^{-1}$(figure1).

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 : $m=80\,g$;

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

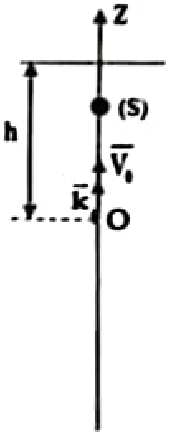


Figure 1

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_{0Z} 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 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 $a_{i-1}=5\,m.s^{-2}$ et on prend le pas de calcul $\Delta t=66\,ms$. **(0,75 pt)**

Partie II : Etude du mouvement d'une balançoire

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

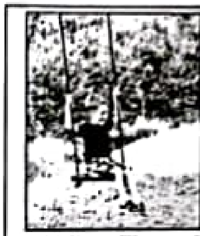


Figure 2

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 $\theta_0=9°$, 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 $(E_{pp}=0)$.

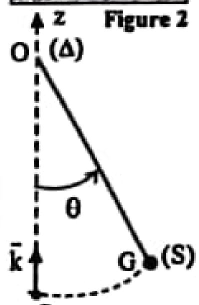


Figure 3

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 : $g=10\,m.s^{-2}$; $\ell=2,4\,m$;
- Pour les oscillations de faible amplitude, on prend $\cos\theta\approx1-\frac{\theta^2}{2}$; 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)**