



### 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  $\text{CH}_3\text{COOH}$  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  $\text{CH}_3\text{COOH}$  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  $\tau$  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

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

**2.3-** Trouver l'expression du pH du mélange réactionnel en fonction de  $\text{pK}_{A1}$  et  $\text{pK}_{A2}$ .

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  $\text{CH}_3\text{OH}$  :

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

Le suivi temporel de la quantité de matière  $n_a$  de l'acide éthanóique dans chaque mélange, à une même température  $\theta$ , 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)**

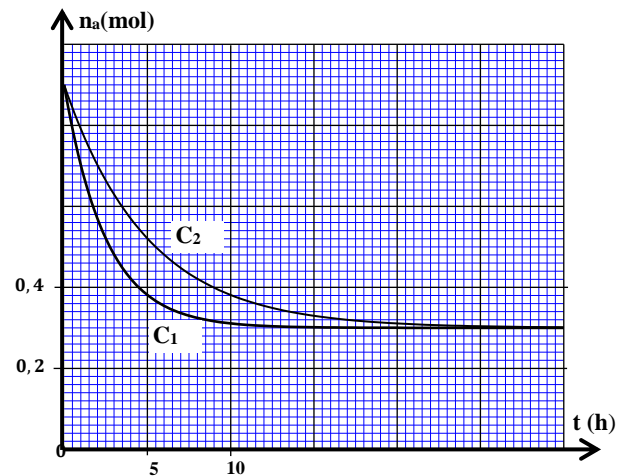
**3.2-** Indiquer, en justifiant la réponse, la courbe correspondant à la réaction utilisant le catalyseur. **(0,5pt)**

**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	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$
$E_\ell$ (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  $\beta^-$ . Le noyau formé est l'un des isotopes de l'hélium.

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

<b>A</b>	Le noyau ${}^3_2\text{He}$ a un nombre de masse égal à 5.
<b>B</b>	La radioactivité $\beta^-$ est caractéristique des noyaux très lourds.
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	La masse d'un noyau atomique est égale à la somme des masses de ses nucléons.
<b>E</b>	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  $\lambda$ . (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  $\tau$  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.

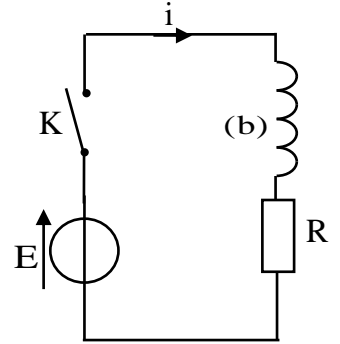


Figure 1

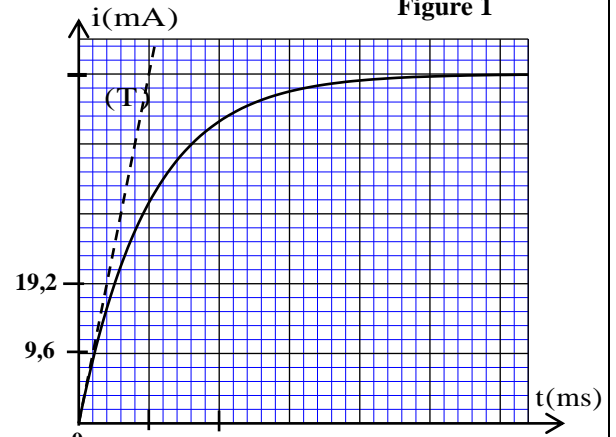


Figure 2

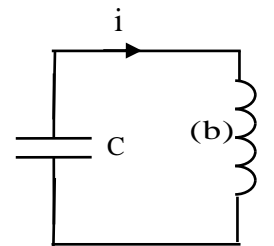


Figure 3

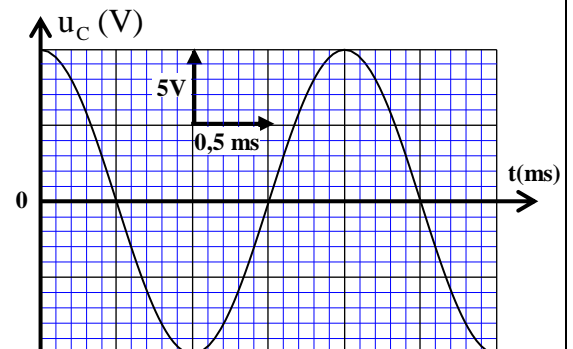
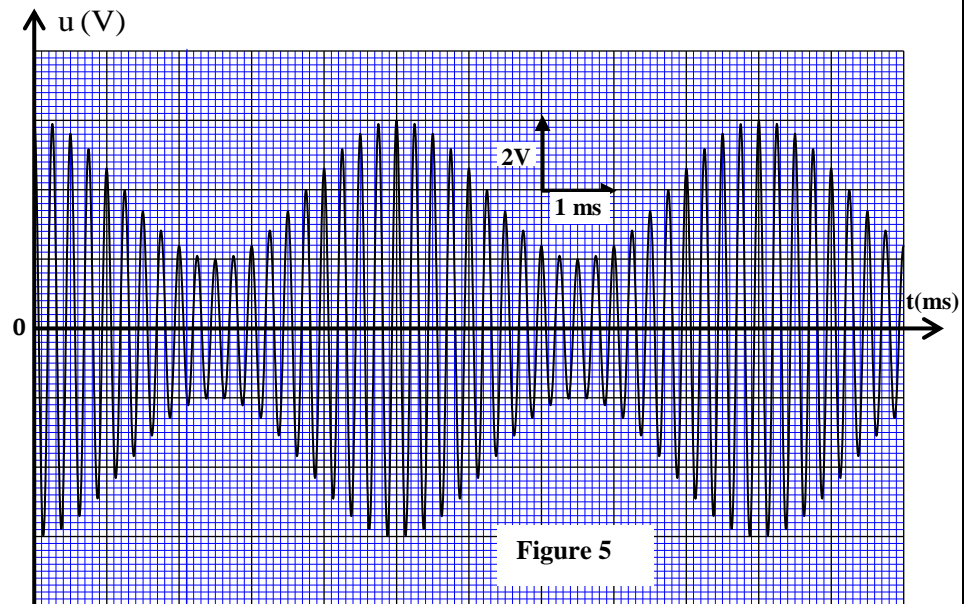


Figure 4

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 :  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ .

##### 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

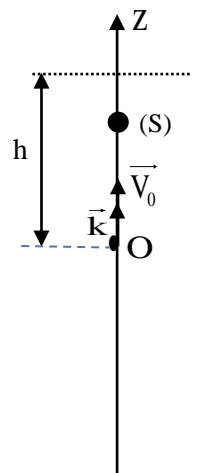


Figure 1

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  $\tau$  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  $\ell$  pouvant effectuer un mouvement de rotation dans un plan vertical autour d'un axe horizontal ( $\Delta$ ) 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  $\theta$ .

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 ( $\Delta$ ) 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  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$  ;  $\theta$  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  $\ell$  et de masse  $m$ . **(0,5 pt)**



Figure 2

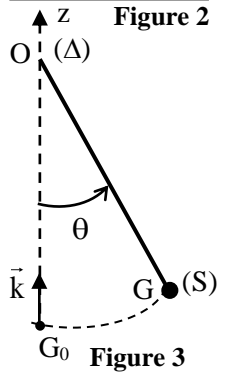


Figure 3