

+oXMAZ+ I NCTOZΘ

+oΓoΠoΘ+ I %OXEΞ oΓE%Θ

Λ %OHEΓΛ oEΞΠoO% Λ +%||%||+



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأولي والابتداء

Professeur RAFIK Mohamed

Correction d'examen national
du baccalauréat
Filières S.E internationales
Session normale 2023
- Sujet -

page

1 / 7

RM

B

NS 28F

SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS

Matière

Physique Chimie

Durée

3h

Branche

Sciences physiques

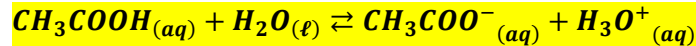
Coefficient

7

Exercice 01 :

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

1.1. Equation de la réaction entre l'acide éthanóique et l'eau :



1.2. On montre que $\alpha(CH_3COOH) = 1 - \tau$:

On a :

Équation de la réaction		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$		
État	Avancement	Les quantités de matière en « mol »		
Initial	0	$C_A \cdot V$	0	0
Intermédiaire	x	$C_A \cdot V - x$	x	x
à l'équilibre	x_{eq}	$C_A \cdot V - x_{eq}$	x_{eq}	x_{eq}
maximal	x_{max}	$C_A \cdot V - x_{max}$	x_{max}	x_{max}

Du tableau d'avancement :

$$\begin{cases} [CH_3COOH]_{eq} = \frac{C_A \cdot V - x_{eq}}{V_T} = C_A - \frac{x_{eq}}{V_T} = C_A - \frac{x_{eq}}{V} \\ [CH_3COOH]_{eq} + [CH_3COO^-]_{eq} = \frac{C_A \cdot V - x_{eq}}{V_T} + \frac{x_{eq}}{V_T} = C_A - \frac{x_{eq}}{V_T} + \frac{x_{eq}}{V_T} = C_A \end{cases}$$

Alors : $\alpha(CH_3COOH) = \frac{[CH_3COOH]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq} + [CH_3COO^-]_{eq}}$

c.à.d. : $\alpha(CH_3COOH) = \frac{C_A - \frac{x_{eq}}{V}}{C_A}$

c.à.d. : $\alpha(CH_3COOH) = 1 - \frac{\frac{x_{eq}}{V}}{C_A}$

c.à.d. : $\alpha(CH_3COOH) = 1 - \frac{x_{eq}}{C_A \cdot V}$

c.à.d. : $\alpha(CH_3COOH) = 1 - \frac{x_{eq}}{x_{max}}$

d'où : $\alpha(CH_3COOH) = 1 - \tau$

A.N. : $\alpha(CH_3COOH) = 1 - \frac{x_{eq}}{C_A \cdot V} = 1 - \frac{[H_3O^+]_{eq} \cdot V}{C_A \cdot V} = 1 - \frac{[H_3O^+]_{eq}}{C_A} = 1 - \frac{10^{-pH}}{C_A}$

$\alpha(CH_3COOH) = 1 - \frac{10^{-3.05}}{5 \cdot 10^{-2}}$

$\alpha(CH_3COOH) = 0,9822 = 98,22 \%$

1.3. On montre que $pK_{A1} = 4,79$:

On a : $pH = pK_{A1} + \log \left(\frac{[CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}} \right)$

c.à.d. : $pK_{A1} = pH + \log \left(\frac{C_A \cdot V}{x_{eq}} - 1 \right)$

c.à.d. : $pK_{A1} = pH - \log \left(\frac{[CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}} \right)$

c.à.d. : $pK_{A1} = pH + \log \left(\frac{C_A}{[H_3O^+]_{eq}} - 1 \right)$

c.à.d. : $pK_{A1} = pH - \log \left(\frac{\frac{x_{eq}}{V_T}}{\frac{C_A \cdot V - x_{eq}}{V_T}} \right)$

D'où : $pK_{A1} = pH + \log \left(\frac{C_A}{10^{-pH}} - 1 \right)$

c.à.d. : $pK_{A1} = pH - \log \left(\frac{x_{eq}}{C_A \cdot V - x_{eq}} \right)$

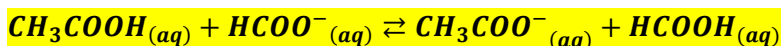
A.N. : $pK_{A1} = 3,05 + \log \left(\frac{5 \cdot 10^{-2}}{10^{-3.05}} - 1 \right)$

c.à.d. : $pK_{A1} = pH + \log \left(\frac{C_A \cdot V - x_{eq}}{x_{eq}} \right)$

$pK_{A1} = 4,7912 \approx 4,79$

2 – Etude de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'ion méthanoate

2.1. L'équation de la réaction :



2.2. L'expression de $Q_{r\acute{e}q}$ en fonction de K_{A1} et K_{A2} :

On sait que : $Q_{r\acute{e}q} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\acute{e}q} \cdot [\text{HCOOH}]_{\acute{e}q}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\acute{e}q} \cdot [\text{HCOO}^-]_{\acute{e}q}}$

c.à.d. : $Q_{r\acute{e}q} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\acute{e}q} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\acute{e}q}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\acute{e}q}} \cdot \frac{[\text{HCOOH}]_{\acute{e}q}}{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\acute{e}q} \cdot [\text{HCOO}^-]_{\acute{e}q}}$

c.à.d. : $Q_{r\acute{e}q} = K_{A1} \cdot \frac{1}{K_{A2}}$

D'où : $Q_{r\acute{e}q} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}}$

A.N. : $Q_{r\acute{e}q} = \frac{10^{-pK_{A1}}}{10^{-pK_{A2}}} = \frac{10^{-4,79}}{10^{-3,75}}$

$Q_{r\acute{e}q} = 9,12 \cdot 10^{-2}$

2.3. L'expression du pH en fonction de pK_{A1} et pK_{A2} :

On a : $\text{pH} = pK_{A1} + \log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\acute{e}q}}\right)$ (1)

Et on a : $\text{pH} = pK_{A2} + \log\left(\frac{[\text{HCOO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{HCOOH}]_{\acute{e}q}}\right)$ (2)

En ajoutant (1) à (2) : $\text{pH} + \text{pH} = pK_{A1} + \log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\acute{e}q}}\right) + pK_{A2} + \log\left(\frac{[\text{HCOO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{HCOOH}]_{\acute{e}q}}\right)$

c.à.d. : $2 \text{pH} = pK_{A1} + pK_{A2} + \log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\acute{e}q}}\right) + \log\left(\frac{[\text{HCOO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{HCOOH}]_{\acute{e}q}}\right)$

c.à.d. : $2 \text{pH} = pK_{A1} + pK_{A2} + \log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\acute{e}q}} \cdot \frac{[\text{HCOO}^-]_{\acute{e}q}}{[\text{HCOOH}]_{\acute{e}q}}\right)$

d'autre part :

Équation de la réaction		$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{HCOO}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{HCOOH}_{(aq)}$			
État	Avancement	Les quantités de matière en « mol »			
Initial	0	$C_A \cdot V_1$	$C_B \cdot V_2$	0	0
à l'équilibre	$x_{\acute{e}q}$	$C_A \cdot V_1 - x_{\acute{e}q}$	$C_B \cdot V_2 - x_{\acute{e}q}$	$x_{\acute{e}q}$	$x_{\acute{e}q}$

Donc : $[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\acute{e}q} = [\text{HCOO}^-]_{\acute{e}q}$ car $C_A = C_B$ et $V_1 = V_2$

Et : $[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\acute{e}q} = [\text{HCOOH}]_{\acute{e}q} = \frac{x_{\acute{e}q}}{V_T}$

Alors : $2 \text{pH} = pK_{A1} + pK_{A2} + \log(1)$, avec $\log(1) = 0$

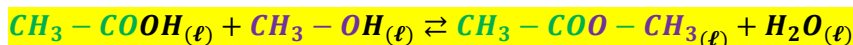
Enfinement : $\text{pH} = \frac{pK_{A1} + pK_{A2}}{2}$

A.N. : $\text{pH} = \frac{4,79 + 3,75}{2}$

$\text{pH} = 4,27$

3 – Etude de la réaction d'acide éthanoïque avec le méthanol :

3.1. L'équation de la réaction :



3.2. La courbe correspondante à la réaction utilisant le catalyseur :

L'ajout d'un catalyseur permet d'accélérer la transformation chimique ayant lieu entre l'acide éthanoïque et le méthanol, alors la courbe correspondante à ce cas est **la courbe (C₁)**.

3.3. La composition du mélange à l'équilibre :

On a :

Équation de la réaction		$\text{CH}_3 - \text{COOH}_{(\ell)} + \text{CH}_3 - \text{OH}_{(\ell)} \rightleftharpoons \text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_3_{(\ell)} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$			
État	Avancement	Les quantités de matière en « mol »			
Initial	0	0,9	0,9	0	0
intermédiaire	x	$0,9 - x$	$0,9 - x$	x	x
à l'équilibre	$x_{\acute{e}q}$	$0,9 - x_{\acute{e}q}$	$0,9 - x_{\acute{e}q}$	$x_{\acute{e}q}$	$x_{\acute{e}q}$

➤ On détermine la valeur de $x_{\acute{e}q}$:

Du tableau d'avancement : $n_{\acute{e}q}(\text{Acide}) = 0,9 - x_{\acute{e}q}$ et de la courbe : $n_{\acute{e}q}(\text{Acide}) = n_f(\text{Acide}) = 0,3 \text{ mol}$

Donc : $x_{\acute{e}q} = 0,6 \text{ mol}$

➤ Donc la composition du mélange à l'équilibre est :

- ✓ $n_{\text{éq}}(\text{Acide}) = 0,9 - x_{\text{éq}} = 0,9 - 0,6 = 0,3 \text{ mol}$
- ✓ $n_{\text{éq}}(\text{Alcool}) = 0,9 - x_{\text{éq}} = 0,9 - 0,6 = 0,3 \text{ mol}$
- ✓ $n_{\text{éq}}(\text{Ester}) = x_{\text{éq}} = 0,6 \text{ mol}$
- ✓ $n_{\text{éq}}(\text{Eau}) = x_{\text{éq}} = 0,6 \text{ mol}$

3.4. La valeur de $t_{1/2}$ correspondante à la courbe (C₂) :

On a d'après tableau d'avancement :

$$n_{1/2}(\text{Acide}) = 0,9 - x_{\frac{1}{2}} = 0,9 - \frac{x_{\text{éq}}}{2}$$

$$n_{1/2}(\text{Acide}) = 0,9 - \frac{0,6}{2} = 0,6 \text{ mol}$$

Par projection on trouve $t_{1/2} = 3,5 \text{ h}$

3.5. Le rendement de la transformation chimique étudiée :

On sait que : $r = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{th}}} = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\text{max}}}$

Or le mélange est équimolaire, alors : $x_{\text{max}} = n_0 = 0,9 \text{ mol}$

$$\text{Donc : } r = \frac{0,6}{0,9} = 0,6667 = 66,67\%$$

3.6. La nouvelle valeur du rendement :

À l'équilibre on ajoute **0,1 mol** d'acide éthanóique au mélange, donc :

- ✓ $n'_0(\text{Acide}) = 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ mol}$
- ✓ $n'_0(\text{Alcool}) = 0,3 \text{ mol}$
- ✓ $n'_0(\text{Ester}) = 0,6 \text{ mol}$
- ✓ $n'_0(\text{Eau}) = 0,6 \text{ mol}$

D'où :

Équation de la réaction		$\text{CH}_3 - \text{COOH}(\ell) + \text{CH}_3 - \text{OH}(\ell) \rightleftharpoons \text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_3(\ell) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$			
État	Avancement	Les quantités de matière en « mol »			
Initial	0	0,4	0,3	0,6	0,6
intermédiaire	x	0,4 - x'	0,3 - x'	0,6 + x'	x'
à l'équilibre	$x'_{\text{éq}}$	0,4 - $x'_{\text{éq}}$	0,3 - $x'_{\text{éq}}$	0,6 + $x'_{\text{éq}}$	0,6 + $x'_{\text{éq}}$

Du tableau d'avancement : $x'_{\text{max}} = 0,3 \text{ mol}$

D'autre part : $K = \frac{[\text{Ester}]_{\text{éq}} \cdot [\text{Eau}]_{\text{éq}}}{[\text{Acide}]_{\text{éq}} \cdot [\text{Alcool}]_{\text{éq}}}$

$$4 = \frac{(0,6 + x'_{\text{éq}}) \cdot (0,6 + x'_{\text{éq}})}{(0,4 - x'_{\text{éq}}) \cdot (0,3 - x'_{\text{éq}})}$$

$$4 = \frac{x'^2_{\text{éq}} + 1,2 \cdot x'_{\text{éq}} + 0,36}{x'^2_{\text{éq}} - 0,7 \cdot x'_{\text{éq}} + 0,12}$$

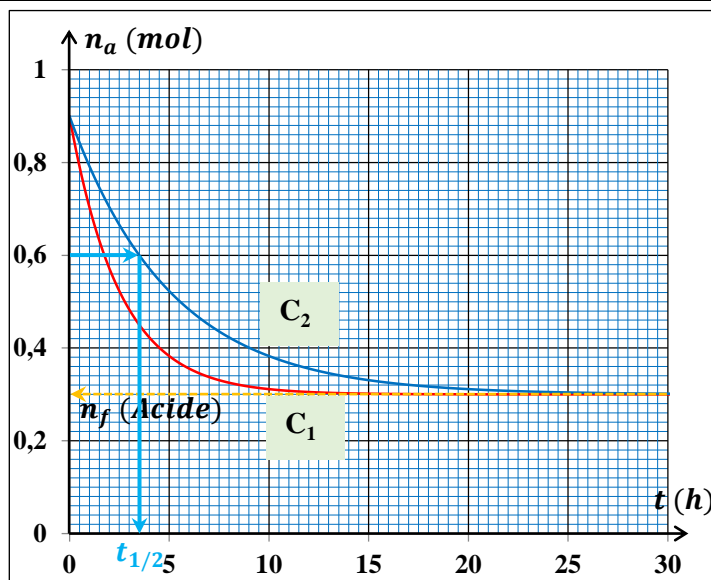
$$4 \cdot x'^2_{\text{éq}} - 2,8 \cdot x'_{\text{éq}} + 0,48 = x'^2_{\text{éq}} + 1,2 \cdot x'_{\text{éq}} + 0,36$$

$$3 \cdot x'^2_{\text{éq}} - 4 \cdot x'_{\text{éq}} + 0,12 = 0$$

Or $x'_{\text{éq}} < x'_{\text{max}}$

Alors $x'_{\text{éq}} = 0,03 \text{ mol}$

D'où $r = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{th}}} = \frac{n_{\text{éq}}(\text{ester})}{n_{\text{max}}(\text{ester})} = \frac{0,6 + x'_{\text{éq}}}{0,6 + x'_{\text{max}}} = \frac{0,6 + 0,03}{0,6 + 0,3} = 0,7 = 70\%$



Exercice 02 :

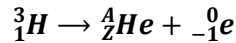
1 - désintégration du tritium :

1.1. L'affirmation juste :

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

1.2. L'équation de la désintégration du noyau du tritium :

Le tritium ${}^3_1\text{H}$ est un isotope radioactif émetteur β^- . Le noyau formé est l'un des isotopes de l'hélium, donc :



D'après la loi de conservation :
$$\begin{cases} 3 = A + 0 \\ 1 = Z + (-1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} A = 3 \\ Z = 2 \end{cases}$$

D'où : ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{-1}\text{e}$

1.3. La relation entre $t_{1/2}$ et λ :

On a d'après la définition : $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$

c.à.d. : $N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$

c.à.d. : $\ln(e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}) = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$

c.à.d. : $-\lambda \cdot t_{1/2} = -\ln\left(\frac{2}{1}\right)$

c.à.d. : $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln\left(\frac{2}{1}\right)$

Finalemment : $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$

1.4. Calcul de l'activité a_1 :

Lorsque 90% des noyaux du tritium sont désintégrés, il reste 10% des noyaux radioactifs ($N_1 = 10\% \cdot N_0$), qui ont une activité a_1 , donc :

$$a_1 = \lambda \cdot N_1 = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot 10\% \cdot N_0$$

c.à.d. : $a_1 = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \times 0,1 \times \frac{m_0 \cdot N_A}{M({}^3_1\text{H})}$

A.N. : $a_1 = \frac{\ln(2)}{12,32 \times 3,16 \times 10^7} \times 0,1 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 6,02 \times 10^{23}}{3}$

$a_1 = 7,145 \cdot 10^7 \text{ Bq}$

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

2.1.

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 .	Vrai
b	Le tritium est plus stable que le deutérium.	Vrai

2.2. Calcul de l'énergie libérée de la réaction de fusion :

On a l'équation de la fusion est : ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

Donc : $E_{lib} = |E_\ell({}^3_1\text{H}) + E_\ell({}^2_1\text{H}) - E_\ell({}^4_2\text{He})|$

A.N. : $E_{lib} = |8,475 + 2,366 - 28,296|$

$E_{lib} = 17,455 \text{ MeV}$

Exercice 03 :

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

1.1. L'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ l'intensité du courant :

D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_L + u_R = E$$

Tels que : $u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$ et $u_R = R \cdot i$

Alors : $L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i = E$

On multiplie le tout par $\frac{1}{R}$

D'où : $\frac{L}{R} \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R}$

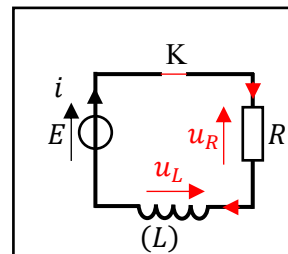
1.2.

1.2.1. Détermination des expressions de A et B :

À l'instant $t = 0$, on a $i(t = 0) = 0$

c.à.d. : $A + B \cdot e^0 = 0$

Donc : $B = -A$



D'autre part, on a :
$$\begin{cases} i(t) = A + B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \\ \frac{di}{dt} = -\frac{1}{\tau} \cdot B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \end{cases}$$

On remplace dans l'équation différentielle :

$$\frac{L}{R} \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R}$$

$$\frac{L}{R} \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + A + B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}$$

$$-B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + A + B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}$$

$$A = \frac{E}{R}$$

D'où : $B = -\frac{E}{R}$

Enfinement : $i(t) = \frac{E}{R} - \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow i(t) = \frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

1.2.2. On montre que $L = 1 \text{ H}$:

On a : $\tau = \frac{L}{R}$ et $I_P = \frac{E}{R}$

Donc : $L = \tau \cdot R = \tau \cdot \frac{E}{I_P}$

A.N. : $L = 2 \times 10^{-3} \times \frac{24}{48 \times 10^{-3}}$

$$L = 1 \text{ H}$$

1.3. L'expression numérique de la tension $u_L(t)$:

Méthode 1	Méthode 2
<p>D'après la loi d'additivité des tensions :</p> $u_L(t) + u_R(t) = E$ $u_L(t) = E - u_R(t)$ $u_L(t) = E - R \cdot i(t)$ $u_L(t) = E - R \cdot \frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ $u_L(t) = E - E + E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $u_L(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	<p>On a :</p> $u_L(t) = L \cdot \frac{di}{dt}$ $u_L(t) = L \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $u_L(t) = L \cdot \left(-\frac{R}{L}\right) \cdot \left(-\frac{E}{R}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $u_L(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

2 - Circuit oscillant LC :

2.1. L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$:

D'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_L + u_C = 0$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + u_C = 0$$

$$L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2} + u_C = 0$$

2.2.

2.2.1. La valeur de la capacité C :

On sait que : $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$

c.à.d. : $T_0^2 = 4\pi^2 \cdot LC$

Donc : $C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 \cdot L}$

A.N. : $C = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 1}$

$$C = 10^{-7} \text{ F}$$

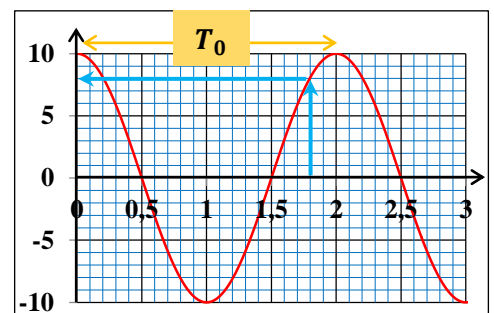
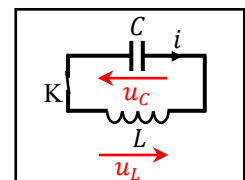
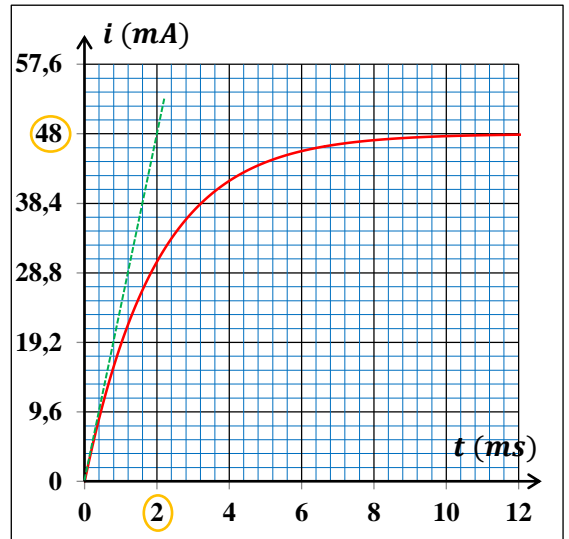
2.2.2. L'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine à l'instant $t = 1,8 \text{ ms}$:

Puisque la résistance du circuit est nulle, alors l'énergie totale du circuit se conserve au cours du temps, donc :

$$E_T = E_e(t) + E_m(t)$$

$$E_m(t) = E_T - E_e(t)$$

$$E_m(t) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_{C,max}^2 - \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_C^2(t)$$



$$E_m(t) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (U_{C,max}^2 - u_c^2(t))$$

A.N. :

$$E_m(t) = \frac{1}{2} \times 10^{-7} \times (10^2 - 8^2)$$

$$E_m(t) = 1,8 \times 10^{-6} \text{ J}$$

3 – Modulation d'amplitude d'un signal :

3.1. La proposition juste :

De la courbe : $T_s = 5 \text{ ms}$

$$\text{Donc : } f_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{5 \times 10^{-3}} = 200 \text{ Hz}$$

Aussi : $20 T_p = T_s$

Alors : $F_p = 20 f_s$

$$F_p = 4000 \text{ Hz} = 4 \text{ kHz}$$

D'où la proposition juste est B.

3.2. Vrai ou faux :

D'après la courbe : $\begin{cases} U_{mmax} = 6 \text{ V} \\ U_{mmin} = 2 \text{ V} \end{cases}$

$$\text{Donc : } m = \frac{U_{mmax} - U_{mmin}}{U_{mmax} + U_{mmin}} = \frac{4}{8} = 0,5$$

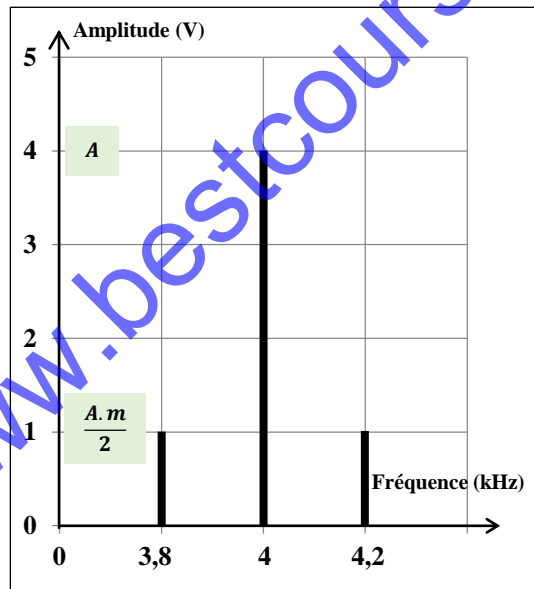
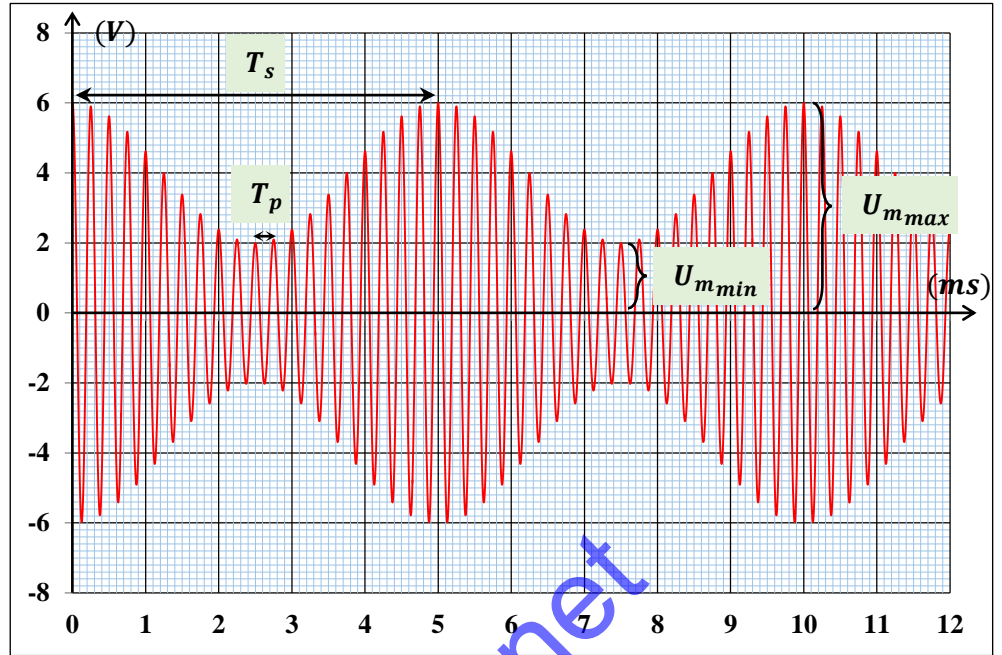
D'autre part : pour $k \cdot P_m = 1$ (بعضة تلفظ هذا الصيغة)

$$U_0 = \frac{U_{mmax} + U_{mmin}}{2} = \frac{6 + 2}{2} = 4 \text{ V}$$

a. Faux

b. Faux

3.3. L'allure du spectre de fréquence :



Exercice 04 :

➤ **Partie I :**

1 – Mouvement de la balle en chute libre :

1.1. Les équations horaires numériques $v_z(t)$ et $z(t)$:

♣ Le système étudié : {La balle (S)}

♣ Bilan des forces externes : seulement le poids \vec{P}

♣ On choisit un repère (O, \vec{k}) orienté vers le haut, lié à un référentiel terrestre, supposé galiléen.

♣ On applique la II^{ème} loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$$

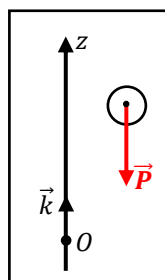
♣ La projection sur l'axe (Oz) donne :

$$P_z = m \cdot a_z$$

$$-P = m \cdot a_z$$

$$-m \cdot g = m \cdot a_z$$

$$a_z = -g = -10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{Cte}$$



Or la trajectoire est rectiligne, alors le mouvement est rectiligne uniformément varié.

$$\text{Donc : } \begin{cases} v_z(t) = a_z \cdot t + V_0 \\ z(t) = \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot t^2 + V_0 \cdot t + z_0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} v_z(t) = -10 \cdot t + 12 \\ z(t) = -5 \cdot t^2 + 12 \cdot t \end{cases}$$

1.2.1. la hauteur maximale h :

À la hauteur maximale, la vitesse s'annule, donc : $v_z(t_h) = 0$

$$\text{c.à.d. : } -10 \cdot t_h + 12 = 0 \rightarrow t_h = \frac{-12}{-10} = 1,2 \text{ s}$$

$$\text{D'où : } h = z(t_h) = -5 \cdot t_h^2 + 12 \cdot t_h$$

$$h = -5 \times 1,2^2 + 12 \times 1,2$$

$$h = 7,2 \text{ m}$$

1.2.2. La valeur absolue de V_{Oz} lors du passage vers le bas par le point O :

Lors du passage vers le bas, et par application de la II^{ème} loi de Newton, en considérant que la nouvelle vitesse initiale est

$$\text{nulle et que } z_0 = h = 7,2 \text{ m, on trouve : } \begin{cases} v_z(t) = -10 \cdot t \\ z(t) = -5 \cdot t^2 + 7,2 \end{cases}$$

$$\text{Au point } O, z(t_0) = 0 \rightarrow \text{c.à.d. : } -5 \cdot t_0^2 + 7,2 = 0 \rightarrow t_0 = \sqrt{\frac{-7,2}{-5}} = 1,2 \text{ s}$$

$$\text{D'où : } |V_{Oz}| = |v_z(t_0)| = |-10 \cdot t_0| \rightarrow |V_{Oz}| = |-10 \times 1,2| = 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2 - Mouvement de chute de la balle avec frottement :

2.1. On montre que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v_z s'écrit : $\frac{dv_z}{dt} + \frac{\lambda}{m} \cdot v_z + g = 0$

♣ Le système étudié : {La balle (S)}

♣ Bilan des forces externes : le poids \vec{P} et les frottements fluide \vec{f} .

♣ On choisit un repère (O, \vec{k}) orienté vers le haut, lié à un référentiel terrestre, supposé galiléen.

♣ On applique la II^{ème} loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{P} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$$

♣ La projection sur l'axe (Oz) donne :

$$P_z + f_z = m \cdot a_z$$

$$-P + f = m \cdot \frac{dv_z}{dt}$$

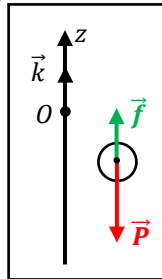
$$-m \cdot g - \lambda \cdot v_z = m \cdot \frac{dv_z}{dt} \quad (v_z < 0)$$

En multipliant le tous par $\frac{1}{m}$, on obtient :

$$-g - \frac{\lambda}{m} \cdot v_z = \frac{dv_z}{dt}$$

$$\frac{dv_z}{dt} + \frac{\lambda}{m} \cdot v_z + g = 0$$

$$\text{Avec : } \tau = \frac{m}{\lambda}$$



2.2. La norme de la vitesse limite du mouvement de G :

On sait que $V_{lim} = Cte$

$$\text{Donc : } \frac{dV_{lim}}{dt} + \frac{\lambda}{m} \cdot V_{lim} + g = 0$$

$$\text{c.à.d. : } \frac{\lambda}{m} \cdot V_{lim} + g = 0$$

$$\text{Donc : } V_{lim} = \left| -g \cdot \frac{m}{\lambda} \right| \quad (\text{la norme est tjrs positive})$$

$$\text{A.N. : } V_{lim} = \left| -10 \times \frac{80 \times 10^{-3}}{0,12} \right|$$

$$V_{lim} = 6,67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2.3. La valeur de $v_z(t_i)$ en utilisant la méthode d'Euler :

$$\text{On sait que d'après la méthode d'Euler : } v_z(t_i) = a_{i-1} \cdot \Delta t + v_{i-1} \quad (1)$$

$$\text{Et d'autre part, d'après l'équation différentielle : } a_{i-1} + \frac{\lambda}{m} \cdot v_{i-1} + g = 0 \quad (2)$$

$$\text{D'après (2) : } v_{i-1} = -\frac{m}{\lambda} \cdot (a_{i-1} + g) = -\frac{80 \times 10^{-3}}{0,12} \times (5 + 10) = -10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{On remplace dans (1) : } v_z(t_i) = 5 \times 66 \times 10^{-3} - 10 \rightarrow v_z(t_i) = -9,67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

➤ **Partie II :**

1. On montre que $E_{pp} = \frac{1}{2} m g \ell \theta^2$:

On a : $E_{pp} = m g z + Cte$, et d'après l'énoncé à $z = 0$, $E_{pp} = 0$, donc $Cte = 0$

Alors : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z$

D'après la figure : $z = \ell - d \rightarrow z = \ell - \ell \cdot \cos(\theta) \rightarrow z = \ell \cdot (1 - \cos(\theta))$

θ un angle petit alors $1 - \cos(\theta) = \frac{\theta^2}{2} \rightarrow z = \ell \cdot \frac{\theta^2}{2}$

D'où : $E_{pp} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot g \cdot \ell \cdot \theta^2$

2.

2.1. Détermination de $\dot{\theta}_{max}$ la vitesse angulaire maximale :

Le mouvement se fait sans frottements, alors l'énergie mécanique se conserve au cours du temps, c.à.d. :

$$E_m = E_{cmax} = E_{ppmax}$$

$$\frac{1}{2} \cdot J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}_{max}^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot g \cdot \ell \cdot \theta_0^2$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot \ell^2 \cdot \dot{\theta}_{max}^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot g \cdot \ell \cdot \theta_0^2$$

$$\ell \cdot \dot{\theta}_{max}^2 = g \cdot \theta_0^2$$

$$\dot{\theta}_{max} = \theta_0 \cdot \sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

A.N. :

$$\dot{\theta}_{max} = 9^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} \times \sqrt{\frac{10}{2,4}}$$

$$\dot{\theta}_{max} = 0,32 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

2.2. L'équation différentielle du mouvement vérifiée par l'abscisse angulaire $\theta(t)$:

D'après la conservation de l'énergie mécanique :

$$\frac{dE_m}{dt} = 0$$

$$\frac{d\left(\frac{1}{2} \cdot J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot g \cdot \ell \cdot \theta^2\right)}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot J_{\Delta} \cdot 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \ddot{\theta} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot g \cdot \ell \cdot 2 \cdot \theta \cdot \dot{\theta} = 0$$

$$m \cdot \ell^2 \cdot \dot{\theta} \cdot \ddot{\theta} + m \cdot g \cdot \ell \cdot \theta \cdot \dot{\theta} = 0$$

$$m \cdot \ell^2 \cdot \dot{\theta} \cdot \left(\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell} \cdot \theta\right) = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell} \cdot \theta = 0$$

3. Calcule de la période propre :

On a : $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$

A.N. : $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{2,4}{10}}$

$T_0 = 3,078 \text{ s}$

-----FIN-----

