

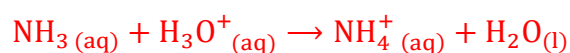
Correction de l'examen national de la physique chimie session normale 2020
Section sciences expérimentales option physique chimie

Exercice I

Partie I : Etude d'une solution aqueuse d'ammoniac :

1- Dosage de la solution S_b :

1-1- L'équation de la réaction de dosage :



1-2- La relation entre: C_b, V_a, V_b et V_{bE} :

A l'équivalence on : $n_i(\text{NH}_3) = n_E(\text{H}_3\text{O}^+)$

$$C_b \cdot V_b = C_a \cdot V_{aE}$$

1-3- La valeurs de C_b :

$$C_b \cdot V_b = C_a \cdot V_{aE} \Rightarrow C_b = \frac{C_a \cdot V_{aE}}{V_b}$$

Graphiquement on : $V_{aE} = 15 \text{ mL}$

$$C_b = \frac{10^{-2} \times 15 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow C_b = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Déduction de C_0 :

La solution S_0 est diluée 100 fois pour obtenir la solution S_b on écrit :

$$C_0 = 100 \cdot C_b \rightarrow C_0 = 100 \times 10^{-2} \Rightarrow C_0 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

1-4- Le choix de l'indicateur coloré :

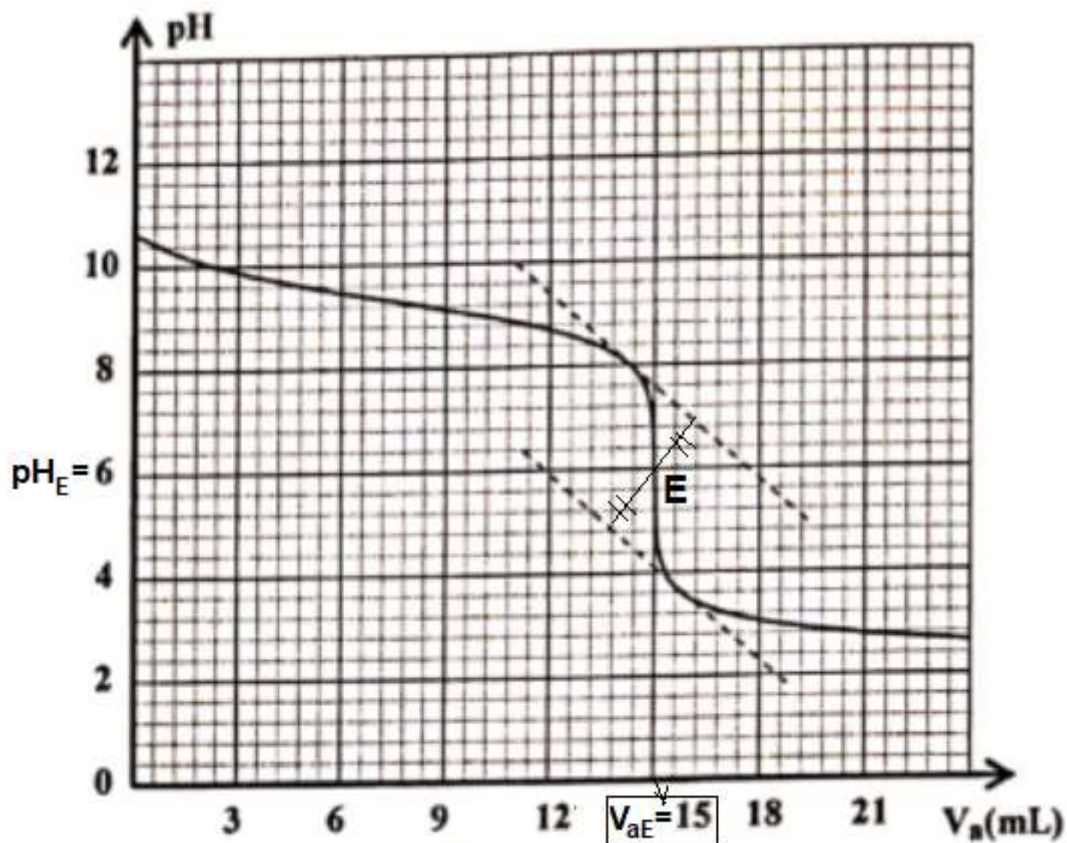


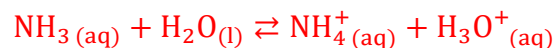
figure 1

Graphiquement à l'équivalence on a : $pH_E \approx 6$.

L'indicateur adéquat pour ce dosage est **le rouge de méthyle** car le pH à l'équivalence se trouve dans sa zone de virage $\rightarrow 4,2 < pH_E < 6,2$.

2- Etude de la solution \$S_b\$:

2-1- L'équation de la réaction de l'ammoniac et l'eau :



2-2- La concentration des ions \$HO^-\$:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$K_e = [H_3O^+] \cdot [HO^-] \Rightarrow [HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} \Rightarrow [HO^-] = \frac{K_e}{10^{-pH}} \Rightarrow [HO^-] = 10^{pH} \cdot K_e$$

$$[HO^-] = 10^{10,6} \times 10^{-14} \Rightarrow [HO^-] = 3,98 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2-3- Le taux d'avancement final :

L'expression de τ :

$$\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\text{max}}}$$

Le tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}^+(\text{aq})$			
Etat du système	Avancement	Quantité de matières en (mol)			
Etat initial	0	$C_b \cdot V$	En excès	0	0
Etat intermédiaire	x	$C_b \cdot V - x$	En excès	x	x
Etat final	$x_{\text{éq}}$	$C_b \cdot V - x_{\text{éq}}$	En excès	$x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$

D'après le tableau d'avancement : $n_{\text{éq}}(\text{HO}^-) = x_{\text{éq}} = [\text{HO}^-] \cdot V$

Le réactif limitant est l'ammoniac (l'eau est en excès) : $C_b \cdot V - x_{\text{max}} = 0 \Leftrightarrow x_{\text{max}} = C_b \cdot V$

$$\tau = \frac{[\text{HO}^-] \cdot V}{C_b \cdot V} = \frac{[\text{HO}^-]}{C_b} \Rightarrow \tau = \frac{3,98 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}} = 3,98 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{\tau = 3,98 \%}$$

2-4-Vérification de $Q_{r,\text{éq}}$:

L'expression du quotient de la réaction à l'équilibre :

$$Q_{r,\text{éq}} = \frac{[\text{NH}_4^+]_{\text{éq}} \cdot [\text{HO}^-]_{\text{éq}}}{[\text{NH}_3]_{\text{éq}}}$$

$$[\text{NH}_4^+]_{\text{éq}} = [\text{HO}^-]_{\text{éq}} = \frac{x_{\text{éq}}}{V} ; [\text{NH}_3]_{\text{éq}} = \frac{C_b \cdot V - x_{\text{éq}}}{V} = C_b - \frac{x_{\text{éq}}}{V} = C_b - [\text{HO}^-]_{\text{éq}}$$

$$\boxed{Q_{r,\text{éq}} = \frac{[\text{HO}^-]_{\text{éq}}^2}{C_b - [\text{HO}^-]_{\text{éq}}}}$$

AN: $Q_{r,\text{éq}} = \frac{(3,98 \cdot 10^{-4})^2}{10^{-2} - 3,98 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \boxed{Q_{r,\text{éq}} = 1,65 \cdot 10^{-5}}$

2-5- La valeur du pK_A :

$$K_A = \frac{[\text{NH}_3]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{NH}_4^+]_{\text{éq}}} \cdot \frac{[\text{HO}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HO}^-]_{\text{éq}}} = \frac{[\text{NH}_3]_{\text{éq}}}{[\text{NH}_4^+]_{\text{éq}} \cdot [\text{HO}^-]_{\text{éq}}} \cdot K_e \Rightarrow K_A = \frac{K_e}{Q_{r,\text{éq}}}$$

$$\boxed{\text{pK}_A = -\log K_A = -\log \left(\frac{K_e}{Q_{r,\text{éq}}} \right)}$$

A.N : $\text{pK}_A = -\log \left(\frac{10^{-14}}{1,65 \cdot 10^{-5}} \right) = 9,22 \Rightarrow \boxed{\text{pK}_A \approx 9,2}$

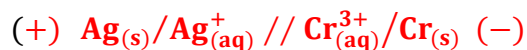
Partie 2 : Etude de la pile argent-chrome :

1- L'anode de la pile :

La diminution de la masse de chrome explique l'oxydation de chrome (perte des électrons), qui se produit au niveau de l'anode

L'anode est l'électrode de chrome

2- Le schéma conventionnel de la pile :



3- Les équations aux électrodes et l'équation bilan :

Au niveau de l'anode : oxydation anodique : $\text{Cr}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Cr}_{(aq)}^{3+} + 3e^-$

Au niveau de la cathode : réduction cathodique : $\text{Ag}_{(aq)}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}_{(s)}$

Equation bilan du fonctionnement de la pile : $3\text{Ag}_{(aq)}^+ + \text{Cr}_{(s)} \rightleftharpoons 3\text{Ag}_{(s)} + \text{Cr}_{(aq)}^{3+}$

4- La variation Δm de l'électrode de chrome :

Le tableau d'avancement :

Equation de réaction		$3\text{Ag}_{(aq)}^+ + \text{Cr}_{(s)} \rightleftharpoons 3\text{Ag}_{(s)} + \text{Cr}_{(aq)}^{3+}$				$n(e^-)$
Etat du système	Avancement	Quantité de matière en (mol)				
Etat initial	0	$n_i(\text{Ag}^+)$	$n_i(\text{Cr})$	$n_i(\text{Ag})$	$n_i(\text{Cr}^{3+})$	0
Etat intermédiaire	x	$n_i(\text{Ag}^+) - 3x$	$n_i(\text{Cr}) - x$	$n_i(\text{Ag}) + 3x$	$n_i(\text{Cr}^{3+}) + x$	3x

$$Q = n(e^-) \cdot F = 3x \cdot F \Rightarrow x = \frac{Q}{3F}$$

$$\begin{cases} \Delta n(\text{Cr}) = -x \\ \Delta n(\text{Cr}) = \frac{\Delta m(\text{Cr})}{M(\text{Cr})} \Rightarrow \frac{\Delta m(\text{Cr})}{M(\text{Cr})} = -x \Rightarrow \Delta m(\text{Cr}) = -xM(\text{Cr}) \end{cases}$$

$$\Delta m(\text{Cr}) = -\frac{Q \cdot M(\text{Cr})}{3F}$$

$$\Delta m(\text{Cr}) = -\frac{5,79 \times 52}{3 \times 96500} = -1,04 \cdot 10^{-3} \text{ g} \Rightarrow \Delta m(\text{Cr}) = -1,04 \text{ mg}$$

Exercice II

Propagation des ondes

1- B

2- C

3- C

4- D

5- D

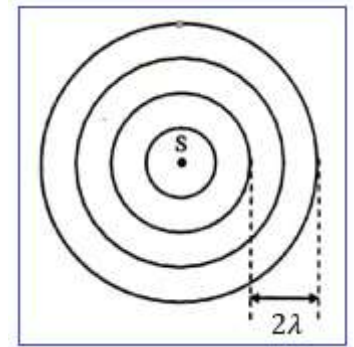
II – 1- La longueur d'onde λ :

La longueur d'onde λ est la distance entre deux crêtes consécutives :

$$1\text{cm} = 2\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{1}{2} = 0,5\text{ cm} \Rightarrow \boxed{\lambda = 5.10^{-3}\text{ m}}$$

2- La fréquence N :

$$v = \lambda.N \Rightarrow \boxed{N = \frac{v}{\lambda}} \Rightarrow N = \frac{0,25}{5.10^{-3}} \Rightarrow \boxed{N = 50\text{ Hz}}$$



3- Le retard temporel τ :

$$v = \frac{SM}{\tau} = \frac{d}{\tau} \Rightarrow \boxed{\tau = \frac{d}{v}}$$

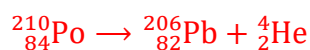
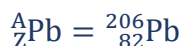
$$\tau = \frac{5.10^{-2}}{0,25} \Rightarrow \boxed{\tau = 0,2\text{ s}}$$

Exercice III

1- L'équation de désintégration :



$$\text{Loi de Soddy : } \begin{cases} 210 = A + 4 \\ 84 = Z + 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 210 - 4 \\ Z = 84 - 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 206 \\ B = 82 \end{cases}$$

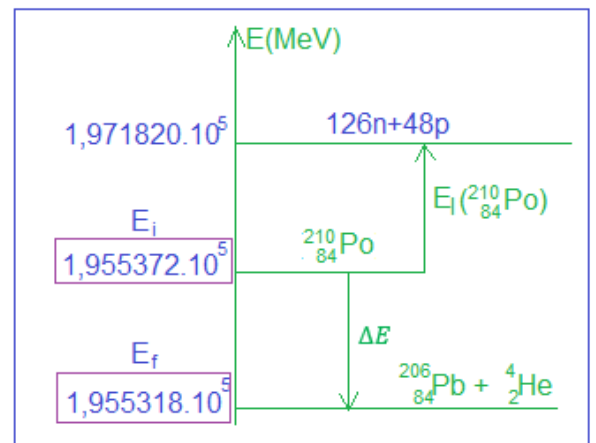


2-1- L'énergie libérée E_b :

$$E_{\text{lib}} = |\Delta E|$$

$$\Delta E = E_f - E_i = 1,955318.10^5 - 1,955372.10^5 = -5,4\text{ MeV}$$

$$\boxed{E_{\text{lib}} = 5,4\text{ MeV}}$$



2-2- Le défaut de masse Δm de polonium 210 :

$$\text{L'énergie de liaison : } E_\ell({}^{210}_{84}\text{Po}) = \Delta m.c^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{E_\ell({}^{210}_{84}\text{Po})}{c^2}$$

$$\Delta m = \frac{1,971820.10^5 - 1,955372.10^5}{c^2} = 1644,8\text{ MeV}.c^{-2}$$

$$\Delta m = \frac{1644,8}{931,5} = 1,766\text{ u} \Rightarrow \Delta m = 1,766 \times 1,66.10^{-27} \Rightarrow \Delta m \approx 2,93.10^{-27}\text{ kg}$$

3- La constante radioactive λ :

$$\boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{138 \times 24 \times 3600} \Rightarrow \boxed{\lambda = 5,81 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}}$$

4- L'instant t_1 :

$$a_1 = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1} \Rightarrow \frac{a_1}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t_1} \Rightarrow -\lambda \cdot t_1 = \ln\left(\frac{a_1}{a_0}\right) \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a_1}\right) \Rightarrow \boxed{t_1 = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a_1}\right)}$$

$$t_1 = \frac{138}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{3,5 \cdot 10^{11}}{3,7 \cdot 10^4}\right) = 3197,92 \text{ jours} \Rightarrow \boxed{t_1 \approx 3198 \text{ Jours}}$$

Exercice IV

I – Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension :

1- L'équation différentielle vérifiée par $i(t)$:

D'après la loi d'additivité des tensions : $E = u_L + u_R$

Selon la loi d'ohm : $u_L = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$; $u_R = R \cdot i$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = E \Rightarrow L \cdot \frac{di}{dt} + (R + r) \cdot i = E$$

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

2- La valeur de r :

En régime permanent on a :

$$i = \text{cst} = I_0 \Rightarrow \frac{di}{dt} = 0 \text{ et la tension } u_L \text{ s'écrit : } u_L(\infty) = r \cdot I_0 \Rightarrow r = \frac{u_L(\infty)}{I_0}$$

D'après la courbe C_2 de la figure 2 on a : $u_L(\infty) = 1\text{V}$ et la courbe C_1 on trouve : $I_0 = 100 \text{ mA}$.

$$\boxed{r = \frac{u_L(\infty)}{I_0}} = \frac{1}{100 \times 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{r = 10 \Omega}$$

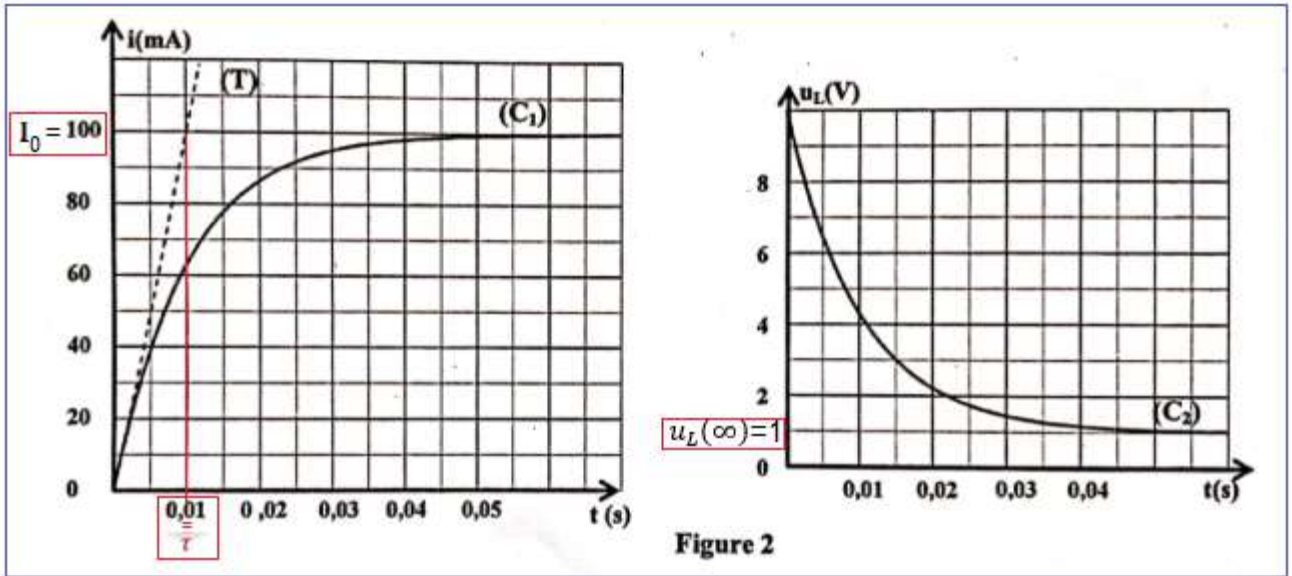


Figure 2

3- La vérification de la valeur de L :

D'après la courbe C₁ de la figure 2 graphiquement on a : $\tau = 0,01 \text{ s}$.

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow \boxed{L = (R+r) \cdot \tau} \quad \text{A.N : } L = (90 + 10) \times 0,01 \Rightarrow \boxed{L = 1\text{H}}$$

II – Décharge d'un condensateur dans un dipôle **RL** :

1- Le régime d'oscillation de la figure 4 :

Pseudopériodique (car l'amplitude des oscillations diminue progressivement au cours du temps).

2- L'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$:

D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L + u_R + u_C = 0$

Selon la loi d'ohm : $u_L = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$; $u_R = R \cdot i$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + (R+r) \cdot i + u_C = 0$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C \cdot u_C)}{dt} = C \cdot \frac{du_C}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{d}{dt} \left(C \cdot \frac{du_C}{dt} \right) = C \cdot \frac{d}{dt} \frac{du_C}{dt} = C \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2}$$

$$L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2} + (R+r) \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = 0 \Rightarrow \boxed{\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \left(\frac{R+r}{L} \right) \cdot \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{L \cdot C} u_C = 0}$$

3- La capacité du condensateur C :

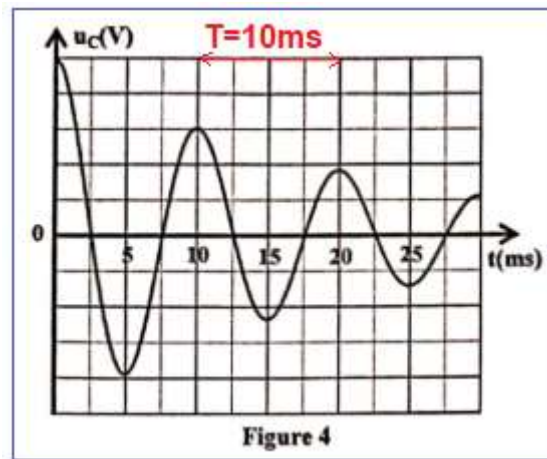
L'expression de la période propre : $T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$

$$T_0^2 = 4\pi^2 L \cdot C \Rightarrow \boxed{C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 L}}$$

Graphiquement la valeur de la pseudopériode :

$$T = 10 \text{ ms}, \text{ sachant que } T = T_0$$

$$C = \frac{(10 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 1} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \boxed{C = 2,5 \mu\text{F}}$$



III – Entretien des oscillations :

1- La valeur de k_0 :

D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L + u_R +$

$$u_C = u_G$$

$$\text{On a : } u_G = k_0 \cdot i = k_0 \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt}$$

Selon la question II – 2 on a :

$$u_L + u_R + u_C = L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2} + (R + r) \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C$$

$$L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2} + (R + r) \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = k_0 \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt}$$

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{R + r - k_0}{L} \cdot \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{L \cdot C} u_C = 0$$

Pour obtenir des oscillations sinusoïdales il faut que le facteur qui est responsable à l'amortissement soit nul : $\frac{R+r-k_0}{L} = 0 \Rightarrow R + r - k_0 = 0 \Rightarrow \boxed{k_0 = R + r}$

3- Les valeurs de I_m , T_0 et φ :

Graphiquement, selon la figure 6

$$: \boxed{T_0 = 10 \text{ ms}} \text{ et } \boxed{I_m = 8 \text{ mA}}$$

L'expression de l'intensité du courant :

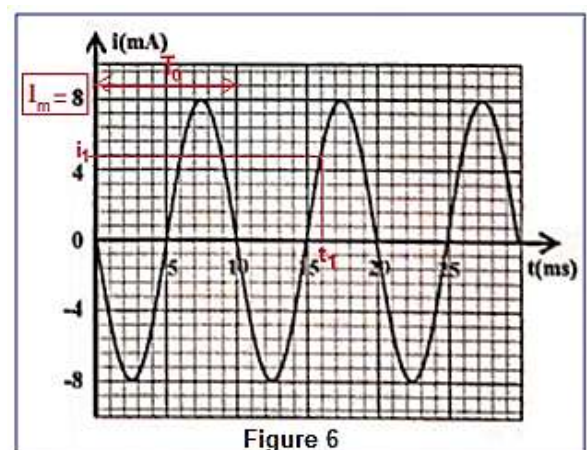
$$I(t) = I_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0} \cdot I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

On détermine φ en utilisant les conditions initiales :

$$i(0) = 0 \text{ et } \frac{di}{dt}(0) < 0$$

$$\begin{cases} i(0) = I_m \cos\varphi \\ \frac{di}{dt}(0) = -\frac{2\pi}{T_0} \cdot I_m \sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\varphi = 0 \\ -\sin\varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{2} \text{ g} \varphi = -\frac{\pi}{2} \\ \sin\varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \boxed{\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ rad}}$$



3- L'énergie totale E_t :

Quand $u_C = 0$ on a $i = \pm I_m$

$$E_T = \frac{1}{2} L \cdot I_m^2 \Rightarrow E_T = \frac{1}{2} \times 1 \times (8 \cdot 10^{-3})^2 \Rightarrow E_T = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

4- L'énergie E_{e1} emmagasinée dans le condensateur à t_1 :

L'énergie totale du circuit à l'instant t_1 :

$$E_T = E_{m1} + E_{e1} \Rightarrow E_{e1} = E_T - E_{m1} \Rightarrow E_{e1} = E_T - \frac{1}{2} L \cdot i_1^2$$

Graphiquement selon la figure 6 à $t_1 = 16 \text{ ms}$, on trouve : $i_1 = 4,8 \text{ mA}$

$$E_{e1} = 3,2 \cdot 10^{-5} - \frac{1}{2} \times 1 \times (4,8 \cdot 10^{-3})^2 = 2,048 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

$$E_{e1} \approx 2,05 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

Exercice V

1- L'équation différentielle du mouvement :

Le système étudié : {la bille}

Bilan des forces :

\vec{P} : Poids de la bille

\vec{f} : Force de frottement fluide

On applique la deuxième loi de Newton dans un repère terrestre considéré galiléen :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$$

Projection sur l'axe (O, \vec{j}) :

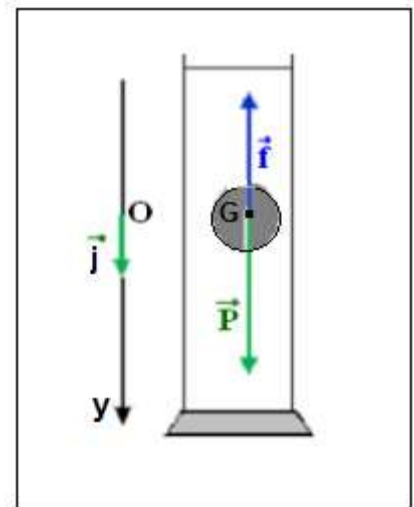
$$P - f = m \cdot a_G$$

$$m \cdot g - k \cdot v = m \cdot \frac{dv}{dt} \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} \cdot v = g$$

2- L'expression de la vitesse limite v_ℓ :

Quand la bille atteint sa vitesse limite, la vitesse reste constante $v = v_\ell = \text{cte}$ donc : $\frac{dv}{dt} = 0$ l'équation différentielle s'écrit : $\frac{k}{m} \cdot v_\ell = g$ on déduit : $v_\ell = \frac{m \cdot g}{k}$

3- La détermination graphique de v_ℓ :



Graphiquement, selon la figure 2, en régime permanent la vitesse limite de la bille

est : $V_\ell = 1,5 \text{ m.s}^{-1}$

4- La vérification de l'équation différentielle :

L'équation différentielle : $\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m} \cdot v$

On a : $V_\ell = \frac{g \cdot m}{k} \Rightarrow \frac{V_\ell}{g} = \frac{m}{k} \Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{V_\ell}$, on

remplace dans l'équation différentielle : $\frac{dv}{dt} = g - \frac{V_\ell}{g} \cdot v$

A.N: $\frac{dv}{dt} = 10 - \frac{10}{1,5} \cdot v \Rightarrow$

$\frac{dv}{dt} = 10 - 6,67 \cdot v$

5-1- L'accélération a_1 à t_1 :

L'équation différentielle : $a_i = 10 - 6,67 v_i \Rightarrow a_1 = 10 - 6,67 v_1$

A.N : $a_1 = 10 - 6,67 \times 0,150 \Rightarrow a_1 = 9,00 \text{ m.s}^{-2}$

5-2- La vitesse v_3 à t_3 :

D'après la méthode d'Euler : $v_{i+1} = a_i \cdot \Delta t + v_i \xrightarrow{i=2} v_3 = a_2 \cdot \Delta t + v_2$

A.N : $v_3 = 8,10 \times 0,015 + 0,285 \Rightarrow v_3 \approx 0,406 \text{ m.s}^{-1}$

