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 :

$$NH_{3\,(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow NH^+_{4\,(aq)} + H_2O_{(l)}$$

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

A l'équivalence on : $n_i(NH_3) = n_E(H_3O^+)$

$$\boxed{C_b.V_b = C_a.V_{aE}}$$

1-3-La valeurs de C_b :

$$C_b.V_b = C_a.V_{aE} \Longrightarrow \boxed{C_b = \frac{C_a.V_{aE}}{V_b}}$$

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

$$C_b = \frac{10^{-2} \times 15.10^{-3}}{15.10^{-3}} \Longrightarrow \boxed{C_b = 10^{-2}\ mol.L^{-1}}$$

Déduction de C_0 :

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

$$C_0 = 100.C_b \longrightarrow C_0 = 100 \times 10^{-2} \Longrightarrow \boxed{C_0 = 1\ mol.L^{-1}}$$

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

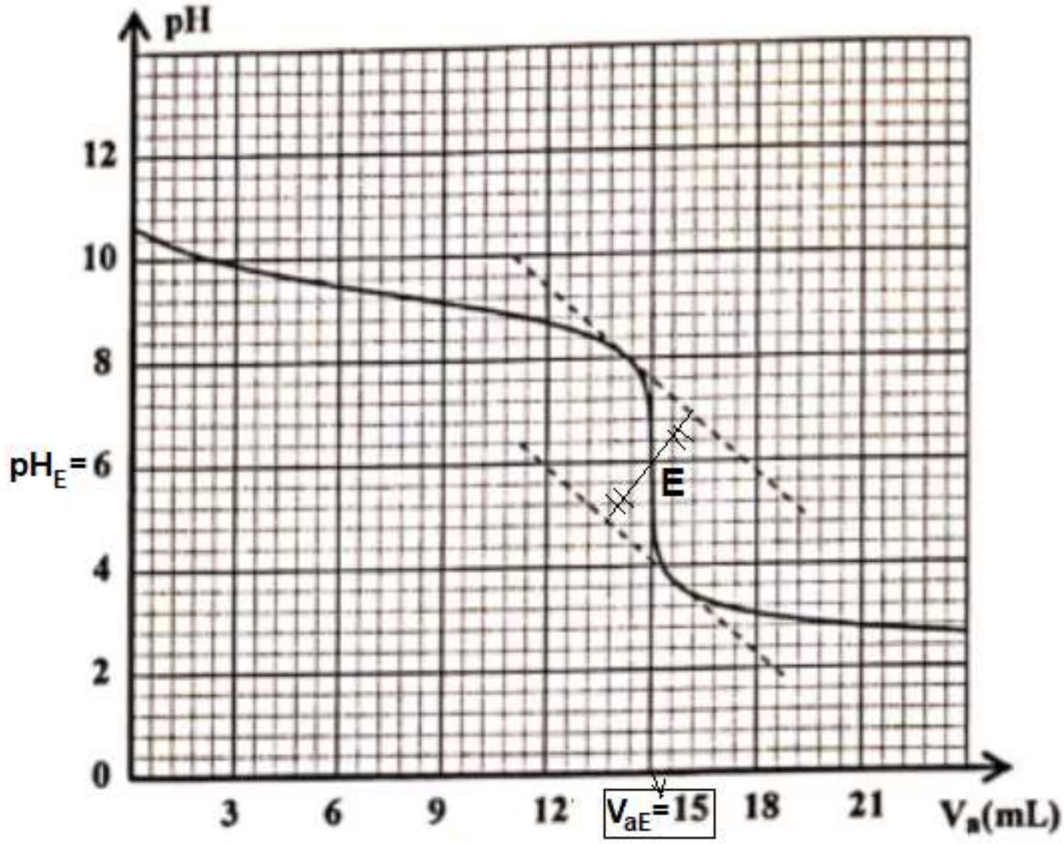


figure 1

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 → $4{,}2 < pH_E < 6{,}2$.

2- Etude de la solution S_b :

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

$$NH_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows NH_4^+{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

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

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

$$K_e = [H_3O^+].[HO^-] \Longrightarrow [HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} \Longrightarrow [HO^-] = \frac{K_e}{10^{-pH}} \Longrightarrow \boxed{[HO^-] = 10^{pH}.K_e}$$

$$[HO^-] = 10^{10,6} \times 10^{-14} \Longrightarrow \boxed{[HO^-] = 3{,}98.10^{-4}\ mol.L^{-1}}$$

2-3- Le taux d'avancement final :

L'expression de τ :

$$\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}}$$

Le tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$NH_{3\,(aq)}$	$+ \ H_2O_{(l)}$	$\rightleftarrows \ NH_{4\,(aq)}^+$	$+ \ H_3O^+_{(aq)}$
Etat du système	Avancement	Quantité de matières en (mol)			
Etat initial	0	$C_b.V$	En excès	0	0
Etat intermédiaire	x	$C_b.V - x$	En excès	x	x
Etat final	$x_{éq}$	$C_b.V - x_{éq}$	En excès	$x_{éq}$	$x_{éq}$

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

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

$$\tau = \frac{[HO^-].V}{C_b.V} = \frac{[HO^-]}{C_b} \Longrightarrow \tau = \frac{3{,}98.10^{-4}}{10^{-2}} = 3{,}98.10^{-2} \Longrightarrow \boxed{\tau = 3{,}98\ \%}$$

2-4-Vérification de $Q_{r,éq}$:

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

$$Q_{r,éq} = \frac{[NH_4^+]_{éq}.[HO^-]_{éq}}{[NH_3]_{éq}}$$

$$[NH_4^+]_{éq} = [HO^-]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} \quad ; \quad [NH_3]_{éq} = \frac{C_b.V - x_{éq}}{V} = C_b - \frac{x_{éq}}{V} = C_b - [HO^-]_{éq}$$

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

AN: $$Q_{r,éq} = \frac{(3{,}98.10^{-4})^2}{10^{-2} - 3{,}98.10^{-4}} \Longrightarrow \boxed{Q_{r,éq} = 1{,}65.10^{-5}}$$

2-5- La valeur du pK_A :

$$K_A = \frac{[NH_3]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}{[NH_4^+]_{éq}}.\frac{[HO^-]_{éq}}{[HO^-]_{éq}} = \frac{[NH_3]_{éq}}{[NH_4^+]_{éq}.[HO^-]_{éq}}.K_e \Longrightarrow K_A = \frac{K_e}{Q_{r,éq}}$$

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

A.N : $$pK_A = -\log\left(\frac{10^{-14}}{1{,}65.10^{-5}}\right) = 9{,}22 \Longrightarrow \boxed{pK_A \approx 9{,}2}$$

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 :

$$(+)\ \ \mathbf{Ag_{(s)}/Ag^{+}_{(aq)}\ //\ Cr^{3+}_{(aq)}/Cr_{(s)}}\ \ (-)$$

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

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

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

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

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

Le tableau d'avancement :

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

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

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

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

$$\Delta m(Cr) = -\frac{5{,}79 \times 52}{3 \times 96500} = -1{,}04.10^{-3}\ g \Longrightarrow \boxed{\Delta m(Cr) = -1{,}04\ mg}$$

Exercice II

Propagation des ondes

I –1- B

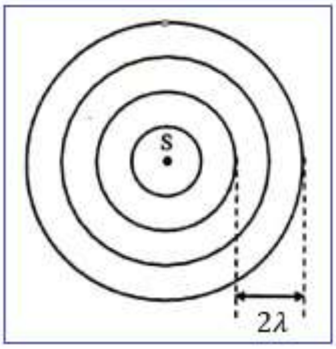
2- C

3- C

4- D

5- D

II – 1- La longueur d'onde λ :



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

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

2- La fréquence N :

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

3- Le retard temporel τ :

$$V = \frac{SM}{\tau} = \frac{d}{\tau} \Longrightarrow \boxed{\tau = \frac{d}{V}}$$

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

Exercice III

1- L'équation de désintégration :

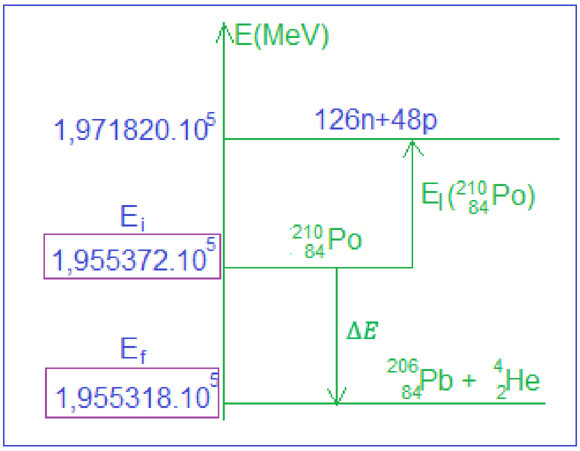
$$^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

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

$$^{A}_{Z}\text{Pb} = {}^{206}_{82}\text{Pb}$$

$$^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

2-1-L'énergie libérée E_b :



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

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

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

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

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

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

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

3- La constante radioactive λ :

$$\boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}} \Longrightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{138 \times 24 \times 3600} \Longrightarrow \boxed{\lambda = 5{,}81.10^{-8}\ s^{-1}}$$

4- L'instant t_1:

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

$$t_1 = \frac{138}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{3{,}5.10^{11}}{3{,}7.10^{4}}\right) = 3197{,}92\text{jours} \Longrightarrow \boxed{t_1 \approx 3198 \text{ Jours}}$$

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 : $u_L = L . \frac{di}{dt} + r . i$; $u_R = R . i$

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

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

2- La valeur de r :

En régime permanent on a :

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

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

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

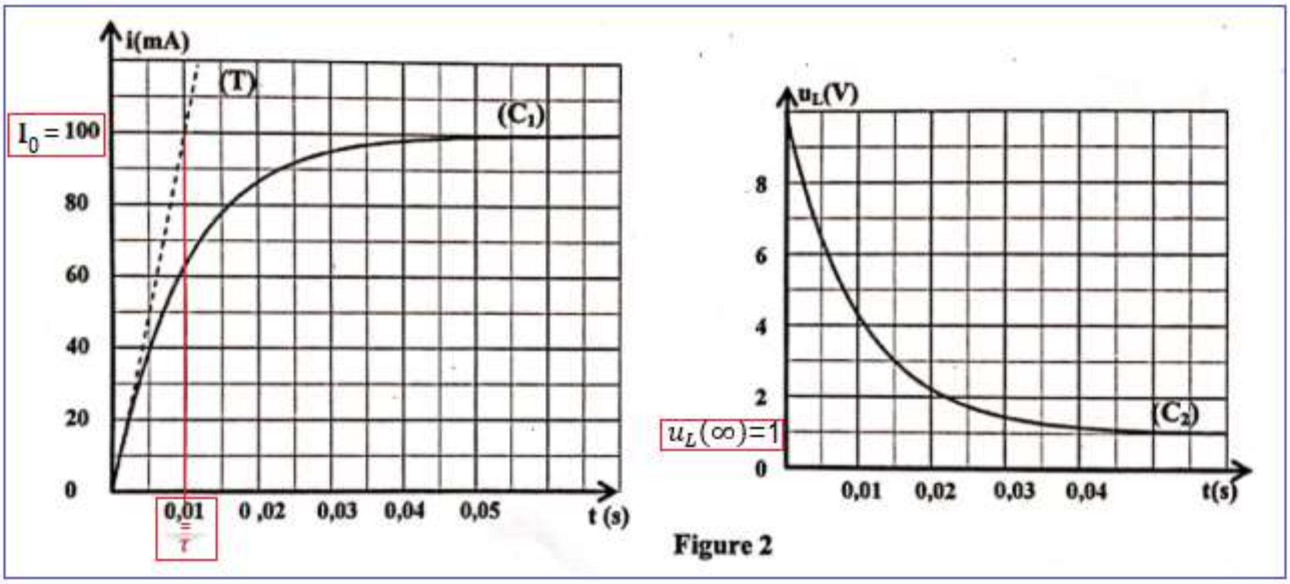


Figure 2

3- La vérification de la valeur de L :

D'après la courbe $\mathrm{C_1}$ de la figure 2 graphiquement on a : $\tau = 0{,}01\ \mathrm{s}$.

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

$\mathbf{II}$ – Décharge d'un condensateur dans un dipôle $\mathbf{RL}$:

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

Pseudopériodique (car l'amplitude des oscillations diminues 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 : $u_L = L.\frac{di}{dt} + r.i\ ;\ \ u_R = R.i$

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

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

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

3- La capacité du condensateur C :

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

$$T_0^2 = 4\pi^2 L.C \Longrightarrow \boxed{C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 L}}$$

Graphiquement la valeur de la pseudopériode :

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

$$C = \frac{(10 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 1} = 2{,}5.10^{-6}\ \text{F} \implies \boxed{C = 2{,}5\ \mu\text{F}}$$

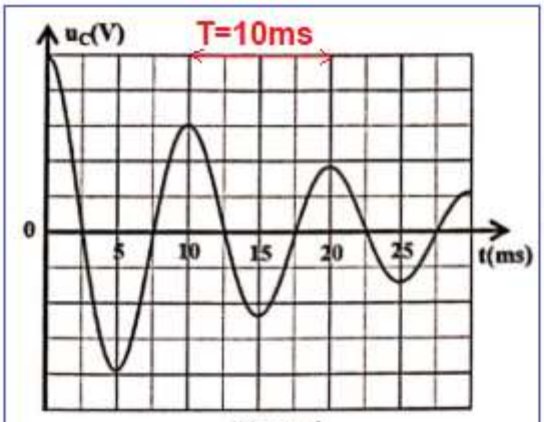


Figure 4

III – Entretient des oscillations :

1- La valeur de k_0 :

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

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

Selon la question II – 2 on a :

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

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

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

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

3- Les valeurs de I_m , T_0 et φ :

Graphiquement, selon la figure 6 : $\boxed{T_0 = 10\ \text{ms}}$ et $\boxed{I_m = 8\ \text{mA}}$

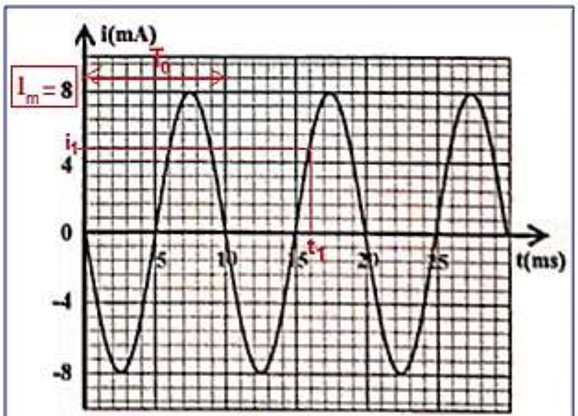


Figure 6

L'expression de l'intensité du courant :

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

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

On détermine φ en utilisant les conditions initiales : $i(0) = 0$ et $\frac{di}{dt}(0) < 0$

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

3- L'énergie totale E_t :

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

$$\boxed{E_T = \frac{1}{2}L.I_m^2} \Longrightarrow E_T = \frac{1}{2} \times 1 \times (8.10^{-3})^2 \Longrightarrow \boxed{E_T = 3{,}2.10^{-5}\ J}$$

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

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

$$E_T = E_{m1} + E_{e1} \quad \Longrightarrow E_{e1} = E_T - E_{m1} \Longrightarrow \boxed{E_{e1} = E_T - \frac{1}{2}L.i_1^2}$$

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

$$E_{e1} = 3{,}2.10^{-5} - \frac{1}{2} \times 1 \times (4{,}8.10^{-3})^2 2{,}048.10^{-5} J$$

$$\boxed{E_{e1} \approx 2{,}05.10^{-5}\ J}$$

Exercice V

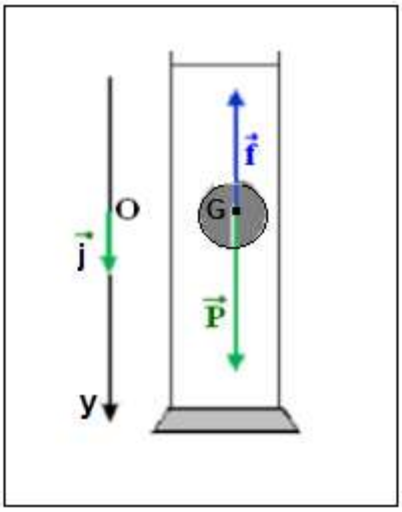
1- L'équation différentielle du mouvement :

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 :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}_G \iff \vec{P} + \vec{f} = m.\vec{a}_G$$

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

$$P - f = m.a_G$$

$$m.g - k.V = m.\frac{dV}{dt} \Longrightarrow \boxed{\frac{dV}{dt} + \frac{k}{m}.V = g}$$

2-Lexpression de la vitesse limite V_ℓ :

Quand la bille atteint sa vitesse limite, la vitesse reste constante $V = V_\ell =$ cte donc : $\frac{dV}{dt} = 0$ l'équation différentielle s'écrit : $\frac{k}{m}.V_\ell = g$ on déduit : $\boxed{V_\ell = \frac{m.g}{k}}$

3- La détermination graphique de V_ℓ :

Graphiquement, selon la figure 2, en régime permanant la vitesse limite de la bille est : $\boxed{V_\ell = 1{,}5\ \mathrm{m.s^{-1}}}$

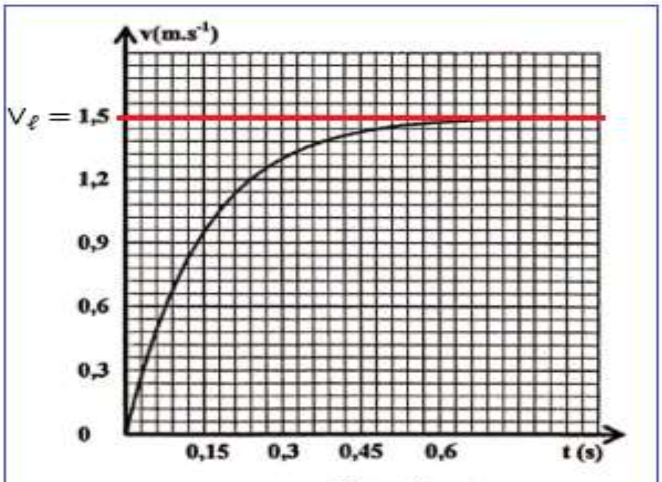


Figure 2

4- La vérification de l'équation différentielle :

L'équation différentielle : $\frac{dV}{dt} = g - \frac{k}{m}.V$

On a : $V_\ell = \frac{g.m}{k} \Longrightarrow \frac{V_\ell}{g} = \frac{m}{k} \Longrightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{V_\ell}$, on remplace dans l'équation différentielle : $\frac{dV}{dt} = g - \frac{V_\ell}{g}.V$

A.N: $\frac{dV}{dt} = 10 - \frac{10}{1{,}5}.V \Longrightarrow$

$\boxed{\frac{dV}{dt} = 10 - 6{,}67.V}$

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 : $a_1 = 10 - 6{,}67 \times 0{,}150 \Longrightarrow \boxed{a_1 = 9{,}00\mathrm{m.s^{-2}}}$

5-2- La vitesse V_3 à t_3 :

D'après la méthode d'Euler : $V_{i+1} = a_i.\Delta t + V_i \xrightarrow{i=2} V_3 = a_2.\Delta t + V_2$

A.N : $V_3 = 8{,}10 \times 0{,}015 + 0{,}285 \Longrightarrow \boxed{V_3 \approx 0{,}406\ \mathrm{m.s^{-1}}}$