# تصحيح الامتحان الوطني الدورة العادية 2022

## العلوم الفيزيائية خيار فرنسية

www.pc1.ma

www.svt-assilah.com

## Exercice 1 :

### Partie 1 : chromage d'une plaque d'acier par électrolyse

1. Identification de l'électrode qui joue le rôle de la cathode :

La réduction de l'ion chrome (III) se fait au niveau de la cathode.

La plaque d'acier joue le rôle de la cathode.

2.1. A

L'équation de la réaction au niveau de l'électrode de graphite s'écrit :

$$2H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows O_{2\,(g)} + 4\,H^+_{(aq)} + 4e^-$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | $2H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$ | B | $Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftarrows Cr_{(s)}$ |
| C | $2O^{2-}_{(aq)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4e^-$ | D | $2H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 2H_{2(g)}$ |

2.2. B

L'équation de la réaction au niveau de l'électrode d'acier s'écrit :

$$Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftarrows Cr_{(s)}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | $2H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$ | B | $Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftarrows Cr_{(s)}$ |
| C | $Cr^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Cr_{(s)}$ | D | $2H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 2H_{2(g)}$ |

3. Détermination de $m(Cr)$ :

Tableau d'avancement de la réaction qui se produit au niveau de la cathode :

| Equation de la réaction | $Cr^{3+}_{(aq)}$ | $\rightleftarrows$ | $Cr_{(s)}$ | $+\ 3e^-$ | $n(e^-)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Etat initial | $n_0(Cr^{3+})$ | --- | 0 | --- | 0 |
| Pendant la durée Δt | $n_0(Cr^{3+}) - x$ | --- | x | --- | 3x |

$$\begin{cases} n(e^-) = 3x \\ n(e^-) = \dfrac{I.\Delta t}{F} \end{cases} \Longrightarrow 3x = \frac{I.\Delta t}{F} \Longrightarrow x = \frac{I.\Delta t}{3F}$$

$$\begin{cases} n(Cr^{3+}) = x \\ n(Cr^{3+}) = \dfrac{m(Cr)}{M(Cr)} \end{cases} \Longrightarrow \frac{m}{M(Cr)} = x \Longrightarrow m(Cr) = x.M(Cr)$$

$$m(Cr) = \frac{I.\Delta t.M(Cr)}{3F} \quad \text{A.N:} \quad m(Cr) = \frac{2 \times 2 \times 3600 \times 52}{3 \times 96500} \Longrightarrow \boxed{m(Cr) = 2{,}59\ g}$$

## Partie 2 : Etude d'une solution d'acide propanoïque

### 1-Solution aqueuse d'acide propanoïque

1.1. L'équation de la réaction d'acide propanoïque et l'eau :

$$C_2H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows C_2H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

1.2. Calcul du taux d'avancement final :

Tableau d'avancement :

| Equation de la réaction | | $C_2H_5COOH_{(aq)}$ + | $H_2O_{(\ell)}$ | $\rightleftarrows$ | $C_2H_5COO^-_{(aq)}$ + | $H_3O^+_{(aq)}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Etat du système | Avancement | Quantité de matière en (mol) | | | | |
| Etat initial | 0 | $C_a.V$ | En excès | --- | 0 | 0 |
| intermédiaire | x | $C_a.V - x$ | En excès | --- | x | x |
| Etat d'équilibre | $x_{éq}$ | $C_a.V - x_{éq}$ | En excès | --- | $x_{éq}$ | $x_{éq}$ |

D'après le tableau d'avancement :

$$n_f(H_3O^+) = x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V$$

Le réactif limitant est l'acide : $C_a.V - x_{max} = 0 \implies x_{max} = C_a.V$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+]_{éq}.V}{C_a.V} = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{C_a} \implies \tau = \frac{10^{-pH}}{C_a}$$

$$\tau = \frac{10^{-3,1}}{5.10^{-2}} = 0,0159 \iff \boxed{\tau \simeq 1,6\ \%}$$

-Conclusion : $\tau < 1$ la réaction entre l'acide propanoïque est limitée.

1.3. Expression de $Q_{r,éq}$ en fonction de $C_a$ et $[H_3O^+]_{éq}$ :

$$Q_{r,éq} = \frac{[C_2H_5COO^-]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}{[C_2H_5COOH]_{éq}}$$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{C_A} \implies [H_3O^+]_{éq} = C_A.\tau$$

D'après le tableau d'avancement :

$$[C_4H_9CO_2^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq} = \frac{x_f}{V}$$

$$[C_4H_9CO_2H]_{éq} = \frac{C_a.V - x_f}{V} = C_a - \frac{x_f}{V} = C_a - [H_3O^+]_{éq}$$

$$Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}{}^2}{[C_4H_9CO_2H]_{éq}} \implies \boxed{Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}{}^2}{C_a - [H_3O^+]_{éq})}}$$

-Calcul de valeur de $Q_{r,éq}$ :

On : $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$

$$Q_{r,éq} = \frac{(10^{-pH})^2}{C_a - 10^{-pH}} = \frac{10^{-2pH}}{C_a - 10^{-pH}}$$

A.N : $$Q_{r,éq} = \frac{10^{-2\times 3,1}}{5.10^{-2} - 10^{-3,1}} \Longrightarrow \boxed{Q_{r,éq} = 1,28.10^{-5}}$$

### 1.4. Déduction de la valeur du $pK_A$ :

On : $$K_A = Q_{r,éq} \Longrightarrow pK_A = -\log K_A = -\log Q_{r,éq}$$

A.N : $$pK_A = -\log(1,28.10^{-5}) = 4,89 \Longrightarrow \boxed{pK_A \approx 4,9}$$

## 2-Dosage d'une solution aqueuse d'acide propanoïque :

### 2.1. Equation de la réaction du dosage :

$$\mathbf{C_2H_5COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightleftarrows C_2H_5COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}}$$

### 2.2. Détermination graphique de $V_{bE}$ :

$$\boxed{V_{bE} = 20\ mL}$$

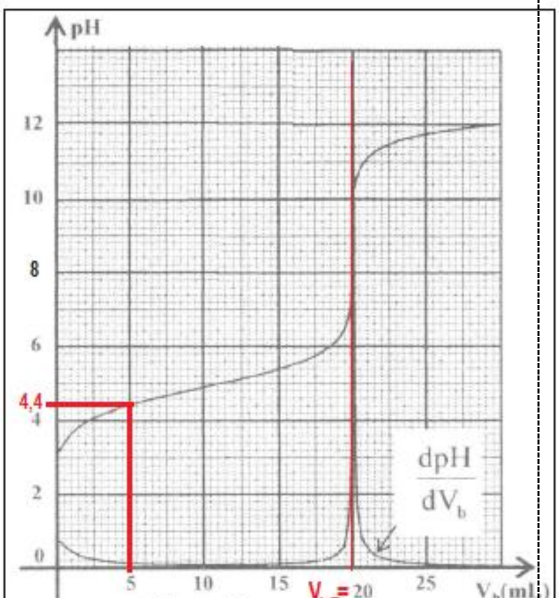


Figure 2

### 2.3. Vérification de la valeur de $C_a$ :

La relation d'équivalence : $C_a.V_a = C_b.V_{bE}$

$$C_a = \frac{C_b.V_{bE}}{V_a}$$

A.N : $$C_a = \frac{5.10^{-2}\times 20.10^{-3}}{20.10^{-3}} = 5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

### 2.4. Détermination de la masse m :

$$C_0 = \frac{m}{M.V} \Longrightarrow m = C_0.M.V$$

La solution $S_0$ de concentration $C_0$ a été diluée 10 fois pour obtenir une solution $S_a$ de concentration $C_a$.

$$\frac{C_0}{C_a} = 10 \Longrightarrow C_0 = 10\ C_a$$

$$m = C_0.M.V \Longrightarrow \boxed{m = 10\ C_a.M.V}$$

A.N : $$m = 10 \times 5.10^{-2} \times 74 \times 1 \Longrightarrow \boxed{m = 37\ g}$$

### 2.5. Le pourcentage de la forme acide dans le mélange :

Graphiquement (figure 2) pour $V_b = 5\ mL$ ; on a : $pH = 4,4$

$$pH = pK_A + \log\frac{[C_2H_5COO^-]_{éq}}{[C_2H_5COOH]_{éq}} \Longrightarrow \log\frac{[C_2H_5COO^-]_{éq}}{[C_2H_5COOH]_{éq}} = pH - pK_A \Longrightarrow \frac{[C_2H_5COO^-]_{éq}}{[C_2H_5COOH]_{éq}} = 10^{pH-pK_A}$$

$$\%\ (C_2H_5COOH) = \frac{[C_2H_5COOH]_{éq}}{[C_2H_5COOH]_{éq} + [C_2H_5COO^-]_{éq}} = \frac{1}{1 + \frac{[C_2H_5COO^-]_{éq}}{[C_2H_5COOH]_{éq}}}$$

$$\boxed{\%\ (C_2H_5COOH) = \frac{1}{1 + 10^{pH-pK_A}}}$$

A.N : $\%\,(C_2H_5COOH) = \frac{1}{1+10^{4,4-4,9}} = 0,7597 \Longrightarrow \boxed{\%\,(C_2H_5COOH) \simeq 76\,\%}$



## Exercice 2 :

### Partie 1 :

1.

1.1. L'onde sonore est une onde transversale : Faux

1.2. L'onde sonore ne se propage pas dans le vide : Vrai

2. La durée $\Delta t$ :

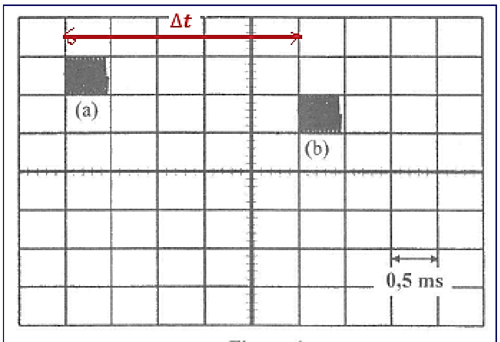


Figure 2

D'après la figure 2 on a : $\Delta \mathbf{t} = 5 \times 0,5\ \mathrm{ms} \Longrightarrow \boxed{\Delta \mathbf{t} = 2,5\ \mathrm{ms}}$

3. La célérité $v$ :

$$v = \frac{L}{\Delta t} \qquad \text{A.N:} \qquad v = \frac{85.10^{-2}}{2,5.10^{-3}} \Longrightarrow \boxed{v = 340\ \mathrm{m.s^{-1}}}$$

### Partie 2 :

1. L'équation de désintégration de l'iode 131 :

$$\mathbf{{}^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e}$$

Loi de Soddy :

$$\begin{cases} 131 = A + 0 \\ 53 = Z - 1 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} A = 131 \\ Z = 53 + 1 = 54 \end{cases}$$

Le noyau produit est le Xénon : ${}^{A}_{Z}X = {}^{131}_{54}Xe$

L'équation de désintégration de l'iode 131 s'écrit :

$${}^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e$$

2. L'énergie libérée $|\Delta E|$ :

$$\Delta E = [m({}^{131}_{54}Xe) + m({}^{0}_{-1}e) - m({}^{131}_{53}I)].c^2$$
$$\Delta E = (130,905082 + 5,48580.10^{-4} - 130,906125)u.c^2$$
$$\Delta E = -4,9442.10^{-4} \times 931,5\ \mathrm{MeV.c^{-2}.c^2} = -0,46055223\ \mathrm{MeV}$$
$$\boxed{|\Delta E| \simeq 0,46055\ \mathrm{MeV}}$$

3.

3.1. Détermination graphique de $t_{1/2}$ :

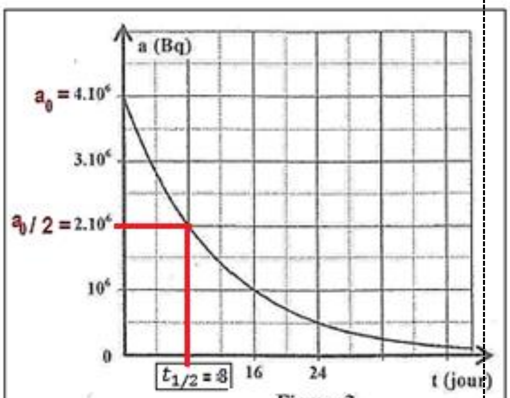


Figure 3

A l'instant $t_{1/2}$ on a : $a(t_{1/2}) = \frac{a_0}{2} = 2.10^6\ \mathrm{Bq}$

D'après la figure 3 on trouve :

$$\boxed{t_{1/2} = 8\ \text{jours}}$$

### 3.2. Le nombre $N_0$ :

$$a_0 = \lambda . N_0$$

Avec : $$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$a_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} . N_0 \Longrightarrow \ln 2 . N_0 = a_0 . t_{1/2} \Longrightarrow \boxed{N_0 = \frac{a_0 . t_{1/2}}{\ln 2}}$$

A.N : $$N_0 = \frac{4.10^6 \times 8 \times 24 \times 3600}{\ln 2} = 3{,}989.10^{12} \Longrightarrow \boxed{N_0 \simeq 3{,}99.10^{12}}$$

### 3.3. L'instant $t_1$ :

A l'instant $t_1$ on a 95% des noyaux d'iode 131 sont désintégrés, il reste 5% des noyaux ; $N(t_1) = \frac{5}{100} . N_0 = 0{,}05\ N_0 \Longrightarrow \frac{N(t_1)}{N_0} = 0{,}05$

D'après la loi de décroissance nucléaire : $N(t) = N_0 . e^{-\lambda . t}$

$$N(t_1) = N_0 . e^{-\lambda . t_1} \Longrightarrow \frac{N(t_1)}{N_0} = e^{-\lambda . t_1} \Longrightarrow \ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right) = -\lambda . t_1$$

$$\ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right) = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} . t_1 \Longrightarrow \boxed{t_1 = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} . \ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right)}$$

A.N : $$t_1 = -\frac{8}{\ln 2} . \ln(0{,}05) \Longrightarrow \boxed{t_1 = 34{,}575 \text{ jours}}$$



## Exercice 3 :

### 1. Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension

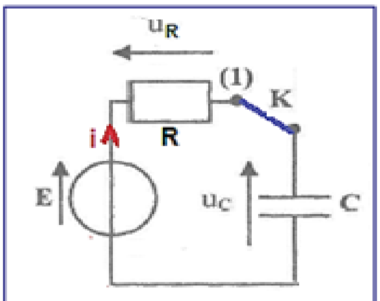


Figure 1

### 1.1. Vérification de l'équation différentielle :

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

D'après la loi d'ohm : $u_R = R . i$ avec : $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C.u_C)}{dt} = C . \frac{du_C}{dt}$

$$RC . \frac{du_C}{dt} + u_C = E \Longrightarrow \boxed{\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = \frac{E}{RC}}$$

### 1.2.1. L'expression de $i(t)$:

$$i(t) = C . \frac{du_C}{dt} = C . \frac{d\left[E\left(1 - e^{-\frac{t}{R.C}}\right)\right]}{dt} = \frac{C.E}{R.C} . e^{-\frac{t}{R.C}} \Longrightarrow \boxed{i(t) = \frac{E}{R} . e^{-\frac{t}{R.C}}}$$

### 1.2.2. La valeur de $R$ :

$$i(0) = \frac{E}{R} . e^0 = \frac{E}{R} \Longrightarrow R = \frac{E}{i(0)}$$

D'après la figure 2 - la valeur de l'intensité du courant $t = 0$ est : $i(0) = 12\ mA$

- En régime permanent la valeur de la tension est : $uc = E = 12\ V$

A.N : $$R = \frac{12}{12.10^{-3}} = 10^3\ \Omega \Longrightarrow \boxed{R = 1\ k\Omega}$$

### 1.2.3. La valeur de C :

Graphiquement la constante de temps : $\tau = 50\ \text{ms}$

$$\tau = R.C \Longrightarrow C = \frac{\tau}{R} \quad \text{A.N:} \quad C = \frac{50.10^{-3}}{10^3} = 50.10^{-6}\ F \Longrightarrow \boxed{C = 50\ \mu F}$$

## 2. Oscillation libres dans un circuit RLC série

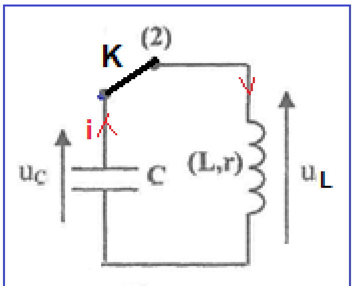


Figure 2

### 2.1. Premier cas : $(r = 0)$

### 2.1.1. L'équation différentielle :

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

D'après la loi d'ohm : $u_L = L\frac{di}{dt}$ avec :

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

$$L\frac{di}{dt} + u_C = 0 \Longrightarrow LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C = 0 \Longrightarrow \boxed{\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC}.u_C = 0}$$

### 2.1.2. La courbe qui représente la tension $u_C(t)$ :

Dans le circuit idéal LC les oscillations libres sont périodiques.

A $t = 0$ ; le condensateur est totalement chargé $u_C(0) = E = 12\ V$ ; sachant que (r=0) l'amplitude des oscillations reste constante, donc la courbe qui représente l'évolution de la tension $u_C(t)$est $(C_1)$.

### 2.1.3.a. L'expression de $T_0$ en fonction de L et C :

$$u_C(t) = U_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) \Longrightarrow \frac{du_C}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0}.U_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) \Longrightarrow \frac{d^2u_C}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 U_0.\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}\right) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 u_C(t)$$

On remplace l'expression de $\frac{d^2u_C}{dt^2}$ dans $\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC}.u_C = 0$

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 u_C(t) + \frac{1}{LC}.u_C(t) = 0 \Longrightarrow \left[-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 + \frac{1}{LC}\right].u_C(t) = 0 \Longrightarrow -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 + \frac{1}{LC} = 0$$

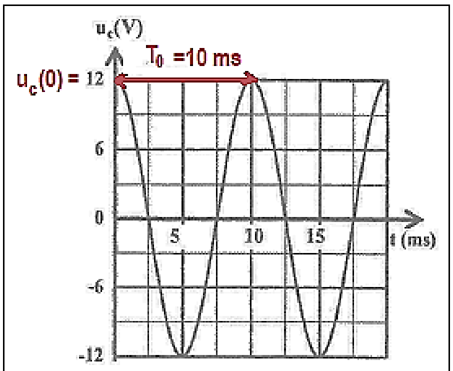
$$\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{1}{LC} \Longrightarrow \frac{2\pi}{T_0} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Longrightarrow \frac{T_0}{2\pi} = \sqrt{LC} \Longrightarrow \boxed{T_0 = 2\pi.\sqrt{LC}}$$

### 2.1.3.b. La valeur de L :

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

D'après la courbe $(C_1)$ la période propre est : $T_0 = 10\ \text{ms}$

A.N : $$L = \frac{(10.10^{-3})^2}{4\times10\times50.10^{-6}} \Longrightarrow \boxed{L = 0{,}05\ H}$$



$(C_1)$

### 2.2. Deuxième cas : $(r \neq 0)$

2.2.1. L'expression de l'énergie totale $E_t$ :

$$E_t = E_e + E_m \Longrightarrow \boxed{E_t = \frac{1}{2}C.u_C{}^2(t) + \frac{1}{2}L.i^2(t)}$$

2.2.2. L'énergie dissipée $\Delta E$ :

A $t_0 = 0$ d'après la courbe de la figure 4, on a : $u_C(t_0) = 12\ V$ et $i(t_0) = 0$

$$E_0 = E_e(t_0) + E_m(t_0)E_t = \frac{1}{2}C.u_C{}^2(t_0) + \frac{1}{2}L.i^2(t_0)$$

$$E_0 = \frac{1}{2} \times 50.10^{-6} \times 12^2 + \frac{1}{2} \times 0,05 \times 0^2$$

$$E_0 = 3,6.10^{-3}\ J$$

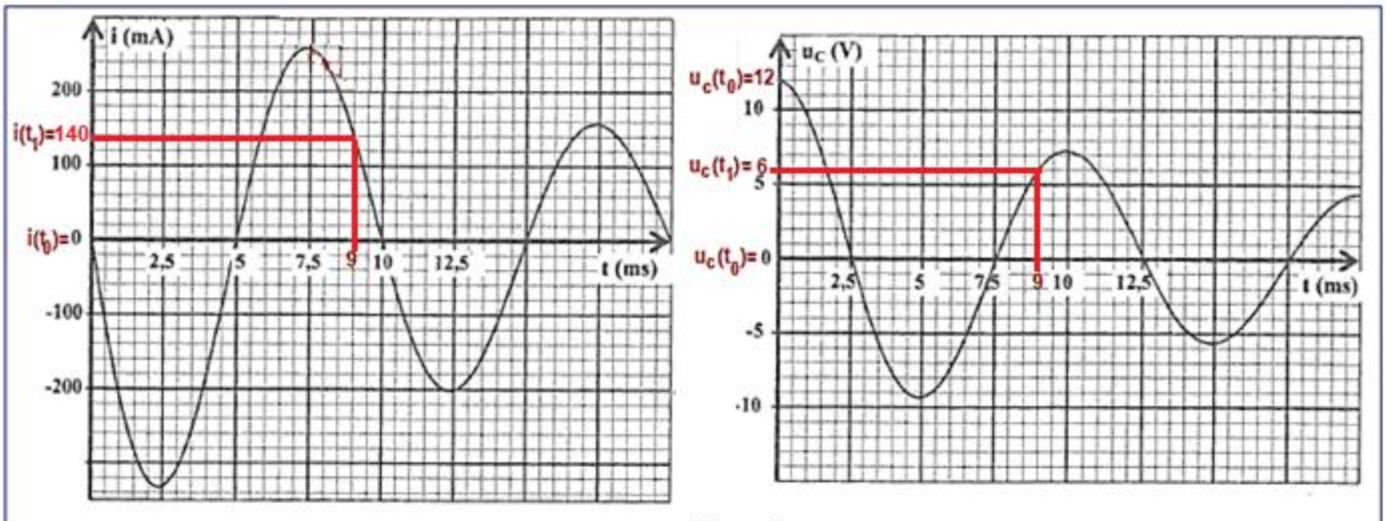


Figure 4

A $t_1 = 9\ ms$ d'après la courbe de la même figure, on a : $u_C(t_1) = 6\ V$ et $i(t_1) = 140\ mA$

$$E_1 = E_e(t_1) + E_m(t_1) = \frac{1}{2}C.u_C{}^2(t_0) + \frac{1}{2}L.i^2(t_0)$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \times 50.10^{-6} \times 6^2 + \frac{1}{2} \times 0,05 \times (140.10^{-3})^2$$

$$E_0 = 1,39.10^{-3}\ J$$

$$\Delta E = E_1 + E_0 \Longrightarrow \Delta E = 1,39.10^{-3} - 3,6.10^{-3} = -2.21.10^{-3}\ J$$

$$\boxed{\Delta E = -2,21\ mJ}$$


www.svt-assilah.com

## Exercice 4

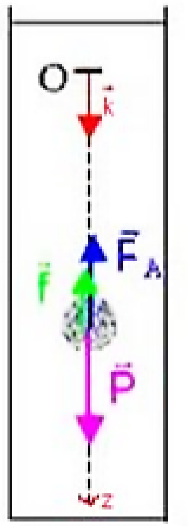
### Partie 1 : Etude de la chute d'une bille dans un liquide visqueux

1. Le régime correspondant à chaque zone :

Zone 1 → régime initial

Zone 2 → régime permanent

## 2. L'équation différentielle :




Le système étudié : {la bille }

Bilan des forces :

$\vec{P}$ : poids du solide ;

$\vec{F}_a$ : la poussée d'Archimède ;

$\vec{f}$ : la force de frottement fluide ;

Application de la deuxième loi de Newton :

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

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

$$P_z + F_z + R_z = m.a_z \;\Leftrightarrow P - F_A - f = m.a_G$$

$$m.g - \rho_r.V.g - k.v = m.\frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_r.V}{m}\right) \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_r.V}{\rho_a.V}\right) \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_a}\right)$$

On pose: $\frac{1}{\tau} = \frac{k}{m} \Rightarrow \tau = \frac{m}{k}$ L'équation différentielle s'écrit :

$$\boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau}v = g\left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_a}\right)}$$

## 3.1. La valeur de $\tau$ :

D'après la figure 2 on a : $\boldsymbol{\tau = 0,1\ s}$

## -Déduction de la valeur de $k$ :

$$\tau = \frac{m}{k} \Rightarrow k = \frac{m}{\tau} \qquad A.N: \qquad k = \frac{10.10^{-3}}{0,1} \Rightarrow \boxed{k = 0,1\ kg.s^{-1}}$$

## 3.2. La valeur de $V_\ell$ :

D'après la courbe 2, on a : $\boxed{v_\ell = 0,88\ m.s^{-1}}$

## 4. L'expression de $\rho_r$ :

En régime permanent on a : $v = v_\ell = Cte \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0$ l'équation différentielle s'écrit :

$$\frac{1}{\tau}v_\ell = g\left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_a}\right) \Rightarrow \frac{v_\ell}{\tau.g} = 1 - \frac{\rho_r}{\rho_a} \Rightarrow \frac{\rho_r}{\rho_a} = 1 - \frac{v_\ell}{\tau.g} \Rightarrow \rho_r = \rho_a\left(1 - \frac{v_\ell}{\tau.g}\right)$$

## -Calcul de la valeur de $\rho_r$ :

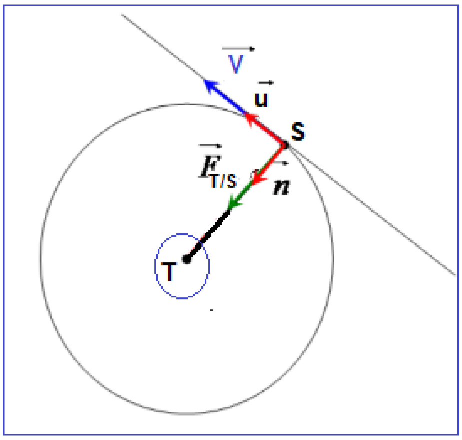
$$\rho_r = 7,8\ g.cm^{-3} \times \left(1 - \frac{0,88\ m.s^{-1}}{0,1\ s \times 10\ m.s^{-2}}\right) = 0,936\ g.cm^{-3} \Rightarrow \boxed{\rho_r \simeq 0,94 g.cm^{-3}}$$

## Partie 2 : Etude du mouvement d'un satellite artificiel

### 1.1. L'expression de l'intensité de la force gravitationnelle : B

$$F_{T/S} = G.\frac{M_T.m_S}{(R_T+h_1)^2}$$

### 1.2. L'expression de la vitesse v :




Le système étudié : {le satellite S }

Bilan des forces :

$\vec{F}_{T/S}$ : la force de gravitation exercée par la Terre ;

Application de la deuxième loi de Newton dans le référentielle géocentrique :

$$\vec{F}_{T/S} = m_S.\vec{a}_S \Longrightarrow G.\frac{M_T.m_S}{(R_T+h_1)^2}\vec{n} = m_S.\vec{a}_S \Longrightarrow \vec{a}_S = \frac{G.M_T}{(R_T+h_1)^2}\vec{n}$$

Dans le référentielle de Fresnel on a : $\vec{a}_S = a_T.\vec{u} + a_N.\vec{n} = \frac{dv}{dt}.\vec{u} + \frac{v^2}{R_T+h_1}.\vec{n}$

$$\begin{cases} \dfrac{d\,v}{dt} = 0 \\ \dfrac{G.M_T}{(R_T+h_1)^2} = \dfrac{v^2}{R_T+h_1} \end{cases}$$

$$v^2 = \frac{G.M_T}{R_T+h_1} \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h_1}}$$

### 1.3. Vérification de la période $T_1$ :

$$v = (R_T+h_1).\omega \Longrightarrow v = \frac{2\pi}{T_1}.(R_T+h_1) \Longrightarrow T_1 = \frac{2\pi(R_T+h_1)}{v}$$

$$2\pi(R_T+h_1).\sqrt{\frac{R_T+h_1}{G.M_T}} \Longrightarrow T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T+h_1)^3}{G.M_T}}$$

A.N : $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{(6380.10^3+1000.10^3)^3}{6{,}67.10^{-11}\times 5{,}97.10^{24}}} = 6312{,}69\ s \Longrightarrow \boxed{T_1 \simeq 1{,}75\ h}$

### 2. Détermination de l'altitude $h_2$ :

D'après la 3éme loi de Kepler : $\frac{T^2}{r^3} = cte$ avec $r$ la trajectoire du rayon circulaire.

$$\frac{T_2^2}{(R_T+h_2)^3} = \frac{T_1^2}{(R_T+h_1)^3}$$

$$\frac{(R_T+h_2)^3}{T_2^2} = \frac{(R_T+h_1)^3}{T_1^2}$$

$$(R_T+h_2)^3 = \frac{T_2^2}{T_1^2}.(R_T+h_1)^3$$

$$R_T + h_2 = \sqrt[3]{\frac{T_2^2}{T_1^2}.(R_T + h_1)^3}$$

$$R_T + h_2 = (R_T + h_1) \times \sqrt[3]{\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2}$$

$$h_2 = (R_T + h_1) \times \sqrt[3]{\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2} - R_T$$

$$h_2 = (6380 + 1000)km \times \sqrt[3]{\left(\frac{24\ h}{1,75h}\right)^2} - 6380\ km \Longrightarrow \boxed{h_2 = 35903,59\ km}$$