

- Exercice 1 -Partie I : Etude de la pile Zinc-Cuivre1- Le quotient de réaction initial :

- L'équation de la réaction : $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \xrightleftharpoons[2]{1} Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

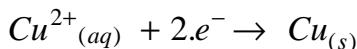
- Par définition : $Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{1} = 1$

2- Sens de l'évolution spontanée :

Puisque $Q_{r,i} = 1 << K = 1,7 \cdot 10^{37}$ alors la réaction a lieu dans le sens \rightarrow .

3- Equation de la réaction au niveau de la cathode :

Au niveau de la cathode ; il y a réduction des ions cuivre Cu^{2+} selon la demi-équation :

4- Masse de Cu déposée pendant $\Delta t = 5h$:

Demi- équation		$Cu^{2+}_{(aq)} + 2.e^- \rightarrow Cu_{(s)}$			Quantité de matière des e^- échangés :
Etat du système	Avancement x (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	$n_0(Cu^{2+})$	\approx	0	0
E. intermédiaire	x	$n_0(Cu^{2+}) - x$	\approx	x	$n(e^-) = 2.x$

- On sait que $I = \frac{Q}{\Delta t}$ avec $Q = n(e^-) \times F$

- D'après le tableau d'avancement : $n(e^-) = 2.x$ et $x = n_t(Cu) = \frac{m(Cu)}{M(Cu)}$

- En combinant ces relations on aboutit à l'expression : $m(Cu) = \frac{I \cdot \Delta t}{2 \cdot F} \cdot M(Cu)$

- A.N : $m(Cu) = \frac{0,3 \times 5 \times 3600}{2 \times 9,65 \cdot 10^4} \times 63,5 \approx 1,02 g$

Partie II : Etude de l'hydrolyse d'un ester1- Hydrolyse de l'éthanoate de méthyle :1-1- Rôle de l'acide sulfurique ajouté :

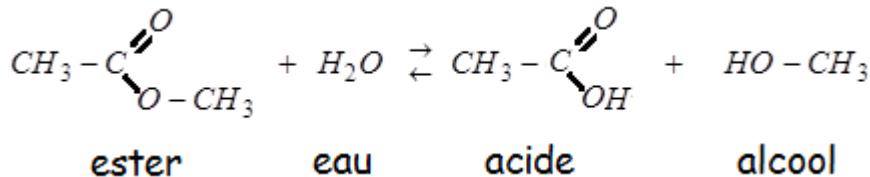
C'est un catalyseur qui permet d'atteindre l'équilibre en diminuant le temps de demi-réaction.

1-2- Caractéristiques de la réaction :

L'hydrolyse d'un ester est une réaction lente et limitée.

1-3- Le montage correspondant : est celui de la figure (A)

1-4- Equation de la réaction :



1-5- Constante d'équilibre K :

- On applique la relation : $K = \frac{[\text{acide}]_{\text{éq}} \times [\text{alcool}]_{\text{éq}}}{[\text{ester}]_{\text{éq}} \times [\text{eau}]_{\text{éq}}}$

- D'après le tableau d'avancement : $K = \frac{x_{\text{éq}} \times x_{\text{éq}}}{(0,6 - x_{\text{éq}}) \times (0,6 - x_{\text{éq}})}$

- A l'équilibre la quantité de l'ester qui reste est : $0,4 = 0,6 - x_{\text{éq}}$; d'où : $x_{\text{éq}} = 0,6 - 0,4 = 0,2 \text{ mol}$

- A.N : $K = \frac{0,2^2}{(0,6 - 0,2)^2} = 0,25$

2- L'hydrolyse basique de l'éthanoate de méthyle :

2-1- Les formules semi-développées :

- Pour A c'est : $\text{HO} - \text{CH}_3$ le méthanol

- Pour B⁻ c'est : $\text{CH}_3 - \text{C} \begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}^- \end{matrix}$ l'ion éthanoate

2-2-1- La conductance $G_{1/2}$:

- D'après l'énoncé on peut écrire : $x(t) = a \cdot G(t) + b$

- Alors lorsque $x = x_{\text{max}}$; on écrit : $x_{\text{max}} = a \cdot G_{\text{max}} + b$ avec $x_{\text{max}} = C_0 \cdot V_0$

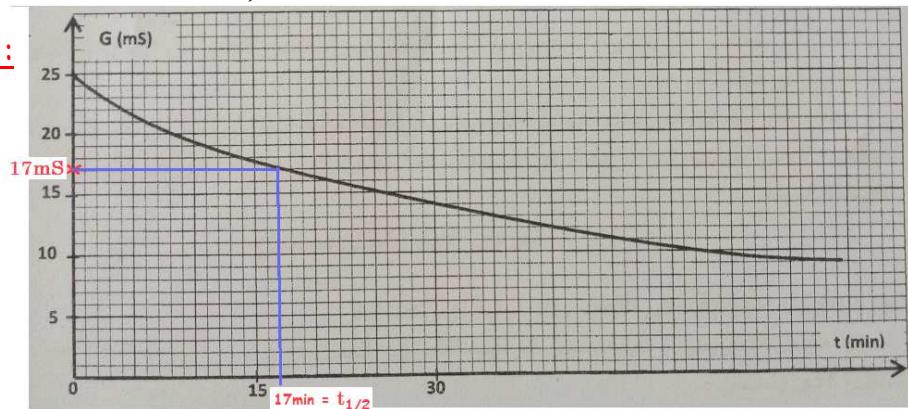
- D'où : $\frac{x_{\text{max}}}{2} = a \times G_{1/2} + b$, ce qui donne : $G_{1/2} = \frac{1}{a} \times \left(\frac{C_0 \cdot V_0}{2} - b \right)$

- A.N : $G_{1/2} = \frac{1}{-6,3 \cdot 10^{-2}} \times \left(\frac{10^{-2} \times 0,1}{2} - 1,57 \cdot 10^{-3} \right) = 0,01698 \text{ S} \approx 17 \text{ mS}$

2-2-2- Temps de demi-réaction :

Par projection on trouve :

$$t_{1/2} = 17 \text{ min}$$



- Exercice2-

Etude de la désintégration du noyau du plutonium 241

1- Equation de désintégration :

- $^{241}_{94}Pu \rightarrow ^{241}_{95}Pu + ^0_{-1}e$
- Type de radioactivité : β^-

2- L'énergie libérée par la désintégration d'un noyau $^{241}_{94}Pu$:

$$\begin{aligned} E_{\text{lib}} = |\Delta E| &= \left| \left(m(^{241}_{95}Am) + m(e^-) - m(^{241}_{94}Pu) \right) \times c^2 \right| \\ &= |241,00471 + 0,00055 - 241,00529| \times u.c^2 \\ &= 3 \cdot 10^{-5} \times 931,5 \text{ MeV} \\ &\approx 0,028 \text{ MeV} \end{aligned}$$

3- Activité a_1 à l'instant $t_1 = 28,70 \text{ ans}$:

- On applique la loi de décroissance : $a(t) = a_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$ avec $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$
- A l'instant t_1 ; l'activité est : $a_1 = a(t_1) = a_0 \times e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t_1}$
- A.N : $a_1 = 3 \cdot 10^6 \times e^{-\frac{\ln 2}{14,35} \times 28,70} = 3 \cdot 10^6 \times e^{-2 \times \ln 2} = \frac{3 \cdot 10^6}{2^2}$

On trouve : $a_1 = 7,5 \cdot 10^5 \text{ Bq}$

- Exercice3-

Partie I: Réponse du dipôle RL à un échelon croissant de tension

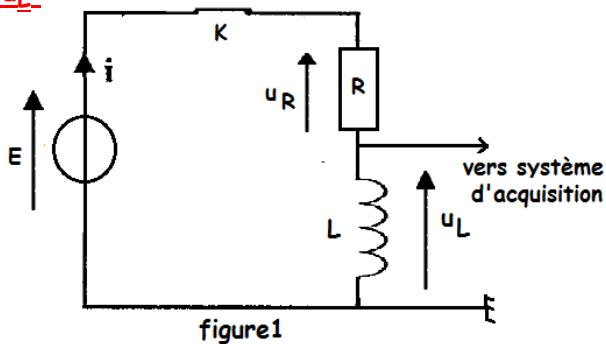
1- Visualisation de la tension u_L :

figure1

2- Equation différentielle vérifiée par $i(t)$:

- D'après la figure1 : $u_L + u_R = E$ (1)
- Dans la convention récepteur : $u_R = R.i$ (2) et $u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$ (3)

- En remplaçant (2) et (3) dans (1), on obtient l'équation différentielle :

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

3- Expression de la tension u_L :

- La solution de cette équation est de la forme : $i(t) = \frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{R \cdot t}{L}})$

- Portons cette expression dans l'expression $u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$:

$$u_L = L \times \frac{d}{dt} \left(\frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{R \cdot t}{L}}) \right) \Rightarrow u_L = L \times \frac{E}{R} \times \frac{R}{L} \times e^{-\frac{R \cdot t}{L}} \Rightarrow u_L(t) = E \cdot e^{-\frac{R \cdot t}{L}}$$

4- Valeur de la tension u_L à $t = \tau$:

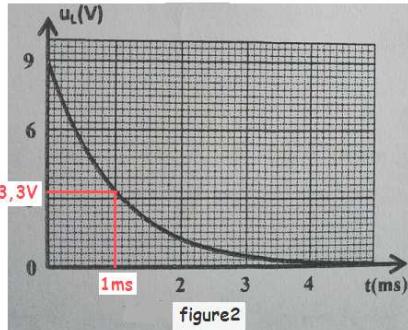
$$- u_L(\tau = \frac{L}{R}) = E \cdot e^{-\frac{R \times L}{L \cdot R}} = E \cdot e^{-1}$$

$$- A.N : u_L(\tau) = 9 \times e^{-1} \approx 3,3V$$

5- * Valeur de τ :

Graphiquement, on trouve : $\tau = 1ms$

* Coefficient d'inductance :



$$- On sait que : \tau = \frac{L}{R} \quad \text{alors} \quad L = \tau \times R$$

$$- A.N : L = 10^{-3} \times 10 = 0,01H$$

Partie II : Réception d'une onde modulée en amplitude

1- La capacité C : pour filtrer l'onde de fréquence $f_0 = 530\text{kHz}$ correspond à (C) :

- Dans le circuit bouchon, on réalise la condition : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$$- On en déduit : C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot L \cdot f_0^2}$$

$$- A.N : C = \frac{1}{4 \times 10 \times 10^{-2} \times (530 \cdot 10^3)^2} \approx 9 \cdot 10^{-12} F = 9 pF$$

2- La capacité C_1 utilisée à l'étage 2 correspond à (B) : $C_1 = 20\mu F$;

Pour avoir une bonne détection d'enveloppe :

- Première condition : $F_p \gg f_s$ est vérifiée car $530\text{kHz} \gg 1\text{kHz}$

- Deuxième condition doit être vérifiée : $T_p \ll \tau < T_s$, avec $\tau = R_1 \cdot C_1$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_1 \cdot F_p} \ll C_1 < \frac{1}{R_1 \cdot f_s}$$

$$A.N : \frac{1}{35 \times 530 \cdot 10^3} \ll C_1 < \frac{1}{35 \times 1 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow C_1 \in [54nF; 30\mu F]$$

3- Rôle de l'étage 3 correspond à (C) :

L'étage 3 permet la suppression de la composante continue du signal détecté à la sortie de l'étage 2.

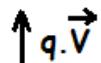
- Exercice 4 -

Partie I : Mouvement d'une particule chargée

1- Trajectoire de chaque particule :

- La charge de la particule He^{2+} est positive : $q = 2.e > 0$
- Le vecteur $q.\vec{V}$ a le même sens que \vec{V}
- Le trièdre $(q.\vec{V}, \vec{B}, \vec{F})$ est direct
- On applique la règle des trois doigts de la main droite :

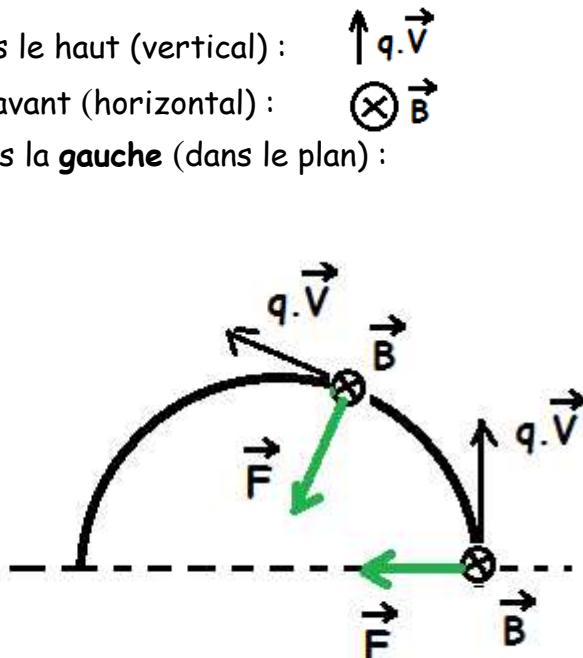
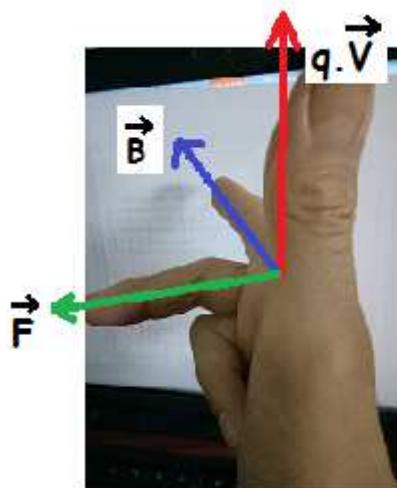
* Le pouce indique le sens de $q.\vec{V}$ vers le haut (vertical) :



* L'index indique le sens de \vec{B} vers l'avant (horizontal) :



* Le majeur indique le sens de \vec{F} vers la gauche (dans le plan) :



- Finalement la trajectoire de la particule He^{2+} est vers la gauche, et celle de la particule O^{2-} est vers la droite.

2- Nature du mouvement de la particule He^{2+} :*** Expression de l'accélération :**

La particule He^{2+} est soumise uniquement à la force de Lorentz : $\vec{F} = 2e\vec{v} \wedge \vec{B}$

Par application de la 2^{ème} loi de Newton dans un référentiel galiléen : $m(\text{He}^{2+})\vec{a} = 2e\vec{v} \wedge \vec{B}$

On en déduit : $\vec{a} = \frac{2e}{m(\text{He}^{2+})}\vec{v} \wedge \vec{B}$;

cette relation montre que le vecteur accélération est perpendiculaire au vecteur vitesse \vec{v} .

*** Energie cinétique de la particule He^{2+} :**

On a : $\frac{dE_c}{dt} = \underbrace{\frac{P}{\text{puissance}}}_{(F)} = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0$ car \vec{F} est perpendiculaire à \vec{v}

Cela prouve que l'énergie cinétique de la particule He^{2+} est constante, et par suite son mouvement est uniforme.

*** Le mouvement de He^{2+} est plan :**

Posons $\vec{B} = B\vec{k}$ alors $\vec{a} = \frac{2eB}{m(\text{He}^{2+})}\vec{v} \wedge \vec{k}$ ce qui montre que la composante a_z de l'accélération

est nulle $a_z = 0$; et par intégration et application des conditions initiales on en déduit que $z = 0$: Donc le mouvement de He^{2+} se fait dans le plan (π).

*** Le mouvement de He^{2+} est circulaire :**

Dans le repère de Fresnel $M(\vec{u}, \vec{n})$; la composante tangentielle de l'accélération est nulle :

$$a = a_n \text{ avec } a = \frac{2eB}{m(\text{He}^{2+})}V \text{ et } a_n = \frac{V^2}{\rho} \quad \rho \text{ est le rayon de courbure}$$

$$\text{On écrit alors : } a = \frac{2eB}{m(\text{He}^{2+})} \times V = \frac{V^2}{\rho} \text{ ou bien : } \rho = \frac{m(\text{He}^{2+}).V}{2eB} = \text{Cte}$$

Donc le mouvement de la particule He^{2+} est circulaire et uniforme, et le rayon de la trajectoire

a pour expression : $R_{\text{He}^{2+}} = \frac{m(\text{He}^{2+}).V}{2.e.B}$

3- Le rapport $R_O^{2-}/R_{\text{He}^{2+}}$:

$$\frac{R_{O^{2-}}}{R_{\text{He}^{2+}}} = \frac{4}{1} = 4$$

4- Masse de la particule O^{2-} :

$$\frac{R_{O^{2-}}}{R_{\text{He}^{2+}}} = \frac{\frac{m(O^{2-}).V}{2.e.B}}{\frac{m(\text{He}^{2+}).V}{2.e.B}} \Rightarrow \frac{m(O^{2-})}{m(\text{He}^{2+})} = 4 \Rightarrow m(O^{2-}) = 4.m(\text{He}^{2+})$$

- A.N : $m(O^{2-}) = 4 \times 6,68 \cdot 10^{-27} \approx 2,67 \cdot 10^{-26} \text{ Kg}$

Partie II : Etude énergétique d'un pendule simple

1- Homogénéité de la relation : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

On utilise l'équation aux dimensions :

- On a $[T_0] = T$ (1)

- On a également $[L] = L$ et $[g] = LT^{-2}$

Alors $\left[2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \right] = \underbrace{\left[2\pi \right]}_{=1} \times \left[\sqrt{\frac{L}{g}} \right] = \frac{[L]^{1/2}}{[g]^{1/2}} = \frac{L^{1/2}}{L^{1/2} \times T^{-1}} = T$ (2)

Donc (1) et (2) affirment que T_0 et $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ont la même dimension : la relation $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ est homogène.

2- La période T_0 et le déphasage ϕ :

* On a $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$; A.N : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{2}{9,8}} \approx 2,84s$

* On a $\theta(t) = \theta_{\max} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi\right)$ et à $t = 0$: $\theta(0) = \theta_{\max} \cdot \cos(\phi) = 0$ alors $\cos(\phi) = 0$

Ce qui donne : $\phi = \pi/2 \text{ rad}$ ou encore $\phi = -\pi/2 \text{ rad}$

A $t=0$: le mobile démarre dans le sens positif, donc sa vitesse angulaire initiale est positive :

$$\dot{\theta}(t) = -\frac{2\pi}{T_0} \theta_{\max} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi\right) \text{ et } \dot{\theta}(0) = -\frac{2\pi}{T_0} \theta_{\max} \cdot \sin(\phi) > 0$$

Cela exige que $\sin(\phi) < 0$ ou bien $\underline{\phi = -\pi/2 \text{ rad}}$

3- Expression de l'énergie potentielle de pesanteur :

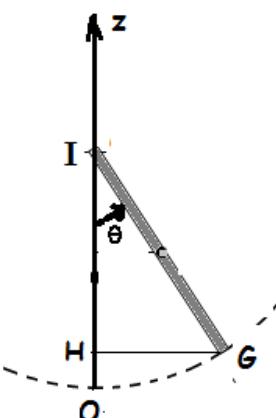
On sait que : $E_{pp} = mg \cdot (\mathcal{Z} - \mathcal{Z}_0)$

avec $\mathcal{Z}_0 = 0$ et $\mathcal{Z} = \mathcal{Z}_H = OI - HI = L - L \cos(\theta)$

alors $E_{pp} = mgL(1 - \cos(\theta)) \approx mgL \cdot \frac{\theta^2}{2}$ car $\cos(\theta) \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$

or $\theta(t) = \theta_{\max} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi\right)$

Finalement : $E_{pp}(t) = \frac{1}{2} mgL \theta_{\max}^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi\right)$



4- Expression de l'énergie mécanique du pendule :

- Energie mécanique :

A tout instant on a : $E_m = Ec(t) + Epp(t)$

* Energie cinétique: $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}^2$ avec $J_\Delta = m.L^2$ et $\dot{\theta}(t) = -\frac{2\pi}{T_0} \theta_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$

$$\Rightarrow E_c = \frac{1}{2} mL^2 \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \theta_{\max}^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

Mais $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ c'est à dire $\frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{g}{L}}$ ou bien $\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{g}{L}$

L'expression de l'énergie cinétique devient : $E_c(t) = \frac{1}{2} m.g.L.\theta_{\max}^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$

* Energie mécanique :

$$Em = \frac{1}{2} m.g.L.\theta_{\max}^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) + \frac{1}{2} m.g.L.\theta_{\max}^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

$$\Rightarrow Em = \frac{1}{2} m.g.L.\theta_{\max}^2 \cdot \left(\underbrace{\sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) + \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)}_{=1} \right)$$

$$\Rightarrow Em = \frac{1}{2} m.g.L.\theta_{\max}^2$$

5- La masse m du corps (S) :

Puisque les frottements sont négligeables, l'énergie mécanique du système se conserve :

$$E_m(t) = E_m(t=0) = Cte$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m.g.L.\theta_{\max}^2 = E_c(t=0) + E_{pp}(t=0)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m.g.L.\theta_{\max}^2 = Ec_0 + 0$$

$$\Rightarrow m = \frac{2.Ec_0}{g.L.\theta_{\max}^2}$$

$$\text{A.N : } m = \frac{2 \times 13,33}{9,8 \times 2 \times 0,20^2} \approx 34 \text{ Kg}$$