

## Chimie : Thème :

On réalise la pile électrochimique (P) dont le schéma est donné par la figure 1, avec  $[Zn^{2+}] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[Cu^{2+}] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Les deux compartiments de la pile ont le même volume  $V = 50 \text{ mL}$ . La mesure de la fem initiale  $E_i$  de la pile (P) donne  $E_i = -1,10 \text{ V}$ .

A un instant  $t = 0$ , on ferme le circuit.

1- Donner le symbole de la pile (P).

2-a- Préciser les couples redox mis en jeu.

b- Ecrire l'équation chimique associée à (P).

3-a- Préciser la polarité de la pile (P).

b- En déduire le sens de circulation du courant dans le circuit extérieur de la pile (P) à travers un conducteur ohmique de résistance R.

4-a- Ecrire les équations des transformations chimiques qui ont lieu au niveau des électrodes de la pile (P).

b- En déduire l'équation bilan de la réaction spontanée qui a lieu lorsque la pile débite.

5- Après une certaine durée de fonctionnement, on ouvre le circuit. La nouvelle concentration de la pile en ions  $Cu^{2+}$  est égale à  $0,07 \text{ mol.L}^{-1}$ .

a- En déduire la nouvelle concentration de la pile (P) en ions  $Zn^{2+}$ .

b- Calculer la masse  $m$  de cuivre déposé au cours de cette transformation.

Donnée :  $M(Cu) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .

On supposera que durant le fonctionnement de la pile, les volumes des solutions restent constants et qu'aucune des deux électrodes ne disparaît complètement.

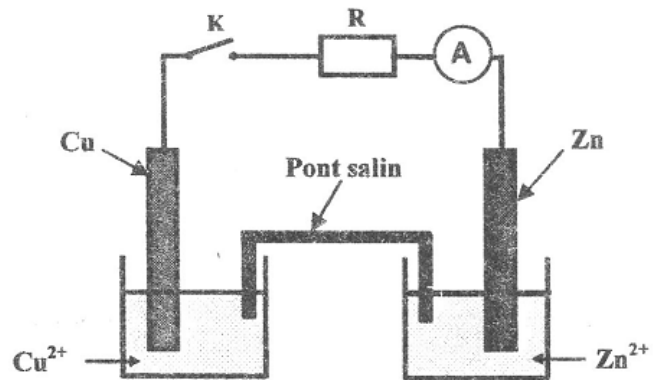


Fig 1

## Physique (15 points)

## Exercice 1 (6 points)

On réalise le montage série de la figure 2, constitué d'une bobine B d'inductance L et de résistance r, d'un conducteur ohmique de résistance  $R_0 = 100 \Omega$ , d'un générateur de tension de fem  $E = 5 \text{ V}$  et d'un interrupteur K.

1- Montrer que l'équation différentielle régissant la variation de l'intensité  $i(t)$  du courant électrique est de la forme :

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = \frac{E}{L}, \text{ avec } \tau = \frac{L}{R_0 + r}.$$

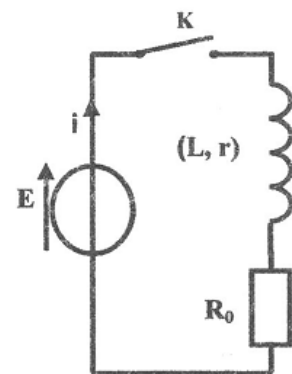


Fig 2

2- Vérifier que :  $i(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$  est solution de cette équation différentielle pour une expression de  $A$  que l'on précisera.

3- Déterminer l'expression de l'intensité maximale  $I_0$  du courant qui circule dans le circuit.

4- A un instant  $t = 0$ , on ferme le circuit. Un oscilloscope permet de suivre l'évolution de la tension  $u_B(t)$  aux bornes de la bobine. Le chronogramme de la figure 3 donne la variation de la tension  $u_B(t)$ , avec  $(\Delta)$  la tangente à la courbe  $u_B(t)$  à l'instant  $t = 0$ .

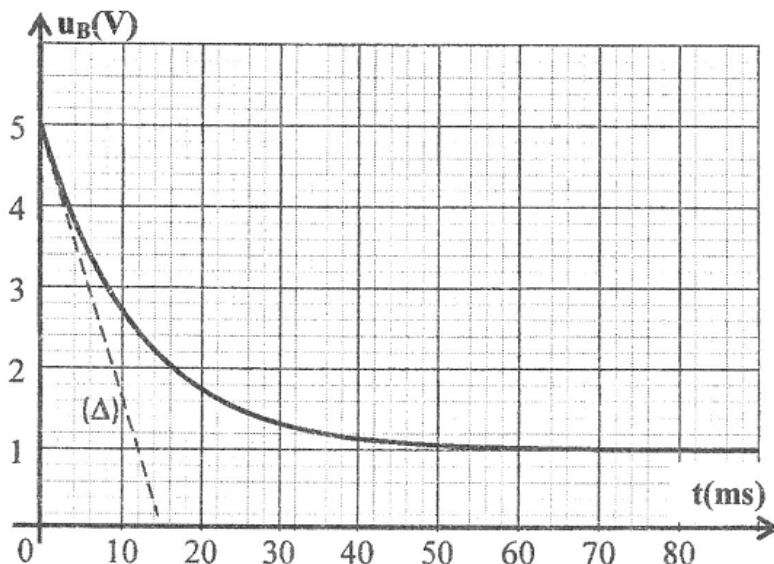


Fig 3

a-Déterminer la valeur de la constante de temps  $\tau$  du dipôle RL, en précisant la méthode utilisée.

b-Evaluer la durée du régime transitoire et la comparer à la valeur de  $\tau$ .

c-Preciser la valeur de la tension aux bornes de la bobine et celle aux bornes du résistor, aux instants  $t_1 = 16 \text{ ms}$  et  $t_2 = 70 \text{ ms}$ .

d- En déduire la valeur de l'intensité maximale  $I_0$  du courant qui circule dans le circuit.

e- Déterminer la valeur de la résistance  $r$  et celle de l'inductance  $L$  de la bobine.

### Exercice 2 (6 points)

I- On considère le montage de la figure 4, constitué d'un amplificateur opérationnel supposé idéal et de deux conducteurs ohmiques de résistances  $R_1$  et  $R_2$ . La tension de polarisation de l'amplificateur est  $\pm U_{\text{Sat}}$ .

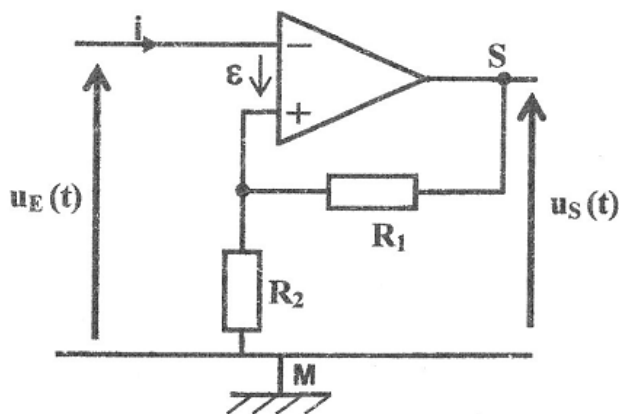


Fig 4

1- a<sub>1</sub>- Montrer, par application de la loi des mailles, que :  $\varepsilon = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_S(t) - u_E(t)$ .

a<sub>2</sub>- Justifier que pour  $\varepsilon > 0$ , on a :  $u_E(t) < \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{Sat}$ .

a<sub>3</sub>- Justifier que pour  $\varepsilon < 0$ , on a :  $u_E(t) > -\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{Sat}$ .

2- En déduire qu'il s'agit d'un comparateur à deux seuils de basculement.

II- A l'amplificateur opérationnel et les conducteurs ohmiques  $R_1$  et  $R_2$  du montage de la figure 4, on associe un condensateur de capacité  $C$  et un conducteur ohmique de résistance  $R$ . On obtient ainsi le montage de la figure 5.

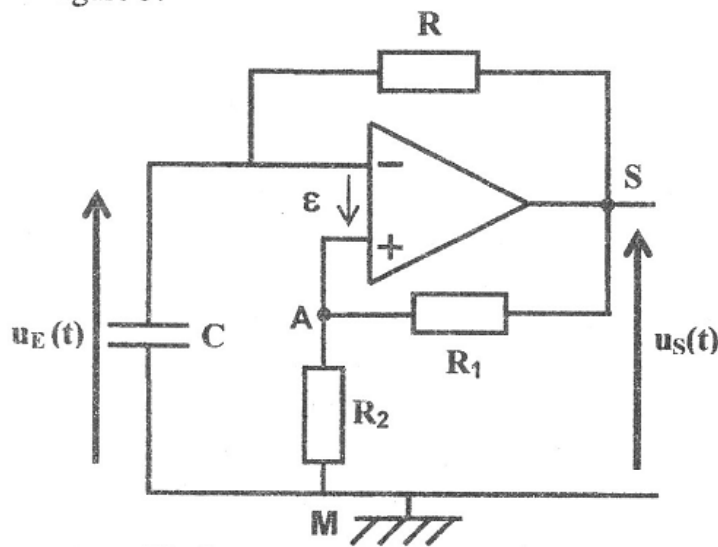


Fig 5

Un oscilloscope, convenablement branché, donne l'évolution des tensions  $u_E(t)$  et  $u_S(t)$ . Après une certaine durée de fonctionnement, on obtient les oscillogrammes  $e_1$  et  $e_2$  de la figure 6.

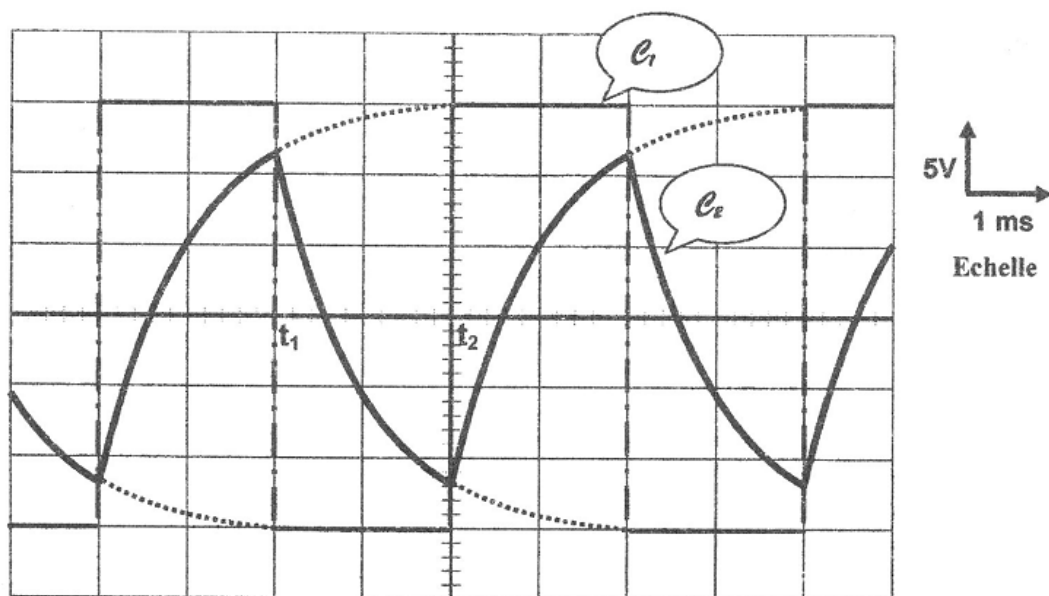


Fig 6

1-a- Justifier que  $e$ , correspond à la tension de sortie  $u_S(t)$ .

b-Préciser ce qui se passe au niveau de la tension de sortie du montage de la figure 5, aux instants  $t_1$  et  $t_2$  mentionnés sur la figure 6.

2- Par exploitation des oscillogrammes de la figure 6 :

a-préciser les valeurs des seuils de basculement bas  $u_{BH}$  et haut  $u_{HB}$  du multivibrateur,

b-donner les valeurs des tensions des niveaux bas  $E_B$  et haut  $E_H$  du multivibrateur, lors de son fonctionnement,

c- donner la durée  $T_1$  du niveau haut et la durée  $T_2$  du niveau bas du multivibrateur,

d- en déduire la valeur du rapport cyclique  $\delta = \frac{T_1}{T}$ , avec  $T = T_1 + T_2$ ,

e- déterminer la valeur de la résistance  $R$  du conducteur ohmique sachant que :

$$T_1 = T_2 = RC \cdot \text{Log} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right), \text{ avec } R_2 = 4R_1 \text{ et } C = 0,1 \mu\text{F}.$$

Exercice 3 (3 points)

### Etude d'un document scientifique

#### Le son

Les physiologistes s'accordent à dire que l'oreille humaine moyenne ne perçoit les sons que dans une plage de fréquences située entre 16 Hz et 20 kHz. Cette plage de fréquences est appelée le spectre sonore audible. La sensibilité de l'oreille humaine diminue progressivement aux fréquences extrêmes et varie selon les individus. En effet, la perception des aigues diminue notamment avec l'âge et celle des graves se confond, finalement, avec celle des vibrations, on ne peut désigner de limite absolue. En dessous de 10 Hz, les vibrations du milieu sont appelées infrasons, au dessus de 20 kHz, on parle d'ultrasons et à partir de 1GHz, c'est l'hyperson. En gros, les sons graves correspondent à une fréquence faible. Par contre, le son aigu correspond à une fréquence élevée. Le son est dit plus "aigu" quand son spectre est centré sur les hautes fréquences.

D'après : Guichetdusavoir.org

#### Questions

1- Donner le domaine des fréquences audibles pour l'être humain.

2- Préciser les fréquences qui caractérisent un son aigu et celles qui caractérisent un son grave.

3- Justifier que l'ultrason est une vibration non audible.

### Chimie

1-Cu | Cu<sup>2+</sup> (0,1 mol.L<sup>-1</sup>) || Zn<sup>2+</sup> (0,1 mol.L<sup>-1</sup>) | Zn

2-a- Cu<sup>2+</sup>/Cu et Zn<sup>2+</sup>/Zn

2-b- Cu + Zn<sup>2+</sup>  $\rightleftharpoons$  Cu<sup>2+</sup> + Zn

3-a- E<sub>f</sub> = V<sub>bd</sub> - V<sub>bg</sub> < 0  $\Rightarrow$  V<sub>bd</sub> < V<sub>bg</sub>, donc la lame de Cu (+) et la lame de Zn (-).

3-b- Dans le circuit extérieur de la pile, le courant circule de la lame de cuivre vers la lame de zinc.

4-a- Au niveau de la lame de cuivre : Cu<sup>2+</sup> + 2e<sup>-</sup>  $\longrightarrow$  Cu

Au niveau de la lame de zinc : Zn  $\longrightarrow$  Zn<sup>2+</sup> + 2e<sup>-</sup>

4-b- L'équation bilan de la transformation spontanée : Zn + Cu<sup>2+</sup>  $\longrightarrow$  Zn<sup>2+</sup> + Cu

5-a- Les deux solutions ont le même volume V=50mL. D'autre part, d'après l'équation bilan, il y a autant d'ions Zn<sup>2+</sup> qui apparaissent que d'ions Cu<sup>2+</sup> qui disparaissent.

Ainsi,  $[Zn^{2+}] = [Zn^{2+}]_0 + \frac{n(Zn^{2+})_{\text{formé}}}{V} = 0,13 \text{ mol.L}^{-1}$ .

5-b- m(Cu) = n(Cu).M(Cu) = ([Cu<sup>2+</sup>]<sub>0</sub> - [Cu<sup>2+</sup>]).V.M(Cu). m(Cu) = 95,25 . 10<sup>-3</sup> g.

### Commentaires :

Un dispositif qui permet d'obtenir du courant électrique grâce à une réaction chimique spontanée est une "pile électrochimique"

Une pile électrochimique débite un courant parce qu'elle est le siège d'une réaction d'oxydoréduction spontanée.

La force électromotrice E d'une pile est la différence de potentiel électrique, en circuit ouvert, entre la borne de droite de la pile et sa borne de gauche. Soit : E = V<sub>bd</sub> - V<sub>bg</sub>

### PHYSIQUE

#### Exercice 1

1-D'après la loi des mailles on a : E - u<sub>B</sub> - u<sub>R0</sub> = 0  $\Rightarrow$  u<sub>B</sub> + u<sub>R0</sub> = E (1)

$$u_B = L \frac{di}{dt} + ri \quad \text{et} \quad u_{R_0} = R_0 i$$

$$(1) \text{ devient } L \frac{di}{dt} + (R_0 + r) i = E \quad (2) \quad \frac{di}{dt} + \frac{(R_0 + r)}{L} i = \frac{E}{L} \quad (2) \Rightarrow$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = \frac{E}{L} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{L}{R_0 + r}$$

$$2- i(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad \frac{di}{dt} = \frac{A}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \frac{A}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{1}{\tau} \cdot A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{E}{L} \Rightarrow A = \frac{\tau E}{L} = \frac{E}{R_0 + r}$$

$$i(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ est solution de l'équation différentielle (2) pour } A = \frac{E}{R_0 + r}.$$

3- 1<sup>ère</sup> méthode :

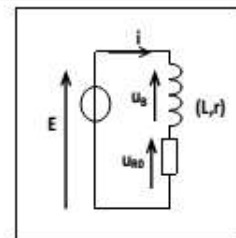
$$i(t) = \frac{E}{R_0 + r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad I_0 = i(t \rightarrow \infty) = \frac{E}{R_0 + r}$$

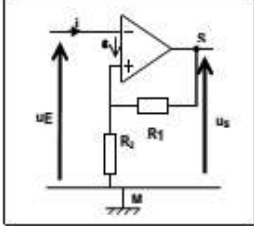
- 2<sup>ème</sup> méthode : En régime permanent, u<sub>B</sub>(t) = rI<sub>0</sub>  $\Rightarrow$  E = (R<sub>0</sub> + r)I<sub>0</sub>  $\Rightarrow$  I<sub>0</sub> = E / (R<sub>0</sub> + r)

4-a- Par la méthode de la tangente, τ = 12 ms.

4-b- Graphiquement, Δt = 60 ms ; Δt ≈ 5τ

4-c- t<sub>1</sub> = 16 ms, u<sub>B</sub>(t<sub>1</sub>) = 2V, E = 5 V donc u<sub>R<sub>0</sub></sub> = 3 V. t<sub>2</sub> = 70 ms, u<sub>B</sub>(t<sub>2</sub>) = 1V, E = 5 V donc u<sub>R<sub>0</sub></sub> = 4 V.



Suite Exercice 1	PHYSIQUE
4-d-	$u_{R_0} = E - u_B(t_2) = R_0 i_0$ <p>En régime permanent on a : <math>u_B(t_2) = 1 \text{ V} \Rightarrow i_0 = \frac{u_{R_0}}{R_0} = 40 \text{ mA}</math>.</p>
4-e- En régime permanent $u_B(t_2) = r i_0 = 1 \text{ V} \Rightarrow r = 25 \Omega$ .	$\tau = \frac{L}{R_0 + r} \Rightarrow L = \tau (R_0 + r) \quad L = 1,5 \text{ H}$
<p><b>Commentaire :</b></p> <p>Pour l'établissement de l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle d'une grandeur électrique dans un circuit série, les éléments de réponse exigibles sont:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma du circuit série,</li> <li>• Représentation du sens positif du courant,</li> <li>• Représentation des tensions le long du circuit,</li> </ul> <p>Ecriture de l'équation traduisant la loi des mailles (<math>u = u_R + u_L</math>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déduction de l'équation différentielle.</li> </ul> <p>La réponse d'un dipôle RL en courant est constituée de deux régimes : un régime transitoire au cours duquel l'intensité augmente en exponentielle à partir de la valeur zéro en tendant vers la valeur</p> $i_0 = \frac{E}{R_{\text{total}}}$ <p>et un régime permanent caractérisé par un courant continu d'intensité <math>i_0</math>.</p> <p>La constante de temps <math>\tau</math> est une grandeur caractéristique du dipôle RL, elle renseigne sur le retard avec lequel s'établit le régime permanent ou la rupture du courant dans le dipôle. <math>\tau</math> ayant la dimension d'un temps, elle s'exprime en seconde.</p> <p>Le régime permanent intervient dès que le régime transitoire est considéré comme terminé. En régime permanent:</p> <p>les grandeurs physiques telles que la tension <math>u</math> sont indépendantes du temps <math>\frac{du}{dt} = 0</math>.</p>	
Exercice 2	PHYSIQUE
<p>1-1-a<sub>1</sub>- Dans la maille d'entrée <math>u_E(t) + \varepsilon - u_{R_2}(t) = 0 \Rightarrow \varepsilon = -u_E(t) + u_{R_2}(t)</math> d'autre part <math>u_S(t) = (R_1 + R_2) i_2</math></p> $i_2 = \frac{u_S}{R_1 + R_2} \quad u_{R_2}(t) = R_2 i_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot u_S(t)$ $\Rightarrow (1) \quad \varepsilon = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_S(t) - u_E(t).$ <p>1-a<sub>2</sub> <math>\varepsilon &gt; 0</math> alors <math>u_S(t) = + U_{\text{Sat}}</math>; <math>\varepsilon = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{Sat}}(t) - u_E(t) &gt; 0 \Rightarrow u_E(t) &lt; \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{Sat}}(t)</math>.</p> <p>1-a<sub>3</sub> <math>\varepsilon &lt; 0</math> alors <math>u_S(t) = - U_{\text{Sat}}</math>; <math>\varepsilon = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{Sat}}(t) - u_E(t) &lt; 0 \Rightarrow u_E(t) &gt; - \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{Sat}}(t)</math></p> <p>2- <math>u_E(t) &lt; \beta U_{\text{Sat}}(t) \Rightarrow u_S(t) = U_{\text{Sat}}</math> avec <math>\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}</math>; <math>u_E(t) &gt; -\beta U_{\text{Sat}}(t) \Rightarrow u_S(t) = - U_{\text{Sat}}</math></p>	

Suite **Exercice 2**

**PHYSIQUE**

**II-1-a-**

C'est une tension caractérisée par deux états  $\Rightarrow (C_1)$  correspond à  $u_s(t)$ .

**1-b**

Basculement de la tension de sortie : - pour  $t_1$  : du niveau haut vers le niveau bas ;  
- pour  $t_2$  : du niveau bas vers le niveau haut.

**2-a-**  $U_{BH} = -12 \text{ V}$  ,  $U_{HB} = 12 \text{ V}$ .

**2-b-**  $E_H = 15 \text{ V}$  et  $E_B = -15 \text{ V}$ .

**2-c-**  $T_1 = 2 \text{ ms}$  et  $T_2 = 2 \text{ ms}$ .

**2-d-**  $\delta = \frac{T_1}{T} = 0,5$

$$T_1 = RC \cdot \text{Log} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 2 \text{ ms.}$$

**2-e-**

$$R = \frac{T_1}{C \cdot \text{Log} ( 5 )} = 12,4 \text{ k}\Omega.$$

**Exercice 3**

1-Le domaine de fréquences audibles pour l'être humain: 16 Hz à 20 kHz

2-Le son aigu correspond à une fréquence élevée. Par contre, le son grave correspond à une fréquence faible.

3-Les fréquences correspondantes à l'ultra-son sont telles que :

$N > 20 \text{ kHz}$ . Donc elles n'appartiennent pas au domaine audible.