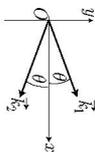


# B4 – Électromagnétisme et oxydo-réduction

## \*\*\* Exercice N°1-

On considère deux OPPM de champs électriques  $\vec{E}_1(\vec{r}, t)$  et  $\vec{E}_2(\vec{r}, t)$ , de même fréquence  $f$  et de même phase en  $O$ , de vecteurs d'onde  $\vec{k}_1$  et  $\vec{k}_2$ , de même amplitude  $E_0$  et polarisées rectilignement parallèlement à  $Oz$ , se propageant dans le vide.



1. Trouver les champs résultants  $\vec{E}(\vec{r}, t)$  et  $\vec{B}(\vec{r}, t)$ .
2. Quelle est la direction de propagation ? Est-ce une onde plane progressive ? Quel est le vecteur d'onde ?
3. Calculer  $\langle \vec{E}^2 \rangle_t$  dans un plan orthogonal à  $Oz$ .
4. On note  $\vec{n}$  le vecteur de Poynting,  $e$  la densité volumique d'énergie reçue,  $v_e$  la vitesse de propagation de l'énergie,  $\langle X \rangle_{t,y}$  la valeur moyenne de  $X$  temporelle spatiale. Montrer que  $v_e = \frac{\langle H \rangle_{t,y}}{\langle e \rangle_{t,y}}$ .
5. Calculer  $v_e$  et conclure.

## \*\* Exercice N°2-

1. Calculer la résistance d'une bobine composée de 100 spires de rayon moyen 7 cm, de fil de cuivre de rayon 0,5 mm et de conductivité  $\sigma = 6,7 \cdot 10^7 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ .
2. Un ruban de largeur  $a$  et d'épaisseur  $e$  vérifie la loi d'Ohm locale. Le plan  $xOz$  étant confondu avec le plan du ruban,  $\vec{e}_z$  dirigé dans le sens de la longueur, on donne  $\vec{j} = j(x)e^{i\omega t} \vec{e}_z$ .
  - a- Donner les relations entre  $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{j}$ .
  - b- Montre que, dans l'ARQS,  $\frac{d^2 j}{dx^2} - K^2 j(x) = 0$  où  $K$  est un nombre complexe à déterminer.
  - c- Résoudre l'équation et faire apparaître une longueur caractéristique  $\delta$ .

## \*\*\* Exercice N°3-

On étudie un procédé de lixivation du cuivre. Un exemple de réaction est le suivant :



1. Un procédé similaire permet d'obtenir à partir de  $\text{Cu}_2\text{S}$  les mêmes produits ; pour cela il faut également apporter du dioxygène comme réactif oxydant. Écrire l'équation-bilan de cette lixivation et identifier les différents couples oxydant/réducteur. Expliquer quelle est l'influence d'un changement de pression sur l'équilibre de la réaction.
  2. On fait une électrolyse de la solution obtenue de sulfate de cuivre à l'aide d'une anode de plomb et d'une cathode d'acier.
    - a- Où se forme le cuivre solide ?
    - b- Quelle réaction a lieu à l'autre électrode ?
    - c- On donne la surtension anodique  $\eta_a = 0,05 \text{ V}$ , la surtension cathodique  $\eta_c = -0,5 \text{ V}$  ainsi que la chute ohmique qui vaut  $0,5 \text{ V}$ . Représenter, en la justifiant, l'allure du diagramme intensité-potentiel de cette électrolyse.
- Applications numériques : on donne l'intensité du courant :  $I = 10^5 \text{ A}$ . Calculer la tension à appliquer. Combien de temps faut-il pour produire une tonne de cuivre ?

Données :  $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$  ;  $E^0(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$  ;  $M_{\text{Cu}} = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $\mathcal{F} = 96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

## \*\* Exercice N°4-

Quelle est la pression au centre de la Terre, considérée comme une boule homogène de densité  $5,53$  et de rayon  $6400 \text{ km}$  ?

On donne la constante de gravitation :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ usi}$ , la pression  $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$  et le Laplacien :

$$\Delta\psi(r) = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left[ r^2 \frac{d\psi(r)}{dr} \right]$$

## \*\* Exercice N°5-

La température est de  $25^\circ\text{C}$ . Les potentiels seront donnés avec une précision de  $1 \text{ mV}$ . On prendra  $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $\mathcal{F} = 96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

Les ions  $\text{Cu}^{2+}$  sont introduits sous forme de perchlorate. Les ions  $\text{ClO}_4^-$  ne forment ni complexe, ni précipité avec  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Cu}^+$ . L'acide perchlorique  $\text{HClO}_4$  est un acide fort en solution aqueuse.

Les ions  $\text{Cu}^+$  existent en solution aqueuse en présence d'ions  $\text{Cu}^{2+}$  et de cuivre métallique.

Dans une expérience ayant pour but la détermination du potentiel standard du couple  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ , de la poudre de cuivre en excès est agitée dans des solutions de perchlorate de cuivre (II). À l'équilibre, les concentrations en ions  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Cu}^+$  sont mesurées par une technique électrochimique. Lors d'un essai, on a trouvé  $[\text{Cu}^{2+}] = 1,82 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $[\text{Cu}^+] = 1,410^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

1. Calculer la constante d'équilibre  $K^0$  pour la réaction de dismutation des ions  $\text{Cu}^+$  :  $2\text{Cu}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}$
2. Quelle est la concentration initiale du perchlorate de cuivre (II) ?
3. Écrire deux relations entre la constante  $K^0$  et les potentiels standard :

$$E_1^0 = E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) \quad E_2^0 = E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+) \quad E_3^0 = E^0(\text{Cu}^+/\text{Cu})$$

En déduire les valeurs de  $E_2^0$  et  $E_3^0$ , sachant que  $E_1^0 = 343 \text{ mV}$ .

## Réponses

### Exercice N°1-

1.  $E_x = 2E_0 \cos(k_y y) \times \cos(k_x x - \omega t)$  et  $\begin{cases} B_x = -\frac{2\mu_0 E_0}{\omega} \sin(k_y y) \sin(k_x x - \omega t) \\ B_y = -\frac{2k_x \omega E_0}{\omega} \cos(k_y y) \cos(k_x x - \omega t) \end{cases}$
2. Propagation selon  $Ox$ , avec un vecteur d'onde  $k_x = k$  cos  $\theta$ .
3.  $\langle E^2 \rangle = 2E_0^2 \cos^2(k \sin \theta y) = 2E_0^2 \cos^2(k_y y)$  où  $k = \|\vec{k}\|$ .
4.  $\begin{cases} R_x = \frac{4E_0^2 k_x}{\mu_0 \omega} \cos^2(k_y y) \cos^2(k_x x - \omega t) \Rightarrow \langle R \rangle_{t,y} = \frac{E_0^2 k_x}{\mu_0 \omega} \\ R_y = -\frac{4E_0^2 k_y}{\mu_0 \omega} \sin(2k_y y) \sin(2k_x x - 2\omega t) \end{cases}$   
 $e = \frac{4\epsilon_0 E_0^2}{2} \cos^2(k_y y) + \frac{4E_0^2}{2\mu_0 \omega^2} [k_x^2 \sin^2(k_y y) \sin^2 \phi + k_y^2 \cos^2(k_y y) \cos^2 \phi] \Rightarrow \langle e \rangle_{t,y} = \epsilon_0 \omega^2 \phi^2$  où  $\phi = k_x x - \omega t$   
 $R dt = e \times v_e S dt \Rightarrow v_e = \frac{R}{e}$
5.  $v_e = c \times \cos \theta \leq c$ .

### Exercice N°2-

1.  $R = 8,35 \cdot 10^{-1} \Omega$
2. a-  $\vec{\text{rot}} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$  ;  $\vec{\text{rot}} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$  ;  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$   
 b.  $K = \sqrt{\frac{\mu_0 \omega \sigma}{2}} (1+i) = \frac{1+i}{\delta}$  où  $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \omega \sigma}}$   
 c.  $j = J_1 e^{x/\delta} \cos(\omega t + \frac{x}{\delta}) + J_2 e^{-x/\delta} \cos(\omega t - \frac{x}{\delta})$

### Exercice N°3-

1.  $2\text{Cu}_2\text{S}_{(\text{sol})} + 5\text{O}_2 + 4\text{H}^+_{(\text{aq})} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})} + 4\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}$ . Une augmentation de pression déplace cet équilibre vers la droite.
2. a- Le cuivre se forme à la cathode  
 b. À l'anode :  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$   
 c.  $U = 1,94 \text{ V}$  et  $\Delta t = 3 \cdot 10^4 \text{ s} = 8 \text{ h } 26 \text{ min}$

### Exercice N°4-

$$p(r) = 0 = P_0 + \frac{4\pi G \rho^2}{6} R^2 = 1,7 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

### Exercice N°5-

1.  $K^0 = 9,28 \cdot 10^5$
2.  $C = 1,82 \cdot 10^{-2} + 0,710^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
3.  $\begin{cases} E_2^0 - E_3^0 = 0,06 \log K^0 \\ E_2^0 + E_3^0 = 2E_1^0 \end{cases} \Rightarrow E_2^0 = 0,522 \text{ V et } E_3^0 = 0,164 \text{ V}$