

Exercice C. EXERCICE C. DÉFIBRILLATEUR CARDIAQUE IMPLANTABLE (5 points)

Mots-clés : fonctionnement d'une pile ; réactions électrochimiques aux électrodes ; capacité électrique d'une pile.

1. D'après les polarités des électrodes et les couples mis en jeu, écrire les réactions électrochimiques se produisant au niveau des électrodes quand la pile délivre un courant électrique, puis en déduire que l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile s'écrit : $\text{Li(s)} + \text{MnO}_2\text{(s)} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Li}^+ + \text{MnO}_2\text{H(s)}$

Électrode négative (feuille de lithium) libération d'électrons par l'oxydation : $\text{Li(s)} = \text{Li}^+ + \text{e}^-$

Électrode positive (dioxyde de manganèse) consommation d'électrons par la réduction :
 $\text{MnO}_2\text{(s)} + \text{e}^- + \text{H}^+ = \text{MnO}_2\text{H(s)}$

En additionnant membre à membre les deux demi-équations, on obtient l'équation proposée.

2. La configuration électronique d'un atome de lithium est $1s^2 2s^1$. Justifier qu'un atome de lithium donne un ion monoatomique Li^+ . Préciser, en justifiant la réponse, si le lithium métallique est un réducteur ou un oxydant.

Au cours d'une réaction, l'atome tend à acquérir la même structure électronique que le gaz noble de plus proche numéro atomique. Ainsi l'atome de lithium va perdre un électron et obtenir la configuration électronique de l'hélium $(1s)^2$.

Le lithium cède un électron, il s'agit d'un réducteur.

3. Montrer que dans la pile neuve, la quantité de matière initiale de lithium est égale à $2,1 \times 10^{-2}$ mol et déterminer la quantité de matière initiale en oxyde de manganèse MnO_2 .

$$n_{\text{Li}} = \frac{m_{\text{Li}}}{M_{\text{Li}}} = \frac{\frac{5}{100} \times m_{\text{pile}}}{M_{\text{Li}}}$$

$$n_{\text{Li}} = \frac{\frac{5}{100} \times 2,9}{6,9} = 2,1 \times 10^{-2} \text{ mol} = 21 \text{ mmol}$$

$$n_{\text{MnO}_2} = \frac{m_{\text{MnO}_2}}{M_{\text{MnO}_2}} = \frac{\frac{30}{100} \times m_{\text{pile}}}{M_{\text{MnO}_2}}$$

$$n_{\text{MnO}_2} = \frac{\frac{30}{100} \times 2,9}{86,9} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} = 10 \text{ mmol}$$

4. En déduire le réactif limitant le fonctionnement de la pile et la composition de la pile quand celle-ci est usée.

D'après l'équation de la réaction, il faut 1 mol de MnO_2 pour consommer 1 mol de Li.

Avec 10 mmol de MnO_2 , on peut consommer 10 mmol de Li, dans la pile usée il restera alors $21 - 10 = 11$ mmol de Li alors que tout MnO_2 sera consommé.

MnO_2 est le réactif limitant.

5. Définir la capacité électrique Q d'une pile et calculer sa valeur maximale pour la pile au lithium considérée.

La capacité électrique est la quantité d'électricité que peut délivrer la pile au cours de son fonctionnement, c'est-à-dire jusqu'à ce que le réactif limitant soit totalement consommé.

D'après la demi-équation $\text{Li(s)} = \text{Li}^+ + \text{e}^-$; la consommation d'1 mol de Li libère 1 mol d'électrons. Ici 10 mmol de Li sont consommées donc 10 mmol d'électrons sont produites.

Chaque mole d'électrons porte une quantité d'électricité F .

$$Q = n(\text{e}^-) \cdot F = n_{\text{MnO}_2 \text{ consommée}} \cdot F = x_{\text{max}} \cdot F$$

$$Q = 10 \times 10^{-3} \times 96\,500 = 965 \text{ C} = 9,7 \times 10^2 \text{ C}.$$

6. Le fabricant annonce une capacité électrique réelle de 225 mAh. Proposer une cause pour rendre compte de l'écart entre la valeur maximale et la valeur réelle.

$$Q = I \cdot \Delta t$$

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \times 1 \text{ s}$$

$$1 \text{ C} = 1000 \text{ mA} \times \frac{1}{3600} \text{ h}$$

$$1 \text{ C} = \frac{1000}{3600} \text{ mA.h}$$

$$\text{On a trouvé } Q = 965 \text{ C} = 965 \times \frac{1000}{3600} \text{ mA.h} = 268 \text{ mA.h} = 2,7 \times 10^2 \text{ mA.h}$$

La capacité électrique réelle est plus faible que celle calculée.

Une cause possible serait que la réaction ne soit pas totale, ainsi le réactif limitant ne serait pas totalement consommé.

7. En utilisant la capacité électrique donnée par le fabricant, comparer l'énergie massique de la pile au lithium utilisé dans le défibrillateur avec celles d'autres piles données dans le tableau ci-dessous. Commenter.

L'énergie stockée dans la pile est $E = Q \cdot U$.

Alors l'énergie massique a pour expression $Em = \frac{Q \cdot U}{m}$

$$Em = \frac{225 \times 10^{-3} \text{ A} \times 3600 \text{ s} \times 3,0 \text{ V}}{2,9 \text{ g}} = 8,4 \times 10^2 \text{ J.g}^{-1}$$

L'énergie massique de cette pile au lithium est plus faible que celle au lithium monofluorure de carbone mais plus importante que celle des autres piles proposées.

Cette pile présente donc un intérêt pour le défibrillateur car elle est légère mais elle contient beaucoup d'énergie. Le patient n'est pas alourdi par la pile et il n'est pas nécessaire de la changer fréquemment.