

1 Pile à combustible au méthanol

Énoncé

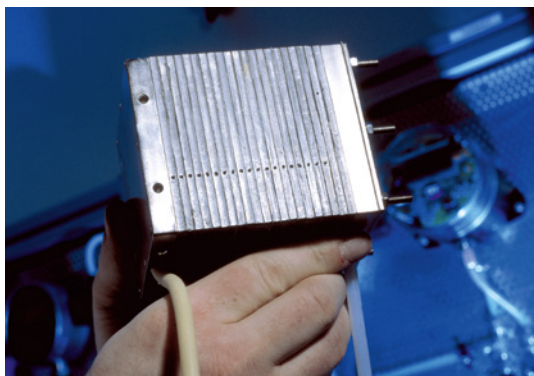
Parmi les piles à combustible, ou PAC, la plus connue est celle à hydrogène. Mais depuis quelque temps, d'autres combustibles sont développés comme le méthanol. On s'intéresse dans ce sujet au fonctionnement d'une pile à combustible au méthanol direct.

Doc. 1 Pile au méthanol

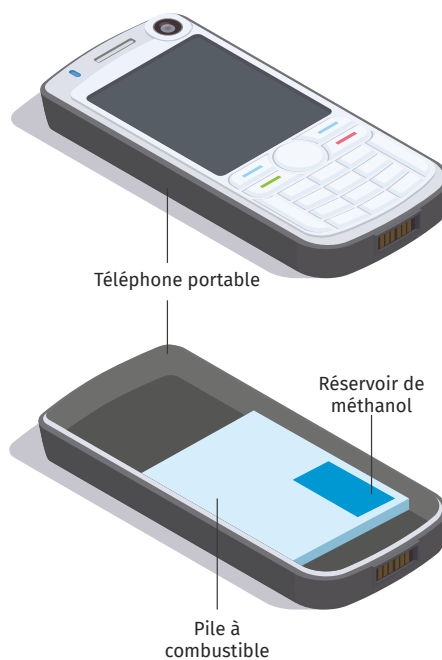
Une pile à combustible au méthanol direct utilise du méthanol liquide $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ en tant que réducteur et du dioxygène $\text{O}_2(\text{g})$ comme oxydant. Plusieurs éléments d'une PAC conditionnent son fonctionnement :

- l'électrolyte (membrane en polymère) ;
- les électrodes (en graphite ou en métal) ;
- un catalyseur (à l'anode et à la cathode à base de platine).

Les piles obtenues sont peu puissantes, mais d'une autonomie intéressante, pouvant être utilisées pour des appareils portables (téléphones, ordinateurs, etc.) fonctionnant à des températures basses.



Doc. 2 Disposition des éléments



Le méthanol, un combustible liquide, est contenu dans un réservoir de plastique

Doc. 3 Demi-équation du méthanol

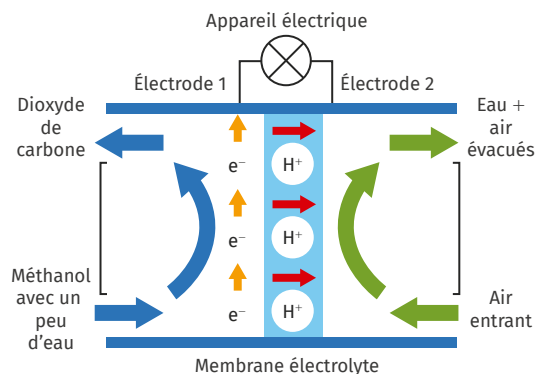
L'électrode où s'oxyde le méthanol fonctionne aussi avec de l'eau. La demi-équation à cette électrode s'écrit :



DONNÉES

- Formule brute du méthanol : CH_4O
- Couples d'oxydoréduction : $\text{CO}_2(\text{g})/\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ et $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- Masse volumique du méthanol : $\rho = 0,80 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- Masse molaire du méthanol : $M = 32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Constante de Faraday : $F = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$

Doc. 4 Schéma d'une pile au méthanol



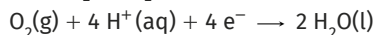


Questions résolues

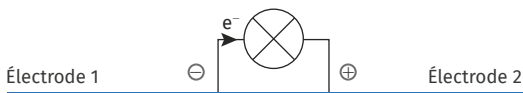
- 1.1** Écrire la demi-équation se produisant sur la deuxième électrode du **doc. 4**.
- 1.2** En déduire le signe des pôles de la pile ainsi formée et indiquer le sens de circulation des électrons à l'extérieur de la pile en reproduisant une partie du schéma du **doc. 4**.
- 1.3** Identifier l'anode et la cathode à la place des électrodes 1 et 2.
- 1.4** Écrire l'équation de la réaction chimique de fonctionnement de la pile.
- 1.5** Montrer que la capacité électrique Q_{\max} de la pile, possédant une cartouche de 15,0 mL de méthanol, est d'environ $2,2 \times 10^5$ C.
- 1.6** Le rendement de cette pile est de $\eta = 85\%$, c'est-à-dire que la charge réellement utilisable correspond à $Q_{\max}' = \eta \cdot Q_{\max}$. Calculer sa durée d'utilisation si elle doit débiter un courant d'intensité 12 A en permanence.

Solution rédigée

- 1.1** La demi-équation pour l'électrode 2 correspond au couple $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$:



- 1.2** À l'électrode 1, il y a production d'électrons qui sortent de la pile par le pôle négatif. À l'électrode 2, il y a consommation d'électrons, donc il s'agit de la borne positive. Les électrons à l'extérieur de la pile circulent du pôle négatif vers le pôle positif.



- 1.3** À l'électrode 1, il y a une oxydation : il s'agit donc de l'anode. À l'électrode 2, la réaction est une réduction, l'électrode correspondante est donc la cathode.
- 1.4** En reprenant les demi-équations des deux électrodes et en s'assurant que le nombre d'électrons échangés est identique, cela donne : $2 \text{CH}_4\text{O}(\text{aq}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- 1.5** La masse volumique du méthanol est égale à $\rho = 0,80 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Ainsi, la masse m de méthanol disponible est égale à :

$$m = \rho \cdot V$$

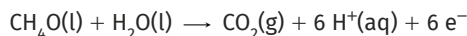
$$\text{AN : } m = 0,80 \times 15,0 = 12 \text{ g}$$

La quantité de matière n correspondante est égale à :

$$n = \frac{m}{M}$$

$$\text{AN : } n = \frac{12}{32} = 0,38 \text{ mol}$$

Or, à l'anode, la demi-équation est :



La quantité de matière d'électrons n_e correspondante est égale à :

$$n_e = 6 n$$

$$\text{AN : } n_e = 6 \times 0,38 = 2,3 \text{ mol}$$

La charge électrique maximale débitée est alors :

$$Q_{\max} = n_e \cdot F$$

$$\text{AN : } Q_{\max} = 2,3 \times 96\,500 = 2,2 \times 10^5 \text{ C}$$

La valeur proposée est bien vérifiée.

- 1.6** Pour une pile, la charge électrique maximale Q_{\max} débitée est liée à la durée d'utilisation Δt et à l'intensité I :

$$Q_{\max}' = I \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{Q_{\max}'}{I}$$

$$\Delta t = \frac{\eta \cdot Q_{\max}}{I}$$

$$\text{AN : } \Delta t = \frac{0,85 \times 2,2 \times 10^5}{12} = 1,6 \times 10^4 \text{ s}$$

$$\Delta t = 4 \text{ h } 30 \text{ min}$$