Spécialité : Une micropile à combustible

Bac S 2016 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

Q Question préalable. Vérifier que l'énergie volumique de la batterie photographiée est en accord avec les données énergétiques des batteries usuelles.

Données utiles batterie Li-ion : $E = 7{,}98$ W·h (photographie) ; hauteur $h = 62$ mm ; largeur $L = 50$ mm ; épaisseur $\ell = 5{,}0$ mm ; Li-ion : $0{,}25$ à $0{,}60$ W · h/cm^3

La photographie indique une batterie Li-ion stockant l'énergie $E = 7{,}98$ W·h.

Volume de la batterie, dimensions converties en cm :

$$V_{\text{bat}} = h \times L \times \ell = 6{,}2 \times 5{,}0 \times 0{,}50 = 15{,}5 \text{ cm}^3 \approx 16 \text{ cm}^3$$

Énergie volumique :

$$E_{\text{vol}} = \frac{E}{V_{\text{bat}}} = \frac{7{,}98}{6{,}2 \times 5{,}0 \times 0{,}50} = 0{,}51 \text{ W} \cdot \text{h/cm}^3$$

$E_{\text{vol}} = 0{,}51$ W · h/cm^3 : valeur comprise entre $0{,}25$ et $0{,}60$ W · h/cm^3, en accord avec le tableau pour une batterie Li-ion.

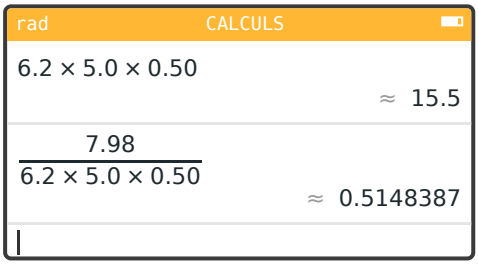
PIÈGE

Le tableau est en W · h/cm^3 : avec des dimensions laissées en millimètres, on obtient $5{,}1 \times 10^{-4}$ W · h/mm^3, valeur qui ne peut pas être comparée directement au tableau.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme les dimensions (62 mm, 50 mm, $5{,}0$ mm). L'énergie n'est pas donnée dans le texte : elle se lit sur l'étiquette de la batterie, avec la tension $3{,}8$ V, inutile ici.

À LA CALCULATRICE



P Problème. Dans l'hypothèse d'une micropile DMFC, calculer la taille du réservoir de méthanol assurant la même autonomie au téléphone qu'une batterie Li-ion, puis exercer un regard critique sur la valeur trouvée.

Données utiles $E = 7{,}98$ W·h ; 1 W·h $= 3600$ J ; $U = 0{,}50$ V ; rendement $\eta \approx 40\ \%$; charge d'une mole d'électrons : $F = 96{,}5 \times 10^3$ C ; $\rho = 0{,}792\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; masses molaires atomiques ; $V_{\text{bat}} = 15{,}5\ \text{cm}^3$ (Q)

1. Énergie à fournir. Même autonomie signifie même énergie délivrée au téléphone que la batterie :

$E = 7{,}98 \times 3600 = 2{,}87 \times 10^4$ J.

2. Charge électrique. Comme $E = Q \times U$: $Q = \dfrac{E}{U} = \dfrac{2{,}87 \times 10^4}{0{,}50} = 5{,}75 \times 10^4$ C.

3. Quantité d'électrons. Une mole d'électrons transporte la charge F :

$$n(\text{e}^-) = \frac{Q}{F} = \frac{5{,}75 \times 10^4}{96{,}5 \times 10^3} = 0{,}595 \text{ mol.}$$

4. Quantité de méthanol. À l'anode, $\text{CH}_3\text{OH}\,(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l}) \longrightarrow \text{CO}_2\,(\text{g}) + 6\,\text{H}^+\,(\text{aq}) + 6\,\text{e}^-$: une mole de méthanol consommée libère six moles d'électrons.

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{n(\text{e}^-)}{6} = \frac{0{,}595}{6} = 9{,}92 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

Le dioxygène, prélevé dans l'air, n'est pas limitant.

5. Volume de méthanol pour un rendement de 100 %.

$M(\text{CH}_3\text{OH}) = 12{,}0 + 4 \times 1{,}0 + 16{,}0 = 32{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{n(\text{CH}_3\text{OH}) \times M(\text{CH}_3\text{OH})}{\rho} = \frac{9{,}92 \times 10^{-2} \times 32{,}0}{0{,}792} = 4{,}01\ \text{cm}^3$$

6. Prise en compte du rendement. La pile ne restitue que $40\ \%$ de cette énergie : il faut davantage de méthanol.

$$V_{\text{rés}} = \frac{V}{\eta} = \frac{4{,}01}{0{,}40} = 10\ \text{cm}^3$$

7. Regard critique. Ce volume (10 mL) est du même ordre de grandeur que celui de la batterie, et inférieur : $10\ \text{cm}^3$ contre $15{,}5\ \text{cm}^3$. Avec la même hauteur et la même largeur que la batterie, le réservoir aurait une épaisseur de $\dfrac{10}{6{,}2 \times 5{,}0} = 0{,}32$ cm, soit environ 3 mm : la valeur est réaliste pour un téléphone. Elle correspond à $0{,}80\ \text{W} \cdot \text{h}/\text{cm}^3$, davantage qu'une batterie Li-ion, ce qui confirme l'intérêt annoncé du méthanol.

Le gain reste cependant modeste : il faut ajouter le volume de la micropile elle-même et l'eau consommée à l'anode, et le rendement n'est qu'un ordre de grandeur. Le méthanol est de plus très inflammable et toxique (ingestion, contact, inhalation) : le réservoir doit être parfaitement étanche. L'avantage principal est la recharge rapide du réservoir.

$V_{\text{rés}} \approx 10\ \text{cm}^3$ de méthanol (10 mL) : réservoir un peu plus petit que la batterie Li-ion ($15{,}5\ \text{cm}^3$), donc de taille réaliste.

PIÈGE
Multiplier par $0{,}40$ au lieu de diviser : on trouverait $1{,}6\ \text{cm}^3$. Un rendement inférieur à 1 impose de consommer plus de méthanol que le calcul idéal, jamais moins.

PIÈGE
Utiliser la tension 3,8 V de la batterie dans $E = Q \times U$. La charge est débitée par la pile sous $U = 0{,}50$ V ; oublier de convertir les W·h en joules fausse aussi Q.

MÉTHODE
Chaîne à retenir pour toute pile : énergie → charge ($Q = E/U$) → électrons (Q/F) → réactif (demi-équation) → masse → volume. Garder les valeurs non arrondies en mémoire ; le résultat final a deux chiffres significatifs, comme U et η.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

7.98×3600
≈ 28728

$\frac{7.98 \times 3600}{0.50}$
≈ 57456

$\frac{57\,456}{96.5 \times 10^3}$
≈ 0.595399

$\frac{\frac{57\,456}{96.5 \times 10^3}}{6}$
≈ 0.09923316

$\frac{\frac{\frac{57\,456}{96.5 \times 10^3}}{6} \times 32.0}{0.792}$
≈ 4.009421

$\frac{4.009420631}{0.40}$
≈ 10.02355

$\frac{10}{6.2 \times 5.0}$
≈ 0.3225806

$\frac{7.98}{10}$
≈ 0.798