

Une micropile à combustible (Bac S – Asie - juin 2016)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© <http://b.louchart.free.fr>

Question préalable

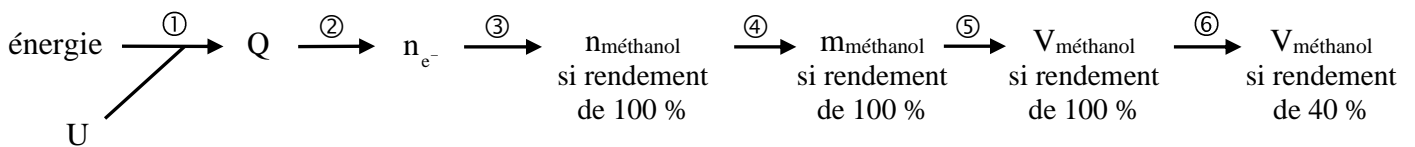
D'après la photo, la batterie Li-ion considérée peut fournir une énergie électrique $E = 7,98 \text{ W.h}$
Or elle occupe un volume $V = h \times \ell \times e = 6,2 \times 5,0 \times 0,50 = 15,5 \text{ cm}^3$.

Son énergie volumique est donc : $E_{\text{vol}} = \frac{E}{V} = \frac{7,98}{15,5} = 0,51 \text{ W.h / cm}^3$

C'est en accord avec les valeurs usuelles pour les batteries Li-ion indiquées dans le tableau (de 0,25 à 0,60 W.h / cm³)

Problème

Plan de la résolution du problème :



① Pour assurer la même autonomie que la batterie Li-ion précédemment étudiée, la micropile doit délivrer une énergie électrique $E = 7,98 \text{ W.h} = 7,98 \times 3600 \text{ J} = 2,87 \times 10^4 \text{ J}$

Déduisons-en la charge électrique Q qu'elle doit fournir.

La tension de fonctionnement de la pile est $U = 0,50 \text{ V}$, et d'après les données, $E = Q \times U$

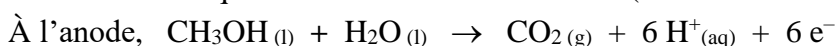
On obtient : $Q = \frac{E}{U} = \frac{2,87 \times 10^4}{0,50} = 5,7 \times 10^4 \text{ C}$

② D'après les données, la valeur absolue de la charge transportée par mole d'électrons vaut $\mathcal{F} = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

La quantité de matière d'électrons correspondant à la charge Q est donc :

$$n_{e^-} = \frac{Q}{\mathcal{F}} = \frac{5,7 \times 10^4}{9,65 \times 10^4} = 0,60 \text{ mol}$$

③ Déterminons la quantité de méthanol nécessaire (si le rendement était de 100 %).



D'après cette équation, $n_{\text{méthanol ayant réagi}} = \frac{n_{e^-}}{6} = \frac{0,60}{6} = 0,099 \text{ mol}$

④ Cela correspond à une masse :

$$m_{\text{méthanol}} = n_{\text{méthanol}} \times M(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,099 \times 32,0 = 3,2 \text{ g}$$

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

⑤ On en déduit le volume V de méthanol nécessaire (si le rendement était de 100 %).

$$\mu_{\text{méthanol}} = \frac{m_{\text{méthanol}}}{V} \Rightarrow V = \frac{m_{\text{méthanol}}}{\mu_{\text{méthanol}}} = \frac{3,2}{0,792} = 4,0 \text{ cm}^3$$

⑥ Le rendement étant de 40 % (et non de 100 %), le volume V' de méthanol est en fait :

$$V' = \frac{100}{40} \times V = \frac{100}{40} \times 4,0 = 10 \text{ cm}^3$$

Le réservoir devra donc avoir un volume légèrement supérieur à 10 cm^3 . La micropile en elle-même ayant un volume, d'après la photo, très faible (moins de 1 cm^3), cet ensemble sera certainement d'un volume plus faible que les $15,5 \text{ cm}^3$ de la batterie Li-ion étudiée en début d'exercice.

Mais reste à solutionner le problème du rechargement du réservoir de méthanol par l'utilisateur : en effet, outre son caractère très inflammable, le méthanol est une espèce chimique toxique, comme indiqué dans les données.