Spécialité : Economiser de l'énergie en recyclant des canettes en aluminium

Bac S 2018 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Montrer que l'énergie électrique consommée lors d'une électrolyse, où la charge totale échangée est Q sous la tension $U_{\text{él}}$, s'écrit $E_{\text{électrolyse}} = Q \cdot U_{\text{él}}$.

Données utiles $P = U_{\text{él}} \cdot I$; $I = \dfrac{Q}{\Delta t}$

L'électrolyseur consomme la puissance P pendant la durée Δt de l'électrolyse :

$E_{\text{électrolyse}} = P \cdot \Delta t = U_{\text{él}} \cdot I \cdot \Delta t$

Or $I = \dfrac{Q}{\Delta t}$, donc $I \cdot \Delta t = Q$.

$$\boxed{E_{\text{électrolyse}} = Q \cdot U_{\text{él}}}$$

COMPRENDRE
Vérification par les unités : $1\ \text{V} = 1\ \text{J} \cdot \text{C}^{-1}$, donc le produit d'une charge en coulombs par une tension en volts donne bien des joules.

2 Calculer la variation d'énergie interne ΔU de 1,0 kg d'aluminium solide chauffé de 20 °C à 660 °C. Problème : montrer que recycler une canette consomme bien moins d'énergie que la fabriquer à partir de la bauxite, puis commenter l'affirmation « une télévision pendant 3 heures ».

Données utiles $m = 13{,}3$ g ; $M(\text{Al}) = 27{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $c_S = 9{,}0 \times 10^2\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $F = 9{,}65 \times 10^4\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $U_{\text{él}} = 4{,}5$ V ; électrolyse : 20 % de l'énergie totale ; rendement du recyclage : 45 % ; fusion : $4{,}0 \times 10^5$ J ; chauffage du liquide : $6{,}5 \times 10^4$ J (pour 1,0 kg) ; téléviseurs : 131 W, 211 W, 287 W

Question 2. L'aluminium reste solide entre 20 °C et 660 °C : $\Delta U = m_{\text{Al}} \cdot c_S \cdot (T_f - T_i)$, avec $m_{\text{Al}} = 1{,}0$ kg.

$\Delta U = 1{,}0 \times 9{,}0 \times 10^2 \times (660 - 20) = 5{,}76 \times 10^5$ J

$$\boxed{\Delta U = 5{,}8 \times 10^5\ \text{J}}$$

Problème. On calcule l'énergie totale consommée pour une canette par chacune des deux voies, puis l'énergie économisée, que l'on compare à la consommation d'un téléviseur en 3 h.

Recyclage d'une canette

- Énergie utile pour 1,0 kg (chauffage du solide, fusion, chauffage du liquide) : $E_{\text{utile}} = 5{,}76 \times 10^5 + 4{,}0 \times 10^5 + 6{,}5 \times 10^4 = 1{,}04 \times 10^6$ J
- Rendement de 45 % : $E_{\text{totale}} = \dfrac{E_{\text{utile}}}{r} = \dfrac{1{,}04 \times 10^6}{0{,}45} = 2{,}31 \times 10^6$ J pour 1,0 kg
- Pour une canette de masse $m = 13{,}3 \times 10^{-3}$ kg : $E_{\text{recyclage}} = 2{,}31 \times 10^6 \times 13{,}3 \times 10^{-3} = 3{,}1 \times 10^4$ J

Fabrication à partir de la bauxite

- Quantité d'aluminium : $n(\text{Al}) = \dfrac{m}{M(\text{Al})} = \dfrac{13{,}3}{27{,}0} = 0{,}493$ mol
- À la cathode, $\text{Al}^{3+} + 3\,\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}$: $n(e^-) = 3\,n(\text{Al})$
- Charge échangée : $Q = n(e^-) \times F = 3 \times 0{,}493 \times 9{,}65 \times 10^4 = 1{,}43 \times 10^5$ C
- D'après la question 1 : $E_{\text{électrolyse}} = Q \cdot U_{\text{él}} = 1{,}43 \times 10^5 \times 4{,}5 = 6{,}4 \times 10^5$ J
- L'électrolyse représente 20 % de l'énergie totale : $E_{\text{bauxite}} = \dfrac{E_{\text{électrolyse}}}{0{,}20} = 3{,}2 \times 10^6$ J

Comparaison

PIÈGE
Laisser 13,3 g en grammes dans le calcul du recyclage (énergies données pour 1,0 kg), oublier le facteur 3 entre électrons et aluminium, ou multiplier par 0,45 et 0,20 au lieu de diviser.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs pour les résultats, comme c_S, $U_{\text{él}}$ et les pourcentages. Les valeurs intermédiaires sont gardées dans la calculatrice. Un écart de température a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir.

MÉTHODE
Résolution de problème : annoncer la démarche, calculer séparément chaque énergie pour une même canette, comparer par un rapport, puis confronter l'économie aux données sur les téléviseurs et conclure par une phrase.

$\frac{E_{\text{bauxite}}}{E_{\text{recyclage}}} = \frac{3{,}2 \times 10^6}{3{,}1 \times 10^4} \approx 1 \times 10^2$: le recyclage consomme environ cent fois moins d'énergie, ce qui est bien très inférieur.

Énergie économisée et téléviseur

$E_{\text{éco}} = E_{\text{bauxite}} - E_{\text{recyclage}} = 3{,}21 \times 10^6 - 3{,}1 \times 10^4 = 3{,}2 \times 10^6$ J

Durée de fonctionnement d'un téléviseur de puissance P avec cette énergie : $\Delta t = \frac{E_{\text{éco}}}{P}$

- écran plasma (287 W) : $\Delta t = \frac{3{,}18 \times 10^6}{287} = 1{,}11 \times 10^4 \text{ s} = 3{,}1 \text{ h}$
- écran LCD classique (211 W) : $\Delta t = 4{,}2$ h
- écran LCD à LED (131 W) : $\Delta t = 6{,}7$ h

$E_{\text{éco}} \approx 3{,}2 \times 10^6$ J, soit de 3 h (plasma) à près de 7 h (LED) de télévision : l'affirmation est valide, et même prudente pour les écrans les plus économes.

À LA CALCULATRICE

