

**EXERCICE III - ÉCONOMISER DE L'ÉNERGIE EN RECYCLANT DES CANETTES EN ALUMINIUM (5 points)**

**Questions préliminaires**

1. Énergie électrique  $E_{\text{électrolyse}}$  consommée lors de cette électrolyse :

L'énergie est définie par la formule  $E_{\text{électrolyse}} = P \cdot \Delta t$

On nous indique que  $P = U_{\text{él}} \cdot I$ , alors  $E_{\text{électrolyse}} = U_{\text{él}} \cdot I \cdot \Delta t$ .

On nous indique aussi que  $I = \frac{Q}{\Delta t}$ , ainsi on a  $E_{\text{électrolyse}} = U_{\text{él}} \cdot \frac{Q}{\Delta t} \cdot \Delta t$

On retrouve la formule proposée  $E_{\text{électrolyse}} = U_{\text{él}} \cdot Q$

2. La capacité thermique massique est l'énergie qu'il faut fournir à une masse de 1 kg d'aluminium pour voir sa température augmenter de 1°C (= 1K).

Entre 20°C et 660°C, l'aluminium est solide.

$$\Delta U = m \cdot c_s \Delta \theta$$

$$\Delta U = 1 \times 9,0 \times 10^2 \times (660 - 20) = 5,76 \times 10^5 \text{ J} = 5,8 \times 10^5 \text{ J}$$

**Problème**

Montrer que l'énergie totale consommée pour le recyclage d'une canette peut être considérée comme très inférieure à l'énergie totale consommée lors de la fabrication de cette canette à partir de la bauxite.

Commenter alors l'information selon laquelle recycler une canette, plutôt que de la fabriquer à partir de la bauxite, permet d'économiser l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une « télévision pendant 3 heures. ».

• **Calcul de l'énergie totale consommée pour le recyclage d'une canette :**

On raisonne d'abord pour une masse d'un kilogramme d'aluminium.

Ensuite par proportionnalité, on trouvera l'énergie pour une canette.

Au total, les différentes étapes nécessitent une énergie (utile) :

$$E_{\text{utile}} = 5,76 \times 10^5 + 4,0 \times 10^5 + 6,5 \times 10^4$$

$$E_{\text{utile}} = 5,76 \times 10^5 + 4,0 \times 10^5 + 0,65 \times 10^5$$

$$E_{\text{utile}} = 10,4 \times 10^5 \text{ J} = 1,04 \times 10^6 \text{ J} = \mathbf{1,04 \text{ MJ}}$$

Le rendement est de 45%.

$$r \text{ (en\%)} = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{totale}}} \times 100$$

$$E_{\text{totale}} = \frac{E_{\text{utile}}}{r} \times 100$$

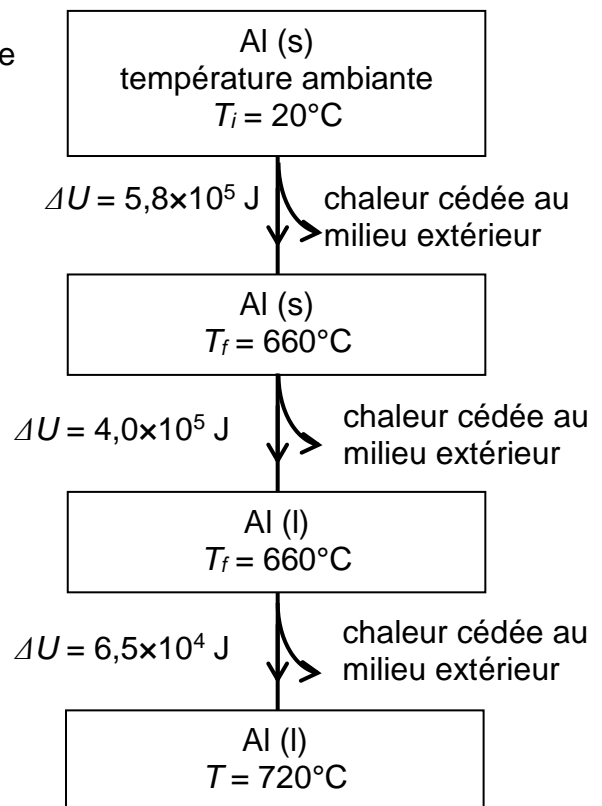
$$E_{\text{totale}} = \frac{1,04}{45} \times 100 = 2,31 \text{ MJ pour 1 kg d'aluminium}$$

Par proportionnalité :

$$2,31 \text{ MJ} \rightarrow 1 \text{ kg}$$

$$E_{\text{canette}} \rightarrow 13,3 \text{ g} = 13,3 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$E_{\text{canette}} = 13,3 \times 10^{-3} \times 2,31 = 3,07 \times 10^{-2} \text{ MJ} = \mathbf{30,7 \text{ kJ}}$$



- **Calcul de l'énergie totale consommée lors de la fabrication de cette canette à partir de la bauxite :**

On a établi précédemment  $E_{\text{électrolyse}} = U_{\text{él}} \cdot Q$  où  $Q$  est la charge électrique échangée pendant la durée de l'électrolyse.

Il faut accéder à cette charge  $Q$ .

On veut produire une masse  $m_{Al} = 13,3$  g, ce qui correspond à une quantité de matière

d'aluminium  $n_{Al} = \frac{m_{Al}}{M_{Al}}$ .

D'après la demi-équation de réduction qui se produit à la cathode :  $n_{Al} = \frac{n_{e^-}}{3}$

Ainsi  $n_{e^-} = 3 \cdot n_{Al}$ , ou encore  $n_{e^-} = 3 \cdot \frac{m_{Al}}{M_{Al}}$ .

On nous indique que chaque mole d'électrons possède une charge électrique  $F = 9,65 \times 10^4$  C.

$$Q = n_{e^-} \cdot F$$

$$Q = 3 \cdot \frac{m_{Al}}{M_{Al}} \cdot F$$

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

$$E_{\text{électrolyse}} = U_{\text{él}} \cdot 3 \cdot \frac{m_{Al}}{M_{Al}} \cdot F$$

L'énergie électrique nécessaire pour la réaction d'électrolyse représente 20 % de l'énergie totale consommée pour la synthèse de l'aluminium à partir de la bauxite.

$$E_{\text{électrolyse}} = \frac{20}{100} E_{\text{totale}}$$

$$E_{\text{totale}} = \frac{100}{20} \cdot E_{\text{électrolyse}}$$

$$E_{\text{totale}} = \frac{100}{20} \cdot U_{\text{él}} \cdot 3 \cdot \frac{m_{Al}}{M_{Al}} \cdot F$$

$$E_{\text{totale}} = \frac{100}{20} \times 4,5 \times 3 \times \frac{13,3}{27,0} \times 9,65 \times 10^4 = 3,21 \times 10^6 \text{ J} = \mathbf{3,21 \text{ MJ}}$$

- **Conclusion :**

Pour fabriquer une canette par recyclage, il faut dépenser 30,7 kJ ; tandis qu'en utilisant de la bauxite, il faut dépenser 3,21 MJ =  $3,21 \times 10^3$  kJ. Soit environ cent fois plus d'énergie.

On a bien montré que l'énergie totale consommée pour le recyclage d'une canette peut être considérée comme très inférieure à l'énergie totale consommée lors de la fabrication de cette canette à partir de la bauxite.

- **Calcul de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une « télévision pendant 3 heures. » :**

$E = P \cdot \Delta t$  où la durée est exprimée en s.

Au regard des valeurs des puissances indiquées, on considère qu'une télévision consomme une puissance de 200 W.

Ainsi  $E_{TV} = 200 \times 3 \times 60 \times 60 = 2,16 \times 10^6 \text{ J} = 2 \text{ MJ}$  environ.

L'énergie économisée par le recyclage est  $E_{\text{éco}} = E_{\text{totale}} - E_{\text{canette}}$   
 $E_{\text{éco}} = 3,21 - 3,07 \times 10^{-2} = 3,18 \text{ MJ}$ .

On constate que l'économie réalisée  $E_{\text{éco}}$  est en réalité supérieure à celle annoncée  $E_{\text{TV}}$ .

Calculons la durée de fonctionnement de la télévision la plus puissante ( $P = 287 \text{ W}$ ).

Comme  $E = P \cdot \Delta t$  alors  $\Delta t = \frac{E_{\text{éco}}}{P}$

$\Delta t = \frac{3,18 \times 10^6}{287} = 1,11 \times 10^4 \text{ s}$ , soit en divisant le résultat non arrondi par 3600,  $\Delta t = 3,07 \text{ h}$ .

On obtient alors une durée très proche de celle annoncée.

On peut donc valider la phrase « *recycler une canette, plutôt que de la fabriquer à partir de la bauxite, permet d'économiser l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une « télévision pendant 3 heures. »* »