Spécialité : Un trésor dans nos égouts

Bac S 2016 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Écrire l'équation de la réaction se produisant à l'anode de l'électrolyseur et celle se produisant à la cathode.

Données utiles couple $\mathrm{Au^{3+}(aq)\ /\ Au(s)}$

À l'anode (or à purifier), siège d'une oxydation, le métal passe en solution :

$$\mathrm{Au(s) \longrightarrow Au^{3+}(aq) + 3\,e^-}$$

À la cathode (or pur), siège d'une réduction, les ions or se déposent sous forme de métal :

Anode : $\mathrm{Au(s) \longrightarrow Au^{3+}(aq) + 3\,e^-}$; cathode : $\mathrm{Au^{3+}(aq) + 3\,e^- \longrightarrow Au(s)}$

PIÈGE
Inverser les deux électrodes. L'oxydation a toujours lieu à l'anode, la réduction à la cathode ; dans un électrolyseur, l'anode est reliée à la borne $+$ du générateur.

COMPRENDRE
L'électrolyse est toujours au programme de spécialité (transformation forcée par un générateur). Ici le bilan chimique est nul : l'or est simplement transporté de l'anode vers la cathode, les impuretés restant à l'écart.

2 Estimer la masse de boue moyenne produite par un Équivalent-habitant en France en un an.

Données utiles un Équivalent-habitant génère environ 60 g de boue par jour

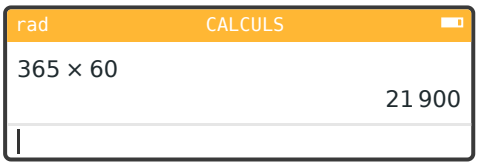
Une année compte 365 jours :

$$m_1 = 365 \times 60 = 2{,}2 \times 10^4\ \mathrm{g}$$

$m_1 \approx 22\ \mathrm{kg}$ de boue par Équivalent-habitant et par an

COMPRENDRE
La donnée « 60 g » a deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit avec deux chiffres. On garde $21\,900$ g dans la suite pour ne pas cumuler les arrondis.

À LA CALCULATRICE



3 Établir la relation donnant la quantité de matière d'électrons échangés pendant la durée Δt en fonction de I, F et Δt. Problème : tout l'or extrait en un an des boues françaises forme une unique anode rectangulaire, affinée en deux semaines environ ; quel est l'ordre de grandeur de la surface de cette plaque ?

Données utiles $I = \dfrac{Q}{\Delta t}$; 79 millions d'Eh ; $m_1 = 21\,900$ g (Q2) ; 0,3 g d'or à purifier par tonne de boue ; 98,5 % d'or pur ; $M(\text{Au}) = 197 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $F = 9{,}65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $J = \dfrac{I}{S} = 600 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$; Δt = 2 semaines

Question 3. La charge échangée pendant Δt vaut $Q = I\,\Delta t$. Elle est portée par n_e moles d'électrons, chaque mole portant la charge F : $Q = n_e\,F$. En égalant les deux expressions :

$$n_e = \frac{I\,\Delta t}{F}$$

Problème — démarche. La surface active vérifie $S = \dfrac{I}{J}$. L'intensité I se déduit de la quantité d'électrons, elle-même liée à la quantité d'or à transférer, que l'on calcule à partir de la masse de boues.

1. Masse de boues produites en un an.

$$m_{\text{boues}} = 79 \times 10^6 \times 21\,900 = 1{,}73 \times 10^{12} \text{ g} = 1{,}73 \times 10^6 \text{ t}$$

2. Masse d'or pur. Chaque tonne de boue contient 0,3 g d'or à purifier, dont 98,5 % d'or pur :

$$m(\text{Au}) = 1{,}73 \times 10^6 \times 0{,}3 \times 0{,}985 = 5{,}11 \times 10^5 \text{ g}$$

soit environ 511 kg d'or pur (519 kg d'or à purifier).

3. Quantité d'électrons. D'après les demi-équations (Q1), le transfert d'un atome d'or met en jeu trois électrons :

$$n_e = 3\,n(\text{Au}) = \frac{3\,m(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{3 \times 5{,}11 \times 10^5}{197} = 7{,}79 \times 10^3 \text{ mol}$$

4. Intensité du courant. $\Delta t = 14 \times 24 \times 3600 = 1{,}21 \times 10^6$ s. D'après la relation de la question 3 :

$$I = \frac{n_e\,F}{\Delta t} = \frac{7{,}79 \times 10^3 \times 9{,}65 \times 10^4}{1{,}21 \times 10^6} = 6{,}2 \times 10^2 \text{ A}$$

5. Surface de la plaque.

$$S = \frac{I}{J} = \frac{6{,}2 \times 10^2}{600} = 1{,}0 \text{ m}^2$$

Regard critique. Une plaque d'environ 1 m de côté est réaliste pour une cuve industrielle ; l'intensité, plusieurs centaines d'ampères, dépasse de loin celles du laboratoire. La donnée « 0,3 g » n'ayant qu'un chiffre significatif, seul l'ordre de grandeur a un sens.

$n_e = \dfrac{I\,\Delta t}{F}$; problème : $S \approx 1 \text{ m}^2$, la surface de la plaque est de l'ordre du mètre carré.

PIÈGE
Oublier le facteur 3 entre électrons et or, ou diviser par 10^3 au lieu de 10^6 en passant des grammes aux tonnes : la surface serait fausse d'un facteur 3 ou 1000.

COMPRENDRE
Seule la face de l'anode tournée vers la cathode est active, et l'épaisseur est négligée : S est donc directement l'aire de la plaque. Le facteur 0,985 ne modifie pas l'ordre de grandeur.

MÉTHODE
Partir de la grandeur demandée ($S = I/J$) et remonter jusqu'aux données : I exige n_e, qui exige $n(\text{Au})$, qui exige la masse de boues. Rédiger ensuite dans l'ordre inverse.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{79 \times 10^6 \times 21\,900}{1 \times 10^6} \approx 1730100$$

$$1\,730\,100 \times 0.3 \times 0.985 \approx 511244.5$$

$$\frac{3 \times 511\,244.55}{197} \approx 7785.45$$

$$14 \times 24 \times 3600 = 1\,209\,600$$

$$\frac{7785.45 \times 9.65 \times 10^4}{1\,209\,600} \approx 621.111$$

$$\frac{621.1110491}{600} \approx 1.035185$$