QROC Electrolyse

Bac S 2004 La Réunion (ancien programme) · Exercice 3 **3 points** **Durée conseillée 39 min**

I.1 Vrai ou faux : l'électrolyse est (a) une transformation chimique forcée ; (b) une transformation chimique spontanée.

Lors d'une électrolyse, un générateur impose le sens du courant et fournit de l'énergie électrique au système chimique. Celui-ci évolue alors dans le sens inverse de son sens d'évolution spontanée : la transformation est forcée.

Sans générateur, le cuivre ne se dépose pas sur l'acier dans ces conditions : la transformation n'est pas spontanée.

I.1.a VRAI ; **I.1.b FAUX** : l'électrolyse est une transformation forcée par le générateur.

COMPRENDRE
Une pile fonctionne spontanément et fournit de l'énergie électrique ; un électrolyseur en reçoit. Dans une transformation forcée, le quotient de réaction Q_r s'éloigne de la constante d'équilibre K.

I.2 Vrai ou faux : la demi-équation modélisant la réaction au niveau de la rondelle est (a) $\mathrm{Cu\,(s) = Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$; (b) $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Cu\,(s)}$; (c) $\mathrm{NO_3^-\,(aq) + 4\,H_3O^+\,(aq) + 3\,e^- = NO\,(g) + 6\,H_2O\,(l)}$.

Cuivrer la rondelle, c'est y déposer du cuivre métallique. Ce métal provient des ions cuivre(II) de la solution, qui captent des électrons à la surface de la rondelle :

$$\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Cu\,(s)}$$

L'écriture (a) correspond à du cuivre solide qui disparaît ; l'écriture (c) ne forme pas de cuivre solide.

I.2.a FAUX ; **I.2.b VRAI** ; **I.2.c FAUX** : il se forme $\mathrm{Cu\,(s)}$ sur la rondelle.

MÉTHODE
Repérer le produit voulu (ici le dépôt de $\mathrm{Cu\,(s)}$) : il doit figurer du côté des produits, dans le sens où la réaction a réellement lieu.

I.3 Vrai ou faux : la rondelle est reliée (a) à la borne + du générateur ; (b) à la borne – du générateur.

Sur la rondelle, les ions $\mathrm{Cu^{2+}}$ consomment des électrons. Ces électrons doivent donc arriver à la rondelle par le circuit extérieur.

À l'extérieur du générateur, les électrons partent de la borne – : la rondelle est reliée à cette borne.

I.3.a FAUX ; **I.3.b VRAI** : la rondelle est reliée à la borne – du générateur.

PIÈGE
Raisonner avec le sens du courant sans l'inverser : les électrons circulent dans le sens opposé au sens conventionnel du courant, qui sort par la borne +.

I.4 Vrai ou faux : le flan constitue (a) l'anode de l'électrolyseur ; (b) la cathode de l'électrolyseur.

Sur le flan, les ions $\mathrm{Cu^{2+}}$ gagnent des électrons : c'est une réduction.

Par définition, l'électrode où se produit la réduction est la cathode ; l'anode est le siège de l'oxydation.

I.4.a FAUX ; **I.4.b VRAI** : le flan est la cathode.

COMPRENDRE
Ces définitions valent pour une pile comme pour un électrolyseur. Ce qui change, c'est le signe : dans un électrolyseur, la cathode est reliée à la borne –, alors qu'elle est le pôle + d'une pile.

I.5 Vrai ou faux : pour maintenir constante la concentration en ions Cu^{2+} dans l'électrolyte, (a) on place une électrode de cuivre à l'anode ; (b) on place une électrode de cuivre à la cathode ; (c) on rajoute de l'eau pure.

À la cathode, les ions Cu^{2+} sont consommés. Avec une anode en cuivre, le métal s'oxyde :

$$Cu\,(s) = Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^-$$

Les deux électrodes sont traversées par la même quantité d'électrons : chaque ion Cu^{2+} réduit à la cathode est remplacé par un ion formé à l'anode. La concentration ne varie pas.

À la cathode a lieu une réduction : le cuivre métallique, réducteur du couple Cu^{2+}/Cu, ne peut pas y fournir d'ions. Ajouter de l'eau augmente le volume sans apporter d'ions : la concentration diminue encore.

I.5.a VRAI ; **I.5.b FAUX** ; **I.5.c FAUX** : une anode en cuivre régénère les ions Cu^{2+}.

COMPRENDRE
On parle d'électrolyse à anode soluble : l'anode de cuivre s'use pendant que la pièce se recouvre. Le bilan est un simple transport de cuivre d'une électrode à l'autre.

II.1 Vrai ou faux : la masse de cuivre à déposer sur une rondelle est de (a) 20,6 g ; (b) $2{,}06 \times 10^{-4}$ kg ; (c) 206 mg.

Données utiles $S = 9{,}2\ \text{cm}^2$; $e = 25\ \mu\text{m}$; $\rho = 8960\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Le dépôt est une couche mince d'aire S et d'épaisseur e, de volume $V = S \times e$. Sa masse est $m = \rho \times V = \rho \times S \times e$.

Conversions : $S = 9{,}2 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$ et $e = 25 \times 10^{-6}\ \text{m}$.

$$m = 8960 \times 9{,}2 \times 10^{-4} \times 25 \times 10^{-6} = 2{,}06 \times 10^{-4}\ \text{kg}$$

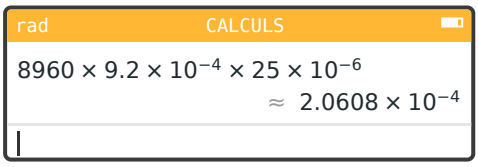
Or $2{,}06 \times 10^{-4}\ \text{kg} = 0{,}206\ \text{g} = 206\ \text{mg}$.

II.1.a FAUX ; **II.1.b VRAI** ; **II.1.c VRAI** : $m = 2{,}06 \times 10^{-4}\ \text{kg} = 206\ \text{mg}$.

PIÈGE
Les conversions : $1\ \text{cm}^2 = 10^{-4}\ \text{m}^2$ (et non 10^{-2}) et $1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m}$. Deux propositions peuvent être vraies en même temps : (b) et (c) désignent la même masse.

COMPRENDRE
Les données S et e n'ont que deux chiffres significatifs : en toute rigueur $m \approx 2{,}1 \times 10^{-4}$ kg. On garde ici trois chiffres pour comparer aux valeurs proposées.

À LA CALCULATRICE



II.2 Vrai ou faux : pour le lot de 80 kg, il faut une quantité de cuivre d'environ (a) $3{,}71 \times 10^2$ kg ; (b) 3,71 kg ; (c) 16,5 g.

Données utiles $N = 18\,000$ rondelles ; $m = 2{,}0608 \times 10^{-4}$ kg (II.1, valeur non arrondie)

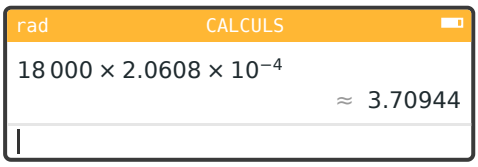
Le lot contient $N = 18\,000$ rondelles, chacune recevant la masse m de cuivre :

$$m' = N \times m = 18\,000 \times 2{,}0608 \times 10^{-4} = 3{,}71\ \text{kg}$$

II.2.a FAUX ; **II.2.b VRAI** ; **II.2.c FAUX** : $m' = 3{,}71$ kg.

PIÈGE
Les 80 kg sont la masse des rondelles d'acier, pas celle du cuivre : cette donnée ne sert pas au calcul. Le mot « quantité » désigne ici une masse, en kg.

À LA CALCULATRICE



II.3 Vrai ou faux : la quantité d'électricité qui doit circuler pour réaliser ce dépôt est de (a) $1{,}13 \times 10^{7}$ C ; (b) $1{,}13 \times 10^{9}$ C ; (c) $5{,}02 \times 10^{4}$ C.

Données utiles $m' = 3{,}71$ kg (II.2) ; $M(\mathrm{Cu}) = 63{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $F = 96\,500\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$

Quantité de cuivre déposé : $n(\mathrm{Cu}) = \dfrac{m'}{M(\mathrm{Cu})}$, avec $m' = 3{,}71 \times 10^{3}$ g.

D'après $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^{-} = Cu\,(s)}$, il faut deux moles d'électrons par mole de cuivre : $n(\mathrm{e^{-}}) = 2\,n(\mathrm{Cu})$.

La charge d'une mole d'électrons valant F : $Q = n(\mathrm{e^{-}}) \times F = \dfrac{2\,m'\,F}{M(\mathrm{Cu})}$

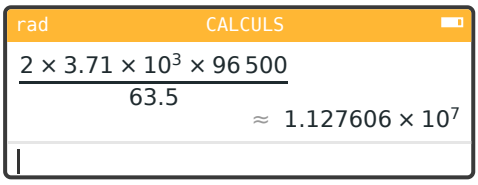
$$Q = \frac{2 \times 3{,}71 \times 10^{3} \times 96\,500}{63{,}5} = 1{,}13 \times 10^{7}\ \mathrm{C}$$

II.3.a VRAI ; **II.3.b FAUX** ; **II.3.c FAUX** : $Q = 1{,}13 \times 10^{7}$ C.

PIÈGE
Laisser m' en kg avec M en $\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$ donne un résultat mille fois trop petit ; oublier le facteur 2 le divise par deux.

MÉTHODE
Toujours passer par les électrons : masse → quantité de matière du métal → quantité d'électrons (demi-équation) → charge $Q = n(\mathrm{e^{-}}) \times F$.

À LA CALCULATRICE



II.4 Vrai ou faux : l'intensité étant constante et égale à 1200 A, la durée de l'opération est d'environ (a) 15 700 min ; (b) 157 min ; (c) 41,8 s.

Données utiles $I = 1200$ A ; $Q = 1{,}13 \times 10^{7}$ C (II.3)

Pour un courant d'intensité constante : $Q = I \times \Delta t$, donc $\Delta t = \dfrac{Q}{I}$.

$$\Delta t = \frac{1{,}13 \times 10^{7}}{1200} = 9{,}42 \times 10^{3}\ \mathrm{s}$$

En minutes : $\Delta t = \dfrac{9{,}42 \times 10^{3}}{60} = 157\ \mathrm{min}$, soit environ 2 h 37 min.

II.4.a FAUX ; **II.4.b VRAI** ; **II.4.c FAUX** : $\Delta t \approx 157$ min.

PIÈGE
La relation $Q = I \times \Delta t$ donne une durée en secondes. Il reste à diviser par 60 avant de comparer aux propositions en minutes.

À LA CALCULATRICE

