Spécialité : De la brocante à l'orfèvrerie

Bac S 2010 Métropole (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

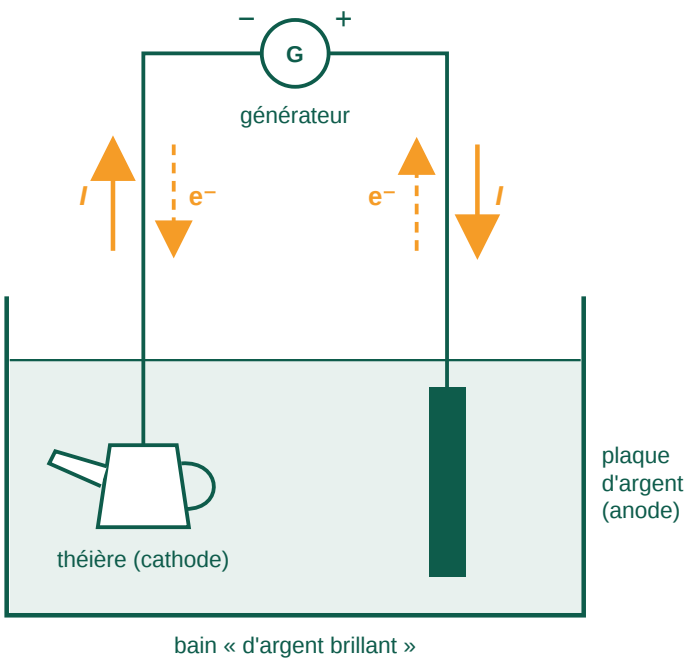
1.1 Indiquer sur la figure 5 de l'annexe le sens conventionnel du courant électrique et le sens de déplacement des électrons.

Dans le circuit extérieur, le courant sort de la borne $+$ du générateur et y revient par la borne $-$: il va de la borne $+$ vers la plaque d'argent, puis de la théière vers la borne $-$.

Les électrons circulent dans les fils en sens inverse du courant.

Courant : borne $+$ → plaque d'argent, puis théière → borne $-$.
Électrons : plaque d'argent → borne $+$, puis borne $-$ → théière.

PIÈGE
Dessiner des électrons dans le bain. Ils ne circulent que dans les fils et les électrodes ; dans la solution, ce sont les ions qui transportent la charge.



1.1 · Figure 5 de l'annexe complétée : courant (trait plein) et électrons (tirets)

1.2 Les ions argent réagissent à la cathode selon $\mathrm{Ag^+(aq) + e^- = Ag(s)}$. Quel est l'intérêt d'avoir utilisé la théière comme cathode ?

La théière est reliée à la borne $-$ du générateur : elle reçoit des électrons. Les ions $\mathrm{Ag^+}$ du bain y sont réduits en argent métallique $\mathrm{Ag(s)}$.

L'argent solide se forme à la surface de la cathode : en prenant la théière comme cathode, le dépôt d'argent se fait directement sur elle.

MÉTHODE
À la cathode a toujours lieu une réduction, à l'anode une oxydation. Dans une électrolyse, la cathode est l'électrode reliée à la borne $-$ du générateur.

1.3 Écrire l'équation de la réaction qui a lieu à l'anode, où l'argent métallique des plaques réagit. De quel type de réaction s'agit-il ?

À l'anode, l'argent des plaques cède des électrons, qui repartent vers la borne $+$ du générateur :

$\mathrm{Ag\,(s) = Ag^+\,(aq) + e^-}$: c'est une **oxydation**.

COMPRENDRE
L'argent métallique perd un électron : il est le réducteur du couple $\mathrm{Ag^+/Ag}$ et il est oxydé. C'est l'inverse de la réaction de la cathode.

1.4 Écrire l'équation de la réaction ayant lieu lors de l'électrolyse. Pourquoi parle-t-on d'« électrolyse à anode soluble » ?

On ajoute les deux demi-équations, qui échangent chacune un électron :

$$\mathrm{Ag\,(s)_{anode} + Ag^+\,(aq)_{cathode} \longrightarrow Ag^+\,(aq)_{anode} + Ag\,(s)_{cathode}}$$

L'argent des plaques passe en solution sous forme d'ions $\mathrm{Ag^+}$: l'anode est consommée, sa masse diminue, comme si elle se dissolvait dans le bain.

Bilan : l'argent est transféré de l'anode vers la cathode ; l'anode disparaît peu à peu, d'où le nom « anode soluble ».

PIÈGE
Simplifier l'équation en supprimant tout : les espèces sont identiques mais pas au même endroit. Il faut préciser l'électrode pour chaque espèce.

COMPRENDRE
Chaque ion $\mathrm{Ag^+}$ consommé à la cathode est remplacé par un ion formé à l'anode : la concentration en ions argent du bain reste constante.

2.1 Exprimer la quantité d'électricité Q qui a traversé l'électrolyseur pendant une durée Δt.

L'intensité I du courant est constante, donc :

$$Q = I \cdot \Delta t$$

COMPRENDRE
Q s'exprime en coulombs (C) si I est en ampères et Δt en secondes.

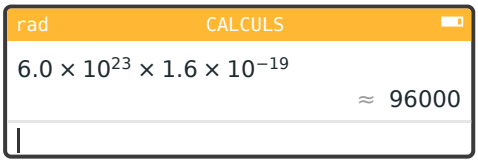
2.2 Donner l'expression de la quantité de matière d'électrons échangés $n(\mathrm{e^-_{éch}})$ en fonction de Q, N_A et e.

Une mole d'électrons contient N_A électrons, chacun de charge e en valeur absolue. La charge transportée par $n(\mathrm{e^-_{éch}})$ moles est donc $Q = n(\mathrm{e^-_{éch}}) \cdot N_A \cdot e$.

$$n(\mathrm{e^-_{éch}}) = \frac{Q}{N_A \cdot e}$$

COMPRENDRE
Le produit $N_A \cdot e$ est la charge d'une mole d'électrons : c'est la constante de Faraday, ici $6{,}0 \times 10^{23} \times 1{,}6 \times 10^{-19} = 9{,}6 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$.

À LA CALCULATRICE



2.3 Montrer que $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \dfrac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag})$, puis calculer sa valeur.

Données utiles $I = 7{,}0$ A ; $\Delta t = 35$ min ; $M(\text{Ag}) = 108$ g · mol^{-1} ; $N_A = 6{,}0 \times 10^{23}$ mol^{-1} ; $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C

D'après $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{Ag}(\text{s})$, un électron échangé donne un atome d'argent : $n(\text{Ag}_{\text{dép}}) = n(\text{e}^-_{\text{éch}})$.

Avec 2.2 puis 2.1 : $n(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \dfrac{Q}{N_A \cdot e} = \dfrac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e}$.

Comme $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = n(\text{Ag}_{\text{dép}}) \cdot M(\text{Ag})$, on obtient bien $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \dfrac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag})$.

Avec $\Delta t = 35 \times 60 = 2{,}1 \times 10^3$ s :

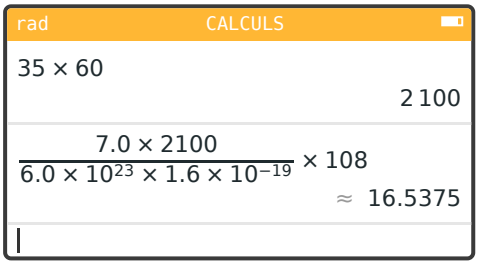
$$m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{7{,}0 \times 2{,}1 \times 10^3}{6{,}0 \times 10^{23} \times 1{,}6 \times 10^{-19}} \times 108 = 16{,}5 \text{ g}$$

$$\boxed{m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag}) \approx 17 \text{ g}}$$

PIÈGE
Laisser Δt en minutes : on trouverait 0,28 g, soit soixante fois trop peu. La durée doit être en secondes pour que $I \cdot \Delta t$ soit en coulombs.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme I, Δt, N_A et e. On garde 16,5 g pour les calculs suivants et on n'arrondit qu'au résultat.

À LA CALCULATRICE



2.4 La théière est suspendue entre deux plaques d'argent jouant le rôle d'anode. Quel avantage présente ce dispositif pour le dépôt d'argent ?

Avec une seule plaque, la face de la théière tournée vers l'anode recevrait plus d'argent que la face opposée.

Deux anodes placées de part et d'autre donnent un dépôt d'argent plus régulier sur toute la surface de la théière.

3.1 Exprimer le volume $V(\text{Ag}_{\text{dép}})$ d'argent déposé sur la théière en fonction de $m(\text{Ag}_{\text{dép}})$ et $\rho(\text{Ag})$.

Par définition de la masse volumique, $\rho(\text{Ag}) = \dfrac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{V(\text{Ag}_{\text{dép}})}$, donc :

$$\boxed{V(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{\rho(\text{Ag})}}$$

3.2 À partir de la question 2.3, calculer l'épaisseur moyenne d d'argent déposé sur la théière au cours de l'électrolyse.

Données utiles $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = 16{,}5$ g (2.3) ; $\rho(\text{Ag}) = 10$ g · cm^{-3} ; $S = 850$ cm^2

Le dépôt est uniforme : c'est une couche de surface S et d'épaisseur d, de volume $V(\text{Ag}_{\text{dép}}) = S \cdot d$.

Avec 3.1 : $S \cdot d = \dfrac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{\rho(\text{Ag})}$, donc $d = \dfrac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{\rho(\text{Ag}) \cdot S}$.

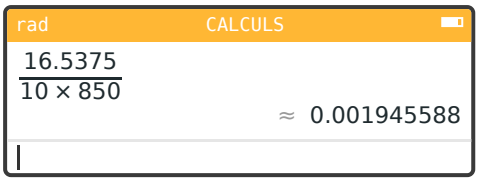
$$d = \frac{16{,}5}{10 \times 850} = 1{,}9 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\boxed{d = 1{,}9 \times 10^{-3} \text{ cm} = 19 \text{ µm}}$$

PIÈGE
Calculer avec la masse arrondie à 17 g donne 20 µm : on reprend la valeur non arrondie. Conversion : $1 \text{ cm} = 10^4$ µm.

MÉTHODE
Garder les unités du sujet quand elles sont cohérentes : des grammes divisés par des g · cm^{-3} et des cm^2 donnent des centimètres. On convertit seulement à la fin.

À LA CALCULATRICE



3.3 Déduire des données du tableau le poinçon de l'orfèvre à appliquer sur la théière restaurée.

Données utiles $d = 19$ µm (3.2) ; articles d'orfèvrerie au contact des aliments : 15 µm au minimum en qualité I, 9 µm en qualité II

Une théière est un article d'orfèvrerie au contact des aliments.
L'épaisseur du dépôt, $d = 19$ µm, est supérieure au minimum exigé pour la qualité I : $19\ \mu\text{m} > 15\ \mu\text{m}$.

L'orfèvre applique le poinçon de **qualité I**.

PIÈGE
Se tromper de colonne : 19 µm ne suffirait pas pour un couvert d'usage fréquent (33 µm en qualité I). Il faut d'abord identifier le type d'objet.