Traitement de surface d'une pièce de jeu d'échecs

Bac 2025 Métropole Septembre Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Préciser, en justifiant, les précautions à prendre lors de la manipulation de l'acide sulfurique.

Le pictogramme indique que l'acide sulfurique commercial est **corrosif** : il attaque la peau et les yeux.

On le manipule avec une blouse, des gants et des lunettes de protection, sous la hotte.

PIÈGE
La question demande de justifier : citer les protections sans nommer le danger lu sur le pictogramme ne suffit pas.

Q2 Déterminer la masse d'acide sulfurique commercial à peser pour préparer 500 mL de solution de concentration 180 g·L^{-1}.

Données utiles $c_m = 180\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $V = 0{,}500\ \text{L}$; titre massique $w = 98\ \% = 0{,}98$

Masse d'acide pur nécessaire : $m_{\text{acide}} = c_m \times V = 180 \times 0{,}500 = 90{,}0\ \text{g}$.

L'acide commercial n'est pas pur : $w = \dfrac{m_{\text{acide}}}{m_{\text{com}}}$, donc

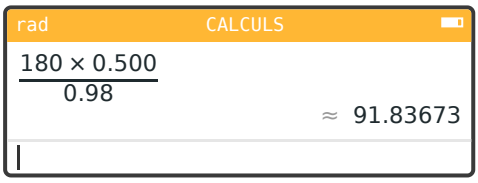
$$m_{\text{com}} = \frac{c_m \times V}{w} = \frac{180 \times 0{,}500}{0{,}98} = 92\ \text{g}$$

Il faut peser $m_{\text{com}} = 92\ \text{g}$ d'acide sulfurique commercial.

PIÈGE
Multiplier par 0,98 au lieu de diviser. Il faut plus de 90 g de liquide commercial pour apporter 90 g d'acide pur.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme le titre massique (98 %), la donnée la moins précise. La densité ne sert pas : on pèse le liquide, on ne mesure pas son volume.

À LA CALCULATRICE



Q3 Indiquer si la transformation qui se déroule lors d'une électrolyse est une transformation d'oxydoréduction spontanée ou forcée.

Le générateur fournit de l'énergie électrique et impose le sens de circulation des électrons : le système évolue dans le sens inverse de son évolution spontanée.

La transformation est **forcée**.

COMPRENDRE
Sans générateur, il ne se passerait rien dans le bain. Une pile fonctionne à l'inverse : la transformation y est spontanée et c'est elle qui fournit l'énergie électrique.

Q4 Écrire la demi-équation électronique de la transformation de l'aluminium en alumine, puis justifier que la pièce de jeu d'échecs constitue l'anode.

Données utiles couple $\text{Al}_2\text{O}_3\,(\text{s}) \,/\, \text{Al}\,(\text{s})$

$$2\,\text{Al}\,(\text{s}) + 3\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{l}) = \text{Al}_2\text{O}_3\,(\text{s}) + 6\,\text{H}^+\,(\text{aq}) + 6\,\text{e}^-$$

L'aluminium cède des électrons : il est oxydé. Cet aluminium est celui de la pièce, et l'anode est l'électrode siège d'une oxydation.

La pièce de jeu d'échecs, où se produit l'oxydation de Al, est l'**anode**.

MÉTHODE
Dans l'ordre : équilibrer l'élément Al, puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec les électrons. Vérifier : charge nulle de chaque côté.

Q5 Écrire la demi-équation électronique modélisant la réduction de l'eau, puis justifier l'observation d'un dégagement gazeux au niveau de l'électrode en graphite.

Données utiles couples $H^+(aq)$ / $H_2(g)$ et $O_2(g)$ / $H_2O(l)$

$$2\,H^+(aq) + 2\,e^- = H_2(g)$$

Cette réduction a lieu à la cathode, c'est-à-dire sur l'électrode en graphite, et son produit est un gaz.

Des bulles de dihydrogène $H_2(g)$ se dégagent sur l'électrode en graphite.

PIÈGE
Choisir le couple O_2 / H_2O : l'eau y est le réducteur, elle ne pourrait qu'être oxydée. Une réduction consomme l'oxydant d'un couple, ici H^+.

Q6 En déduire que l'équation de la réaction modélisant cette électrolyse s'écrit $2\,Al(s) + 3\,H_2O(l) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 3\,H_2(g)$.

Les électrons cédés à l'anode sont tous captés à la cathode : on multiplie la réduction par 3 pour échanger 6 électrons.

$2\,Al(s) + 3\,H_2O(l) = Al_2O_3(s) + 6\,H^+(aq) + 6\,e^-$

$6\,H^+(aq) + 6\,e^- = 3\,H_2(g)$

En additionnant, les 6 e^- et les 6 H^+ se simplifient :

$$2\,Al(s) + 3\,H_2O(l) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 3\,H_2(g)$$

COMPRENDRE
Les ions H^+ produits à l'anode sont consommés à la cathode en même quantité : ils n'apparaissent pas dans le bilan.

Q7 Indiquer sur le schéma de l'annexe le sens de déplacement des électrons, les bornes + et – du générateur, et le sens de déplacement des ions $H^+(aq)$ et $SO_4^{2-}(aq)$ dans la solution.

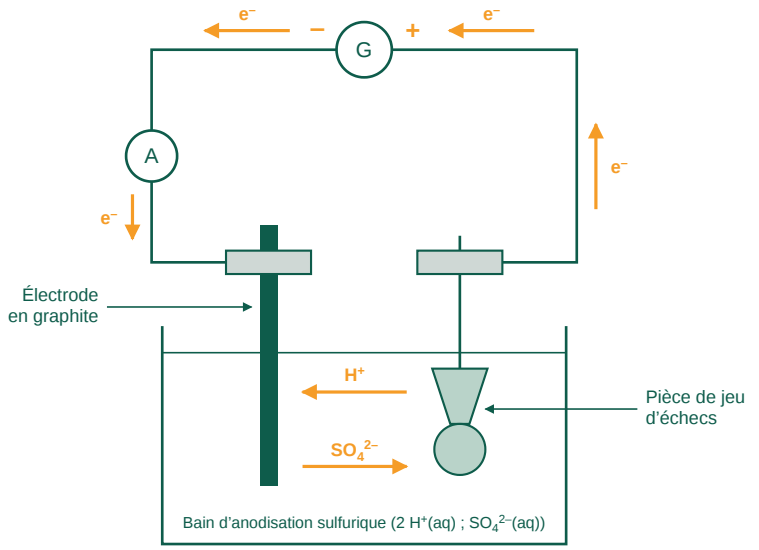
Les électrons sont libérés par l'oxydation à l'anode (la pièce) : ils la quittent par le fil et rejoignent la borne + du générateur. Ils sortent par la borne – et arrivent à la cathode (le graphite), où la réduction les consomme.

Dans la solution, les cations H^+ vont vers la cathode et les anions SO_4^{2-} vers l'anode.

Borne + reliée à la pièce, borne – reliée au graphite ; électrons de la pièce vers le graphite par le circuit ; H^+ vers le graphite, SO_4^{2-} vers la pièce.

PIÈGE
Dessiner des électrons dans la solution. Ils ne circulent que dans les fils et les électrodes ; dans le bain, le courant est porté par les ions.

MÉTHODE
Dans une électrolyse, l'anode est reliée à la borne + et la cathode à la borne –. Les cations migrent vers la cathode, les anions vers l'anode.



Q7 · Annexe complétée : électrons, bornes du générateur et déplacement des ions

Q8 Déterminer la masse théorique d'alumine $Al_2O_3\,(s)$ produite sur la pièce de jeu d'échecs au cours de cette électrolyse.

Données utiles $I = 0{,}55$ A ; $\Delta t = 40$ min ; $F = 96\,500$ C · mol^{-1} ; $M_{alumine} = 102$ g · mol^{-1}

Charge électrique débitée : $Q = I \times \Delta t$, avec $\Delta t = 40 \times 60 = 2\,400$ s.

Quantité d'électrons échangés : $Q = n(e^-) \times F$, donc $n(e^-) = \dfrac{I \times \Delta t}{F}$.

D'après la demi-équation de Q4, la formation d'une mole d'alumine libère 6 moles d'électrons : $n(Al_2O_3) = \dfrac{n(e^-)}{6}$.

Comme $m_{alumine} = n(Al_2O_3) \times M_{alumine}$:

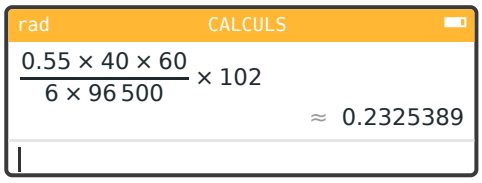
$$m_{alumine} = \frac{I \times \Delta t}{6\,F} \times M_{alumine} = \frac{0{,}55 \times 2\,400}{6 \times 96\,500} \times 102 = 0{,}23 \text{ g}$$

$m_{alumine} = 0{,}23$ g

PIÈGE
Laisser la durée en minutes : un ampère est un coulomb par seconde. Oublier le facteur 6 donne une masse six fois trop grande.

COMPRENDRE
La valeur trouvée est celle que l'énoncé donne dans la partie 3 : c'est un moyen de se contrôler.

À LA CALCULATRICE



Q9 En supposant un rendement d'anodisation de 100 %, déterminer si la coloration de la pièce de jeu d'échecs est possible.

Données utiles $\rho_{alumine} = 3{,}97$ g · cm^{-3} ; $m_{alumine} = 0{,}23$ g ; $S = 25$ cm^2 ; épaisseur minimale : 15 µm

La couche d'alumine d'épaisseur e recouvre la surface S : son volume est $V = S \times e$.

Or $\rho_{alumine} = \dfrac{m_{alumine}}{V}$, donc

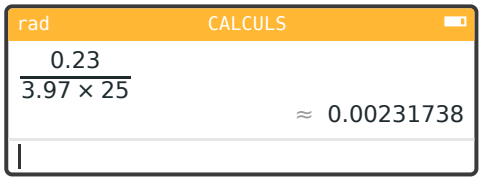
$$e = \frac{m_{alumine}}{\rho_{alumine} \times S} = \frac{0{,}23}{3{,}97 \times 25} = 2{,}3 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

soit $e = 2{,}3 \times 10^{-5}$ m $= 23$ µm.

$e = 23$ µm > 15 µm : la coloration est possible.

PIÈGE
Avec des g·cm^{-3} et des cm^2, l'épaisseur sort en centimètres. La conversion est 1 cm $= 10^4$ µm.

À LA CALCULATRICE



Q10 L'épaisseur de la couche d'alumine est en réalité voisine de 19 µm. Calculer le rendement réel de cette anodisation.

Données utiles $e_{réelle} = 19$ µm ; $e_{théorique} = 23{,}2$ µm (Q9, valeur non arrondie)

Le rendement est $\eta = \dfrac{m_{réelle}}{m_{théorique}}$. Comme $m = \rho_{alumine} \times S \times e$, la masse est proportionnelle à l'épaisseur :

$$\eta = \frac{e_{réelle}}{e_{théorique}} = \frac{19}{23{,}2} = 0{,}82$$

$\eta = 0{,}82$, soit un rendement d'environ $82\,\%$.

COMPRENDRE
Avec l'épaisseur arrondie à 23 µm, on obtient 0,83. L'écart vient de l'arrondi intermédiaire ; les deux valeurs sont acceptées, l'épaisseur réelle n'étant que « voisine » de 19 µm.

À LA CALCULATRICE

