Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2025 Métropole Septembre Jour 1 https://www.labolycee.org

Exercice 3 - Traitement de surface d'une pièce de jeu d'échecs (5 points)

Le procédé d'anodisation est un procédé de traitement de surface utilisé le plus souvent sur des pièces en aluminium.
L'aluminium Aℓ(s) est transformé à la surface des pièces en alumine $A\ell_2O_3(s)$ au cours d'une électrolyse. Cette couche d'alumine permet ainsi de protéger la pièce de la corrosion et rend possible l'imprégnation d'un colorant.



Pièce de jeu d'échecs avant traitement de surface



Pièce de jeu d'échecs après traitement de surface et coloration

On s'intéresse, dans cet exercice, au processus d'anodisation d'une pièce de jeu d'échecs en aluminium, ainsi qu'à sa coloration.

Données :

- quelques données concernant l'acide sulfurique commercial :

Formule	Masse molaire	Densité	Titre massique	Pictogramme
H_2SO_4	98,1 g·mol^{-1}	1,83	98 %	

- masse molaire de l'alumine $A\ell_2O_3(s)$: $M_{alumine}$ = 102 g·mol^{-1} ;
- masse volumique de l'eau : ρ_{eau} = 1,0 kg·L^{-1} ;
- couple oxydant/réducteur associé à l'alumine : $A\ell_2O_3(s)$ / Aℓ(s) ;
- couples oxydant/réducteur de l'eau : $H^+(aq)$ / $H_2(g)$ et $O_2(g)$ / $H_2O(\ell)$;
- charge d'une mole d'électrons : F = 96 500 C·mol^{-1} ;
- on appelle anode l'électrode siège d'une oxydation et cathode l'électrode siège d'une réduction.

1. Préparation du bain d'anodisation sulfurique

Lors de son anodisation, une pièce de jeu d'échecs est plongée dans une solution aqueuse d'acide sulfurique à 18 °C. Cette solution est aussi appelée « bain d'anodisation » sulfurique.

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

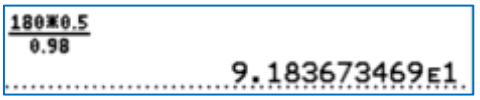
(0,25pt) L'acide sulfurique étant corrosif, il est nécessaire de porter une blouse, des gants et des lunettes de protection pour le manipuler sous la hotte.

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

(0,5pt) Titre massique $w = \dfrac{m_{acide}}{m_{solution}}$ donc $m_{acide} = w \cdot m_{solution}$

Concentration en masse $c_m = \dfrac{m_{acide}}{V_{solution}}$

Ainsi $c_m = \dfrac{w \cdot m_{solution}}{V_{solution}}$ et finalement $m_{solution} = \dfrac{c_m \cdot V_{solution}}{w}$



$m_{solution} = \dfrac{180\ \text{g·L}^{-1} \times 0{,}500\ \text{L}}{\frac{98}{100}} = 92\ \text{g}$ Il faut peser 92 g de solution d'acide sulfurique commercial.

Autre méthode : on veut préparer $V_{Solution}$ = 500 mL = 0,500 L avec $c_m = \dfrac{m_{acide}}{V_{solution}}$ = 180 g·L^{-1} .

Il faut donc $m_{acide} = c_m \cdot V_{solution}$ = 0,500 L×180 g·L^{-1} = 90 g d'acide.

Or la solution commerciale n'est pas de l'acide pur. Elle contient w = 98% d'acide avec $w = \dfrac{m_{acide}}{m_{solution}}$

Il faut peser $m_{solution} = \dfrac{m_{acide}}{w}$, soit $m_{solution} = \dfrac{90{,}0}{\frac{98}{100}} = 92\ \text{g}$

2. Anodisation de la pièce de jeu d'échecs

La pièce de jeu d'échecs, après avoir été nettoyée de manière appropriée, est immergée dans le bain d'anodisation où se déroule l'électrolyse. Elle constitue alors l'anode de l'électrolyse, la cathode étant une électrode en graphite inerte.

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

(0,25pt) Le générateur en faisant circuler les électrons provoque des réactions d'oxydoréduction. Il s'agit d'une transformation forcée.

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

Couple mis en jeu $A\ell_2O_3(s)$ / $A\ell(s)$
Le réducteur aluminium $A\ell(s)$ est oxydé pour former l'oxydant $A\ell_2O_3(s)$.
On donne ici toutes les étapes pour écrire cette demi-équation, ceci n'est pas nécessaire au bac.
$A\ell(s) = A\ell_2O_3(s) + e^-$
Conservation de l'élément aluminium
$2A\ell(s) = A\ell_2O_3(s) + e^-$
Conservation de l'élément oxygène par ajout d'eau
$2A\ell(s) + 3\ H_2O(\ell) = A\ell_2O_3(s) + e^-$
Conservation de l'élément hydrogène par ajout d'ions H^+
$2A\ell(s) + 3\ H_2O(\ell) = A\ell_2O_3(s) + e^- + 6\ H^+(aq)$
Conservation de la charge électrique en ajustant le nombre d'électrons
$2A\ell(s) + 3\ H_2O(\ell) = A\ell_2O_3(s) + 6\ e^- + 6\ H^+(aq)$
Diaporama méthode à revoir si besoin https://www.labotp.org/Oxydoreduction.html

(0,25pt) Cette oxydation a lieu à l'anode.

La cathode est le siège de la réduction de l'eau.

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.

Couple mis en jeu $H^+(aq)$ / $H_2(g)$
L'oxydant $H^+(aq)$ est réduit pour former le réducteur $H_2(g)$.
(0,25pt) $2\ H^+(aq) + 2\ e^- = H_2(g)$
(0,25pt) Il se produit un dégagement gazeux de dihydrogène $H_2(g)$.

Remarques :
Dans le couple $O_2(g)$ / $H_2O(\ell)$, l'eau est un réducteur, ainsi elle serait oxydée or ici le sujet indique une réduction de l'eau. Il ne faut pas utiliser ce couple.

Le sujet aurait pu donner cet autre couple $H_2O(\ell)$ / $H_2(g)$
$H_2O(\ell) + e^- = H_2(g)$
Conservation de l'élément oxygène
$H_2O(\ell) + e^- = H_2(g) + H_2O(\ell)$
Conservation de l'élément hydrogène
$H_2O(\ell) + e^- + 2H^+(aq) = H_2(g) + H_2O(\ell)$
Conservation de la charge électrique
$H_2O(\ell) + 2e^- + 2H^+(aq) = H_2(g) + H_2O(\ell)$
Simplification pour l'eau
$2e^- + 2H^+(aq) = H_2(g)$ On retrouve la demi-équation précédente.

Q6. En déduire que l'équation de réaction modélisant cette électrolyse s'écrit :
$2\,A\ell(s) + 3H_2O(\ell) \rightarrow A\ell_2O_3(s) + 3\,H_2(g)$

(0,25pt)

$2A\ell(s) + 3\,H_2O(\ell) = A\ell_2O_3(s) + 6\,e^- + 6\,H^+(aq)$

$(\quad 2\,H^+(aq) + 2\,e^- = H_2(g) \qquad) \times 3$

$2\,A\ell(s) + 3H_2O(\ell) + 6\,H^+(aq) + 6e^- \rightarrow A\ell_2O_3(s) + 3\,H_2(g) + 6\,e^- + 6\,H^+(aq)$

$2\,A\ell(s) + 3H_2O(\ell) \rightarrow A\ell_2O_3(s) + 3\,H_2(g)$

Q7. Indiquer, sur le schéma du montage de l'électrolyse de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE :

- **le sens de déplacement des électrons ;**
- **les bornes + et – du générateur ;**
- **le sens de déplacement des cations $H^+(aq)$ et des anions $SO^2{}_4{}^-(aq)$ dans la solution entre les électrodes.**

(0,75pt) Le sujet indique que la pièce de jeu constitue l'anode de l'électrolyse, et que la cathode est une électrode en graphite inerte. Les électrons se dirigent vers la cathode pour permettre la réduction et ils sont libérés à l'anode par l'oxydation. Les cations vont vers la cathode et les anions vers l'anode.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

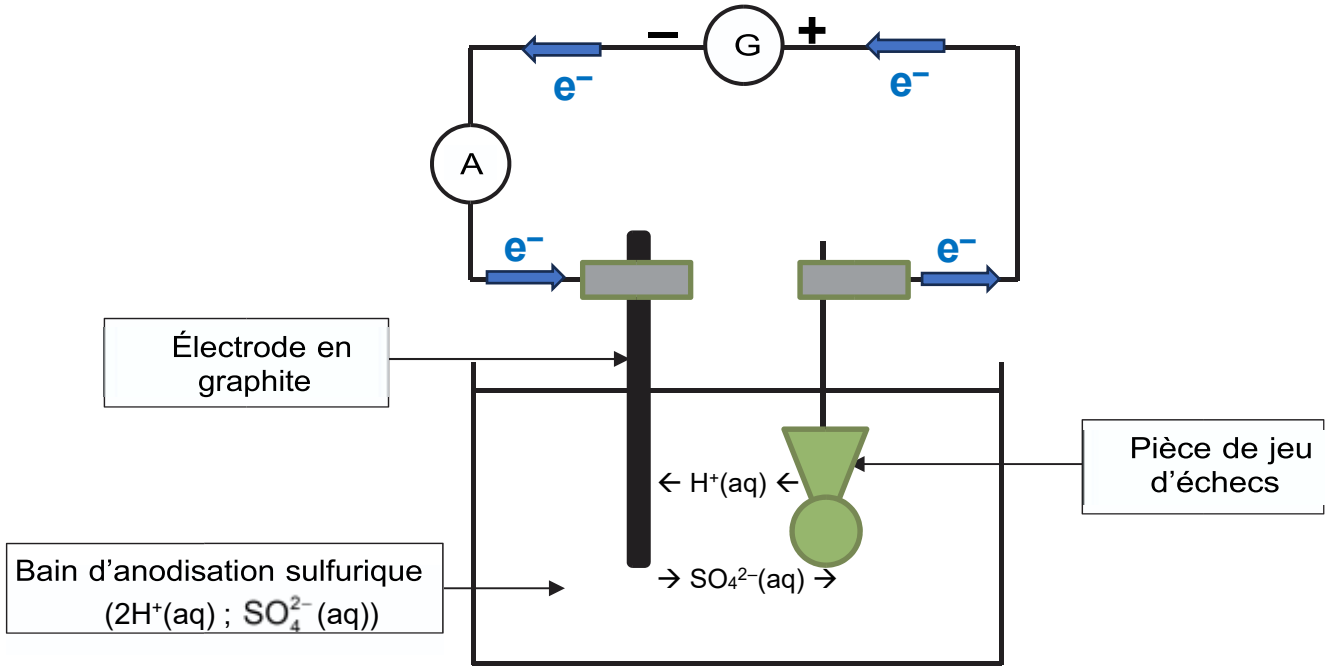


Schéma de l'électrolyse réalisée pour un traitement de surface d'une pièce de jeu d'échecs par anodisation

Durant les 40 minutes de l'électrolyse, le générateur débite un courant d'intensité constante et égale à 0,55 A.

Q8. Déterminer la masse théorique d'alumine $A\ell_2O_3(s)$ produite sur la pièce de jeu d'échecs au cours de cette électrolyse.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

(1,25pt) $Q = I \cdot \Delta t$

et $Q = n(e^-) \cdot F$

D'après l'équation de réduction $2A\ell(s) + 3\ H_2O(\ell) = A\ell_2O_3(s) + 6\ e^- + 6\ H^+(aq)$, on a $\frac{n(e^-)}{6} = \frac{n_{Al_2O_3}}{1}$ donc

$n(e^-) = 6n_{Al_2O_3}$

$Q = 6n_{Al_2O_3} \cdot F = I \cdot \Delta t$

$$n_{Al_2O_3} = \frac{I \cdot \Delta t}{6F}$$

$$\frac{m_{Al_2O_3}}{M_{Al_2O_3}} = \frac{I \cdot \Delta t}{6F}$$

$$m_{Al_2O_3} = \frac{I \cdot \Delta t}{6F} \cdot M_{Al_2O_3}$$

$$m_{Al_2O_3} = \frac{0{,}55 \times 40 \times 60}{6 \times 96500} \times 102 = 0{,}23 \text{ g d'alumine}$$

Remarque : on peut vérifier ce résultat à la question suivante.

3. Coloration de la pièce de jeu d'échecs

La couche d'alumine formée lors de l'anodisation, de formule $A\ell_2O_3(s)$, est poreuse. Lors de la coloration, les pigments de couleur se fixent dans les pores à condition d'avoir une épaisseur d'alumine d'au moins 15 µm.

Données :

- masse volumique de l'alumine : $\rho_{alumine} = 3{,}97\ g \cdot cm^{-3}$;
- masse d'alumine théorique formée lors de l'anodisation d'une pièce de jeu d'échecs : $m_{alumine} = 0{,}23$ g;
- surface estimée d'une pièce de jeu d'échecs : $S = 25\ cm^2$.

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

(0,5pt) Il faut une épaisseur e d'au moins $e = 15$ µm.

Il faut donc un dépôt de volume $V = e \cdot S$

La masse volumique de l'alumine est $\rho_{alumine} = \frac{m_{alumine}}{V}$, ainsi $\rho_{alumine} = \frac{m_{alumine}}{e \cdot S}$ donc $e = \frac{m_{alumine}}{\rho_{alumine} \cdot S}$

$$e = \frac{0{,}23 \text{ g}}{3{,}97 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 25 \text{ cm}^2} = 2{,}3 \times 10^{-3} \text{ cm} = 2{,}3 \times 10^{-5} \text{ m} = 23 \times 10^{-6} \text{ m} = 23 \text{ µm}.$$

L'épaisseur étant supérieure à 15 µm alors la coloration de la pièce est possible.

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

(0,25pt) Le rendement est défini par $\eta = \frac{m_{expérimentale}}{m_{théorique}}$,

or la masse est proportionnelle à l'épaisseur $m_{alumine} = e \cdot \rho_{alumine} \cdot S$

donc le rendement est $\eta = \frac{e_{expérimentale}}{e_{théorique}}$

$$\eta = \frac{19}{23} = 0{,}83 = 83\%$$

Merci de nous signaler la présence éventuelle d'erreurs à labolycee@labolycee.org

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.