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 $A\ell(s)$ 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 : $A\ell_2O_3(s)$ / $A\ell(s)$;
- 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

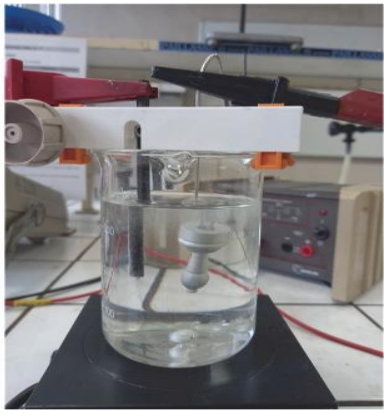
Lors de son anodisation, une pièce de jeu d'échecs est plongée dans une solution aqueuse d'acide sulfurique à 18 °C. Cette solution est aussi appelée « bain d'anodisation » sulfurique.

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

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}.

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.


Montage expérimental de l'électrolyse

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

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.

Q6. En déduire que l'équation de réaction modélisant cette électrolyse s'écrit :

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

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.

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.

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.

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

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

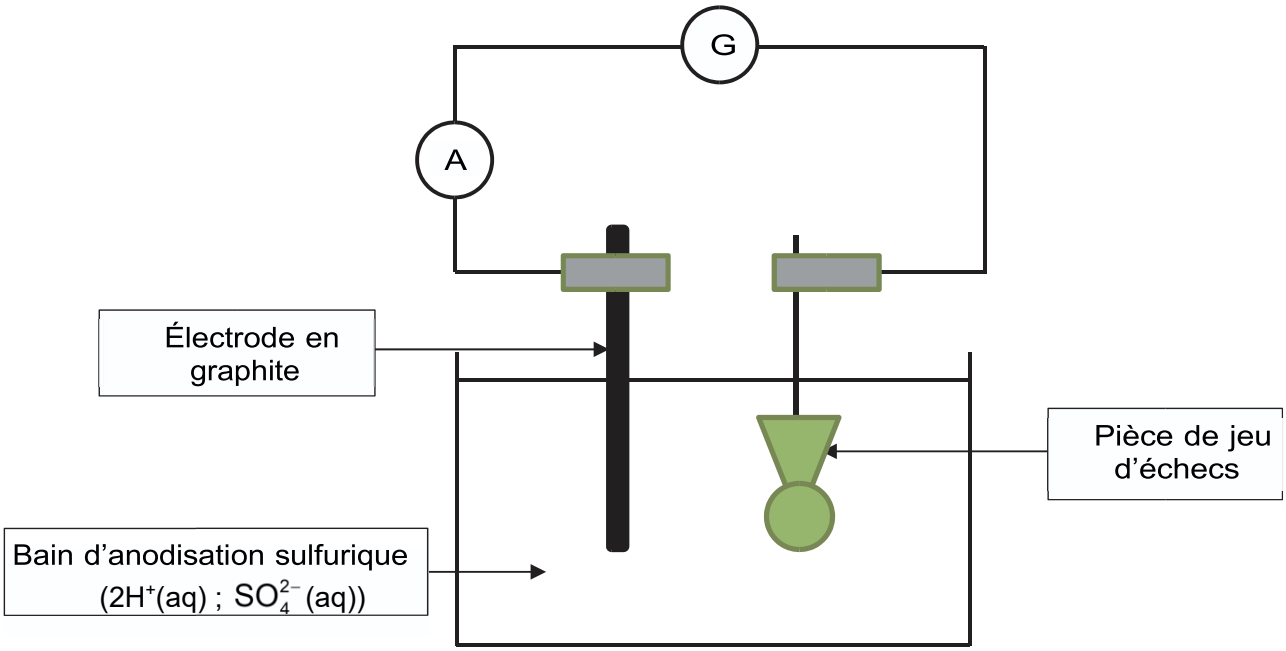


Schéma de l'électrolyse réalisée pour un traitement de surface d'une pièce de jeu d'échecs par anodisation