

10 Cuivrage d'un objet par électrolyse

Le cuivrage est une technique permettant de recouvrir d'une fine couche de cuivre des pièces d'acier soumises à l'oxydation par l'air ambiant. Cette couche de cuivre s'oxyde à l'air à la place de l'acier et forme une couche protectrice. C'est par cette méthode que les pièces de 2 centimes d'euro sont protégées.

→ **Mettre en œuvre le recouvrement d'un objet par du cuivre et comparer la masse réellement déposée à la masse attendue.**

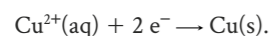
Doc. 1 Protocole de dépôt de cuivre

Le cuivrage consiste à effectuer une électrodéposition de cuivre métallique Cu(s) à la surface d'un objet grâce au passage d'un courant électrique dans une solution dans laquelle l'objet est immergé.

L'objet à recouvrir de cuivre est relié à la borne négative du générateur électrique de courant continu. À la borne positive du générateur est connectée une électrode de cuivre. Un ampèremètre est intégré au circuit pour mesurer l'intensité du courant délivré par le générateur.

Les deux électrodes sont placées dans un bécher contenant une solution composée entre autres d'ions cuivre (II) $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$. Plus la concentration en ion est élevée, plus le dépôt est efficace. Il faut agiter en permanence pour assurer l'homogénéité de la solution.

Lorsque le courant électrique circule, un dépôt de cuivre métallique Cu(s) se forme à la surface de l'objet selon la demi-équation :



Doc. 3 Détermination de la masse de métal déposé

L'efficacité de l'électrodéposition est vérifiée par comparaison de la masse m de métal réellement déposée et de la masse théorique m_{th} attendue.

Pour un dépôt de cuivre Cu(s), cette masse théorique m_{th} a pour expression :

$$m_{\text{th}} = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(\text{Cu})}{2F}$$

m_{th} : masse théorique de dépôt de cuivre (g)

I : intensité du courant d'électrolyse (A)

Δt : durée de l'électrolyse (s)

$M(\text{Cu})$: masse molaire du cuivre ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

F : constante de Faraday ($\text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$)

Données

- Constante de Faraday : $F = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse molaire du cuivre : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Doc. 2 Pièce de 2 centimes



Doc. 4 Matériel nécessaire

- 200 mL d'une solution de sulfate de cuivre (II) ($\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$; $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) à $1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en soluté apporté
- 200 mL d'une solution de sulfate de cuivre (II) ($\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$; $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) à $0,010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en soluté apporté
- Générateur de courant continu réglable ($12 \text{ V} - 1 \text{ A}$)
- Ampèremètre avec une indication de branchement
- Chronomètre
- Plaque de cuivre préalablement découpée
- Électrode de graphite étiquetée « pièce à recouvrir » prépesée (masse indiquée)
- Dispositif pour maintenir les électrodes verticales
- Bécher en verre haut de 200 mL
- Agitateur magnétique et un turbulent
- Éprouvette graduée de 250 mL
- Balance au centigramme
- Sèche-cheveux électrique
- Fils électriques
- Pissette d'eau distillée

1 Schématisation de l'expérience à réaliser (15 minutes conseillées)

1. Schématiser le montage permettant de déposer du cuivre métallique sur une électrode de graphite et le légèrer. Décrire brièvement le déroulement de l'expérience.

Appel n° 1 Appeler le professeur pour lui présenter le protocole et le schéma, ou en cas de difficulté.

2 Mise en œuvre du protocole (25 minutes conseillées)

2. Réaliser le montage à l'aide du matériel à disposition sans déclencher le générateur.

Appel n° 2 Appeler le professeur pour lui présenter le montage, puis déclencher le générateur en sa présence.

3. Après vérification du professeur, réaliser le cuivrage durant $\Delta t = 10 \text{ min}$, l'intensité I devant être proche de $1,0 \text{ A}$.
4. Noter les valeurs précises de I et Δt à la fin de l'expérience. En attendant, répondre aux questions suivantes.
5. Proposer un protocole pour déterminer la masse de cuivre déposée sur la tige de graphite.

Appel n° 3 Appeler le professeur pour lui présenter le protocole, ou en cas de difficulté.

3 Masse de cuivre déposée (20 minutes conseillées)

6. Déterminer les incertitudes $u(\Delta t)$ et $u(I)$ en considérant qu'elles correspondent à la résolution de leur appareil de mesure respectif.
7. Calculer la masse théorique de cuivre déposée ainsi que l'incertitude sur cette masse $u(m_{\text{th}})$ sachant que :

$$\frac{u(m_{\text{th}})}{m_{\text{th}}} = \sqrt{\left(\frac{u(I)}{I}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$$
8. Mesurer la masse de cuivre réellement déposée et l'incertitude sur cette mesure.
9. Comparer les masses théorique et réelle. Citer deux sources d'erreur expérimentale expliquant la différence entre ces deux valeurs.

Défaire le montage et ranger la paillasse.

Se préparer
aux ECE

Pour préparer l'épreuve expérimentale, réaliser le schéma d'une expérience d'électrolyse en y incluant tous les éléments nécessaires et en les légendant.