

Des casseroles en cuivre dans la cuisine des grands chefs...

Si la casserole en cuivre est abandonnée par les ménagères, qui préfèrent utiliser des casseroles en acier inoxydable, elle est en revanche très utilisée par les grands chefs !

L'objectif de l'exercice est :

- de comprendre pourquoi la casserole en cuivre est abandonnée par les ménagères au profit des casseroles en acier inoxydable.
- d'évaluer la durée d'une électrolyse pour étamer une casserole en cuivre

Document 1.

Les casseroles en cuivre semblent un luxe. En sont-elles vraiment ? La chose n'est pas certaine, car le cuivre conduit très bien la chaleur : tout excès de chaleur, en un point de la casserole, est rapidement dissipé parce que la chaleur se propage rapidement vers le reste de l'ustensile...

Pour éviter le contact toxique du vert-de-gris, on doit toutefois recouvrir les ustensiles en cuivre d'étain pur, aujourd'hui par électrolyse.

D'après Hervé This. les secrets de la casserole

Document 2. Inégalités de vieillissement des métaux.

Mise à part la très rare exception de l'or, tous les métaux s'oxydent au contact d'un oxydant aussi puissant que le dioxygène atmosphérique. Pourtant le résultat de l'oxydation n'est pas le même sur tous les métaux.

Cette grande différence de comportement s'explique grâce à la cristallographie. En effet, la structure des couches d'oxyde formées diffère énormément selon la nature du métal de départ. Ainsi, le zinc, l'aluminium ou le cuivre ont la « chance » de former à leur surface des couches cohésives et imperméables d'oxyde (oxyde de zinc, oxyde d'aluminium, vert-de-gris pour le cuivre). Ainsi, une fois cette première couche formée (qui toutefois ternit l'éclat métallique initial), le dioxygène de l'air n'a plus la possibilité de se trouver au contact du métal encore présent en dessous. On dit qu'il y a passivation de ce métal.

En revanche, la couche d'oxyde formés lors de l'oxydation du fer, la rouille, est non seulement peu adhérente mais de plus perméable aux gaz et à l'eau. Ainsi l'attaque du fer se poursuit en profondeur, et le phénomène ne cesse que lorsqu'il n'y a plus de fer à oxyder.

Document 3. Cours des métaux d'après <http://www.coursdesmetaux.net/>

| Métal | Prix pour un kilogramme |
|-----------|--------------------------|
| Aluminium | 1,5 euros |
| Cuivre | 5 euros |
| fer | 15 centimes d'euros |
| acier | 20 à 30 centimes d'euros |

Document 4. Nettoyage des casseroles en cuivre d'après <http://www.maison-facile.com>

- Frottez votre objet avec un mélange de vinaigre, de farine et de sel à parts égales. Frottez ensuite avec un chiffon de laine pour faire briller.
- Plus simplement, utilisez un détergent dilué avec de l'eau très chaude.

Cet entretien courant évitera l'apparition de vert-de-gris. Rappelons qu'une casserole ayant été oxydée (recouverte de vert-de-gris) ne doit en aucun cas être en contact avec des aliments.

1. Pour quelles raisons les casseroles en cuivre ne sont-elles plus utilisées par les ménagères ?

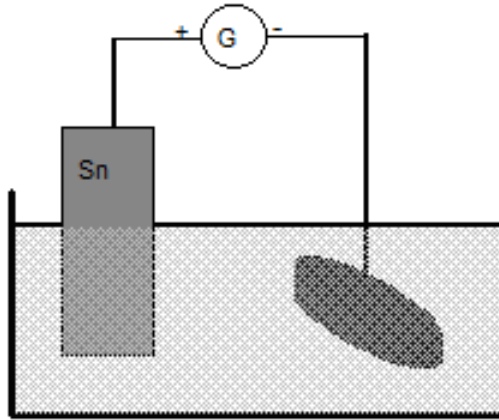
2. A quelle condition, les grands chefs peuvent-ils cuisiner dans des casseroles en cuivre ?

Document 5. Etamage d'une casserole de cuivre

L'électrolyse du cuivre consiste à déposer une fine couche d'étain sur toute la surface de la casserole. Ce procédé est appelé étamage et est schématisé ci-dessous.

L'électrolyte est constitué de sulfate d'étain, $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$.

La casserole à étamer constitue la cathode, l'autre électrode étant de l'étain $\text{Sn}_{(\text{s})}$



Couples d'oxydoréduction : $\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}$

$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$

$\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$

Document 6. Charge électrique mise en jeu pendant une électrolyse

► Lors d'une électrolyse, lorsque le générateur débite un courant d'intensité constante I pendant la durée Δt , une charge électrique (ou quantité d'électricité) Q traverse l'électrolyseur :

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

Q en coulomb (C) I en ampère (A) Δt en seconde (s)

► Cette charge électrique Q est égale à la valeur absolue de la charge totale des électrons échangés aux électrodes. Si, pendant la durée Δt , il est échangé une quantité $n(e^-)$ d'électrons, alors :

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

où N_A est la constante d'Avogadro, $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;

e est la charge élémentaire, $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;

F est le faraday, $F = N_A \times e = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Le faraday est la valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons.

Résolution de problème.**Questions préalables.**

3. Reproduire le schéma de l'électrolyse en indiquant le sens du courant électrique dans le circuit ainsi que le sens de circulation des porteurs de charge dans les conducteurs métalliques et dans la solution.

4. Ecrire, en justifiant, les demi-équations des réactions aux électrodes.

Problème

On veut étamer une casserole cylindrique, de diamètre $D = 15 \text{ cm}$, de hauteur $H = 7,0 \text{ cm}$, et d'épaisseur négligeable. Le dépôt d'étain doit être réalisé sur les faces interne et externe et sur une épaisseur $e = 20 \mu\text{m}$.

Le volume d'étain nécessaire pour le dépôt est donné par la relation $V = S \cdot e$ avec $S = \frac{\pi D^2}{2} + 2 \pi D H$.

L'intensité du courant électrique est maintenue constante pendant toute la durée Δt de l'électrolyse et vaut : $I = 0,250 \text{ A}$.

5. Calculer la durée minimale Δt de l'électrolyse pour réaliser ce dépôt. Commenter la valeur trouvée

Données :

- ✓ Masse molaire de l'étain : $M(\text{Sn}) = 119 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ✓ Constante de Faraday : $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ✓ masse volumique de l'étain est $\rho = 7,30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

GRILLE D'EVALUATION

| Compétences | Eléments de réponses | Barème |
|---|--|--------|
| Rechercher, extraire et exploiter l'information | <ul style="list-style-type: none"> - Casserole en cuivre sont beaucoup plus onéreuses que les casseroles en acier (doc 3) - Les casseroles en cuivre s'oxydent au contact de l'air et un dépôt de vert-de-gris les recouvre. Même si ce dépôt ne détériore pas le récipient, il est nécessaire de nettoyer régulièrement les casseroles pour éliminer le dépôt qui est toxique. L'acier inoxydable ne nécessite pas d'entretien particulier ! et ne présente pas de danger pour l'homme - Les casseroles en cuivre des grands chefs sont étamées, c'est-à-dire recouverte d'une couche d'étain qui protège le cuivre de la corrosion | |
| Mobiliser les connaissances | Déplacement correct des porteurs de charges | |
| Raisonner | <p>A la cathode : arrivée des électrons donc il y a réduction des ions Sn^{2+} pour former un dépôt d'étain sur la casserole</p> $\text{Sn}^{2+}_{(aq)} + 2 e^- = \text{Sn}_{(s)}$ <p>A l'anode : départ des électrons. La seule espèce susceptible d'être oxydée est l'étain</p> $\text{Sn}_{(s)} = \text{Sn}^{2+}_{(aq)} + 2 e^-$ | |
| Raisonner Communiquer en utilisant des outils pertinents | <p>Relier la qté de Sn formé à la qté d'électrons échangés : $n(\text{Sn}) = n(e^-)/2$</p> <p>Relier la qté d'électrons à l'intensité et au temps $Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$</p> <p>Donc $\Delta t = n(e^-) \cdot F / I = 2 n(\text{Sn}) \cdot F / I$</p> <p>Relier la qté de Sn à la masse de Sn à déposer : $n(\text{Sn}) = m(\text{Sn}) / M(\text{Sn})$</p> <p>Donc $\Delta t = \frac{2 \cdot m_{\text{Sn}} \cdot F}{I \cdot M_{\text{Sn}}}$</p> <p>Relier la masse de Sn à déposer au volume de Sn à déposer $m(\text{Sn}) = \rho \cdot V = \rho \cdot e \cdot \left(\frac{\pi D^2}{2} + 2 \pi D H \right)$</p> <p>Donc $\Delta t = 2 \cdot F \cdot \rho \cdot e \cdot \left(\frac{\pi D^2}{2} + 2 \pi D H \right) / (I \cdot M(\text{Sn}))$</p> <p>$= 2 \times 96500 \times 7,30 \times 20 \cdot 10^{-4} (\pi(15)^2/2 + 2 \pi \cdot 15 \cdot 7,0) / (0,250 \cdot 119) = 96 \cdot 10^3 \text{ s} = 27\text{h}$</p> | |
| Faire preuve d'esprit critique | C'est long 27h : étamer une casserole en cuivre augmente le coût de la casserole (dépôt d'un métal qui a un prix/dépense énergétique pour assurer le maintien d'un courant élec | |