

Résolution de problème 6 Nickelage chimique - Correction

mots clés : protection

A. Énoncé du problème

Une plaque d'acier peut être protégée contre la corrosion en la recouvrant par une fine couche de nickel métallique, Ni(s). Le dépôt peut être réalisé par électrolyse ou par réaction chimique comme le propose cet énoncé.

Le dépôt du nickel se fait par réduction des ions nickel (II), Ni²⁺(aq), par les ions hypophosphite, H₂PO₂⁻(aq), ceux-ci étant oxydés en ion dihydrogénophosphate H₂PO₄⁻(aq).

Les deux faces et les quatre bords de la plaque P ont une surface totale S = 425 cm².

Le nickelage est effectué à 25 °C en plongeant, le temps nécessaire, la plaque d'acier dans une solution de volume V₀ = 3,00 L d'une solution de chlorure de nickel (II), Ni²⁺(aq) + 2 Cl⁻(aq), à la concentration C en ions nickel (II) et d'hypophosphite de sodium, Na⁺(aq) + H₂PO₂⁻(aq), à la concentration C' en ions hypophosphite.

On souhaite réaliser un dépôt d'une épaisseur e(Ni) = 0,100 mm.

Données

Masse volumique du nickel : ρ(Ni) = 8,92 g · cm⁻³.

Solubilité à 25 °C :

- du chlorure de nickel : 2,32 mol · L⁻¹ ;
- de l'hypophosphite de sodium : 2,24 mol · L⁻¹.



■ Ces écrous et ces vis sont protégés de la corrosion par nickelage.

Problème

Quelles doivent être les valeurs minimales de C et C' pour réaliser ce nickelage chimique ?

B. Aide à la résolution

► **Quel problème pose l'énoncé ? Quelles pistes suivre pour y répondre ?**

- L'énoncé demande de trouver la concentration des deux réactifs d'une solution dont le volume est fourni. Il est donc nécessaire de connaître la quantité de ces réactifs.
- La contrainte porte sur l'épaisseur de nickel ; la détermination de la quantité de nickel à déposer constitue une piste pour résoudre ce problème.

► **Quelles sont les étapes de la résolution ?**

Une façon de faire	Comment le faire ?
1 Déterminer la quantité de nickel à déposer.	► Calculer la masse de nickel à déposer à l'aide de S, e et ρ(Ni), puis utiliser la masse molaire du nickel.
2 Relier la quantité de nickel métallique, Ni(s), à celle des ions nickel (II), Ni ²⁺ (aq).	► Écrire la demi-équation électronique de la réduction des ions Ni ²⁺ .
3 Déterminer la concentration C des ions nickel (II) dans la solution.	► Utiliser la relation liant quantité et concentration pour un ion en solution dans un volume V.
4 Déterminer la concentration C' des ions hypophosphite dans la solution.	► Relier les concentrations C et C'. Il faut, pour cela, connaître l'équation de la réaction d'oxydoréduction mise en jeu et donc les demi-équations redox relatives aux deux couples. ► Utiliser le fait que les valeurs minimales de C et C' sont obtenues pour un mélange stœchiométrique des réactifs.
5 Analyser de façon critique le résultat obtenu.	► Vérifier que le résultat obtenu a une valeur crédible et cohérente avec les données fournies.

1. Déterminons la quantité de nickel à déposer. Pour cela nous allons d'abord calculer la masse du nickel :

$$m(\text{Ni}) = \rho \times V = \rho \times S \times e$$

$$\text{avec : } S = 425 \text{ cm}^2$$

$$e = 0,100 \text{ mm} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

$$\rho = 8,92 \text{ g.cm}^{-3}$$

on a donc $m(\text{Ni}) = 37,9 \text{ g}$ de nickel à déposer.

$$\text{Or } n(\text{Ni}) = m(\text{Ni}) / M(\text{Ni})$$

$$\text{avec } M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$$

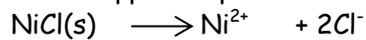
$$\text{donc } n(\text{Ni}) = 6,46 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

2. Le dépôt du nickel se fait par réduction des ions $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ d'après la demi-équation électronique :



On a donc $n(\text{Ni}^{2+}) = n(\text{Ni}) = 6,46 \times 10^{-1} \text{ mol}$

3. Les ions nickel sont apportés par la solution de chlorure de nickel (II)



D'après cette équation $n(\text{NiCl}_2) = n(\text{Ni}^{2+}) = C \times V_0$ et donc $C = n(\text{Ni}^{2+}) / V_0$

$$\text{Soit } C = 2,15 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

4. Pour connaître la concentration C' en ions hypophosphite il faut connaître l'équation de la réaction d'oxydo-réduction décrite dans le texte.



Soit le bilan: $2 \times \text{(R)} + \text{(O)}$



On en déduit $n(\text{Ni}^{2+}) / 2 = n(\text{H}_2\text{PO}_2^-)$

par conséquent $n(\text{H}_2\text{PO}_2^-) = 3,23 \times 10^{-1} \text{ mol}$ et $C' = n(\text{H}_2\text{PO}_2^-) / V_0$ d'où $C' = 1,08 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

5. Les concentrations obtenues sont inférieures à la solubilité de chaque espèce ionique, ce qui prouve que les solides se sont bien complètement dissous pour former les solutions de concentrations C et C' .