

On va se galvaniser ! Forcer l'évolution d'un système

L'électrolyse est une technique forçant une transformation très limitée à poursuivre son évolution. Elle connaît des applications très variées : purifications industrielles, charge des accumulateurs, etc...

Comment forcer l'évolution d'un système chimique ?

A Le zincage

Certaines toitures en acier sont recouvertes d'une fine couche de zinc afin de les protéger de la corrosion. Ce zincage se fait par électrolyse. Industriellement, on plonge une plaque d'acier dans une solution contenant des ions zinc (II) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ et on fait circuler un courant électrique entre cette plaque et une (ou plusieurs) électrode(s) de zinc de façon à provoquer le dépôt de zinc $\text{Zn}(\text{s})$.



PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL 1

- ✓ Dans un tube à essai, VERSER quelques millilitres d'une solution de sulfate de zinc $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ de concentration $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en ions zinc (II) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$.
- ✓ INTRODUIRE un clou décapé. NOTER les observations.

Données

- Couples oxydant / réducteur : $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s}) ; \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) / \text{Fe}(\text{s})$.
- Constante K associée à l'équation : $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$
 $K = 1,5 \times 10^{-11}$.

COMPLÉMENT SCIENTIFIQUE

- Lors d'une électrolyse, lorsque le générateur débite un courant d'intensité I constante pendant une durée Δt , une charge électrique Q traverse l'électrolyseur :

$$Q = I \times \Delta t$$

avec Q en coulomb (C), I en ampère (A) et Δt en seconde (s).

- Cette charge électrique Q est telle que :

$$Q = n(e^-) \times N_A \times e$$

avec $n(e^-)$, la quantité d'électrons échangés, en mole (mol) ; $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$, la charge électrique élémentaire.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL 2

- ✓ REMPLIR un tube en U avec une solution acidifiée de sulfate de zinc de concentration $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en ions zinc (II) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$.
- ✓ PESER un clou en fer et une plaque en fer, puis INTRODUIRE la plaque en fer dans l'une des branches du tube en U, et le clou en fer dans l'autre branche.
- ✓ RELIER le clou en fer à la borne négative d'un générateur de tension continue réglable et la plaque de fer à la borne positive. INSÉRER un ampèremètre en série dans le circuit ainsi formé.
- ✓ RÉGLER le générateur afin qu'une intensité voisine de 0,2 A circule dans le circuit.
- ✓ DÉCLENCHER le chronomètre et réaliser l'électrolyse, sans agitation, pendant une vingtaine de minutes. NOTER les observations.
- ✓ RELEVÉ la durée exacte de l'électrolyse et la valeur exacte de l'intensité maintenue, si possible, constante.
- ✓ Après séchage, PESER à nouveau les électrodes.

Remarque : le zincage s'appelle dans l'industrie la galvanisation.

Exploitation :

1. a. Mettre en œuvre le protocole expérimentale 1.
b. Une transformation chimique semble-t-elle avoir eu lieu ?
2. a. On considère l'équation fournie dans les données. Exprimer puis calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial en fonction des concentrations des espèces présentes.
b. Comparer les valeurs de $Q_{r,i}$ et K ; conclure.
c. Exprimer K en fonction des concentrations des espèces présentes à l'état d'équilibre, puis calculer la valeur de la concentration en ions fer (II) $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ à l'état final. Pourquoi peut-on affirmer que la réaction est très peu avancée ?
3. Mettre en œuvre le protocole expérimental 2.
4. Faire un schéma légendé du montage en précisant les bornes du générateur, le sens de déplacement des électrons, le sens conventionnel du courant électrique, la nature et le sens des porteurs de charge dans la solution.
5. Ecrire les équations des réactions électrochimiques qui se déroulent aux électrodes.
6. Déterminer la masse de zinc qui aurait dû se déposer sur l'électrode reliée à la borne négative.
7. Comparer la masse attendue à celle obtenue expérimentalement et proposer une explication à une éventuelle différence.
8. Comment forcer l'évolution d'un système chimique ?