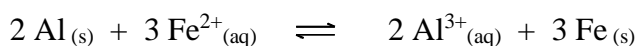


**Protection des fondations en acier des éoliennes en mer**  
**(Bac Spécialité Physique-Chimie - Amérique du Nord - mai 2021)**

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

© <http://b.louchart.free.fr>

**A. Protection du fer par l'aluminium**



1.  $Q_{r,i} = \frac{[\text{Al}^{3+}]_i^2 \times c^0}{[\text{Fe}^{2+}]_i^3}$

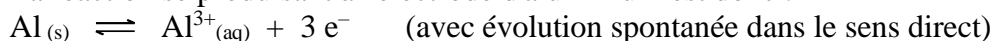
2. Pour la solution  $(\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Cl}^{-}_{(aq)})$ ,  $[\text{Fe}^{2+}]_i = 1 \times C_1 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

Pour la solution  $(2 \text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3 \text{SO}_4^{2-}_{(aq)})$ ,  $[\text{Al}^{3+}]_i = 2 \times C_2 = 2 \times 5,0 \times 10^{-2} = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

3. On en déduit que  $Q_{r,i} = \frac{(1,0 \times 10^{-1})^2 \times 1}{(1,0 \times 10^{-1})^3} = 1,0 \times 10^1$

$Q_{r,i} < K$ , donc il y a évolution spontanée du système dans le sens direct.

4. La réaction se produisant à l'électrode d'aluminium est donc :

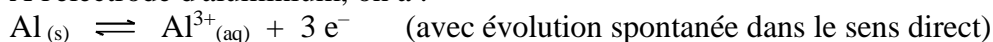


Les électrons libérés par cette réaction circulent ensuite dans le circuit extérieur, de l'électrode d'aluminium à l'électrode de fer.

5. Si l'ampèremètre (avec la borne COM du côté de l'électrode de fer) affiche une valeur négative pour l'intensité électrique, cela signifie que le sens réel du courant va de l'électrode de fer à l'électrode d'aluminium, donc que les électrons circulent dans le circuit extérieur de l'électrode d'aluminium vers l'électrode de fer.

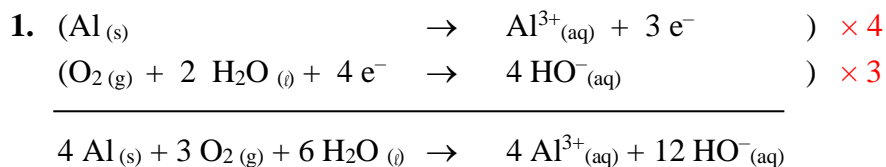
C'est en accord avec le résultat de la question 4.

6. À l'électrode d'aluminium, on a :

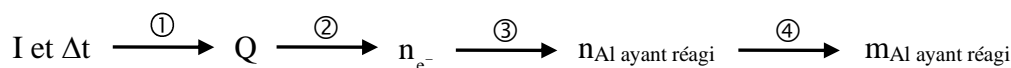


C'est une oxydation, donc l'électrode d'aluminium est l'anode de la pile.

## B. Masse d'aluminium nécessaire à la protection de la structure métallique d'une éolienne



### 2. Plan de la résolution du problème :



① La charge électrique  $Q$  qui doit circuler en  $\Delta t = 25$  ans :

$$Q = I \times \Delta t = 400 \times (25 \times 365,25 \times 24 \times 60 \times 60) = 3,2 \times 10^{11} \text{ C}$$

② Calculons maintenant la quantité de matière d'aluminium oxydé en 25 ans.

La valeur absolue de la charge d'électricité d'une mol d'électrons vaut :

$$\mathcal{F} = N_A \times | - e | = N_A \times e = 6,02 \times 10^{23} \times 1,602 \times 10^{-19} = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

On en déduit la quantité d'électrons ayant circulé :

$$n_{e^{-}} = \frac{Q}{\mathcal{F}} = \frac{3,2 \times 10^{11}}{9,65 \times 10^4} = 3,3 \times 10^6 \text{ mol}$$

④ Déterminons ensuite la quantité de matière d'aluminium oxydé.



$$\text{D'après l'équation-bilan, } n_{\text{Al ayant réagi}} = \frac{n_{e^{-}}}{3} = \frac{3,3 \times 10^6}{3} = 1,1 \times 10^6 \text{ mol}$$

⑤ Ainsi, la masse de zinc oxydée vaut, en 25 ans :

$$m_{\text{Al oxydé}} = n_{\text{Al ayant réagi}} \times M(\text{Al}) = 1,1 \times 10^6 \times 27,0 = 2,9 \times 10^7 \text{ g} = 2,9 \times 10^4 \text{ kg} = 29 \text{ t}$$

Finalement, la masse d'aluminium nécessaire pour une "protection cathodique" pendant une durée de 25 ans serait de 29 t.

3. Cette masse est considérable, d'autant que c'est pour une seule éolienne.

Cela rejeterait énormément d'ions aluminium en mer, ce qui serait mauvais pour l'environnement.

C'est ce qu'indique la dernière phrase du texte d'introduction : "Finalement, après concertation, le constructeur du parc lui a préféré un système de protection dit "par courant imposé" qui permet d'éviter le rejt de métaux dans l'environnement.