

3. Les batteries dans un avion

Dans un article du monde du 15 février 2013, on peut lire : « Airbus a tranché ! L'avionneur européen a annoncé, vendredi 15 février, qu'il "renonce à installer des batteries au lithium-ion" sur son futur avion long-courrier A350. A la place, Airbus va activer son "plan B" et installer des batteries au cadmium. Une technologie plus ancienne, moins performante, mais aussi plus éprouvée. Cette décision de l'avionneur européen intervient alors que les autorités de l'aviation enquêtent sur les incidents à répétition qui ont provoqué l'interdiction de vol, depuis le 17 janvier, du Boeing 787. Par deux fois, le 9 puis le 16 janvier, les batteries au lithium de deux Dreamliner ont pris feu obligeant les avions à atterrir en urgence». Les données nécessaires aux réponses de cette partie se trouvent en annexes 1 et 5

3.1 Pile nickel-cadmium du laboratoire

La pile nickel-cadmium est constituée de deux demi-piles reliées par un pont salin et mettant en jeu les couples oxydant-réducteur $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) / \text{Ni}(\text{s})$ et $\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cd}(\text{s})$. Chaque demi-pile contient 20 mL de solution aqueuse de même concentration $C_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

- l'une de sulfate de nickel ($\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) à $\text{pH}=0$

- l'autre de sulfate de cadmium ($\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) à $\text{pH}=0$

3.1.1 Elaborer le mode opératoire permettant de préparer 100,0 mL d'une solution de sulfate de nickel de concentration $C_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ à partir de sulfate de nickel hexahydraté, solide. Toute la verrerie de base de laboratoire peut être utilisée.

6 points

Sulfate de nickel (II) hexahydraté $M = 262,86 \text{ g.mol}^{-1}$.

$C = n/V$ donc $n = C \cdot V = 0,10 \cdot 0,1000 = 0,010 \text{ mol}$

$M = m/n$ donc $m = M \cdot n = 262,86 \cdot 0,010 = 2,63 \text{ g}$

Il faut donc prélever 2,63 g de sulfate de nickel hexahydraté.

- Peser 2,63 g de sulfate de nickel hexahydraté dans une capsule à l'aide d'une balance
- Mettre le sulfate de nickel hexahydraté dans une fiole jaugée de 100,0 mL
- Remplir la fiole aux 3/4 avec de l'eau distillée
- Agiter pour dissoudre le sulfate de nickel hexahydraté
- Remplir la fiole jusqu'au trait de jauge en finissant à l'aide d'un compte-goutte
- Agiter pour homogénéiser.

3.1.2 Sachant que l'électrode positive est constituée par l'électrode de nickel, représenter la pile $\text{Cd} / \text{Cd}^{2+} // \text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$, et faire apparaître le déplacement des porteurs de charge.

4 points

- $\text{Cd} \quad \text{Cd}^{2+} \quad \text{Ni}^{2+} \quad \text{Ni} \quad +$

3.1.3 Quel type de réaction se produit à l'anode ?

1 point

A l'anode, il se produit une oxydation.

3.1.4 Quel type de réaction se produit à la cathode ?

1 point

A la cathode, il se produit une réduction.

3.1.5 Ecrire la réaction qui se produit à chaque électrode puis la réaction globale.

3 points



3.1.6 Quel est le rôle du pont salin ?

2 points

Le pont salin sert à faire la jonction entre les deux électrolytes. Il permet de faire passer le courant sans que les deux solutions (électrolytes) ne se mélangent.

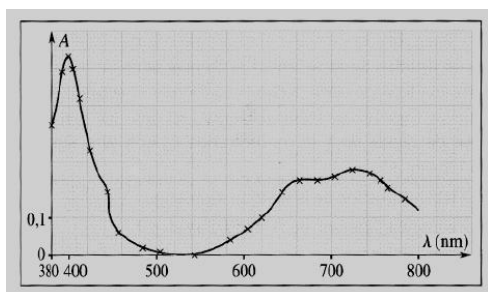
3.1.7 On laisse débiter la pile. Comment évolue la concentration en ions Nickel ?

2 points

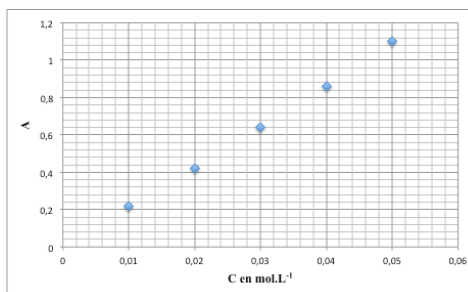
La concentration en ions Nickel augmente lorsqu'on laisse débiter la pile.

Pour vérifier cette évolution, on utilise un spectrophotomètre. On obtient alors les 2 documents ci-dessous donnant respectivement l'évolution de l'absorbance d'une solution de sulfate de nickel, $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$, $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, en fonction de la longueur d'onde et l'évolution de l'absorbance à 400 nm en fonction de la concentration en ion nickel.

Doc 1



Doc 2



3.1.8 Rappeler la loi de Beer-Lambert.

2 points

L'absorbance est proportionnelle à la concentration de l'espèce colorée. La loi de Beer-Lambert constitue la relation entre l'absorbance, l'épaisseur de la solution traversée et la concentration molaire de l'espèce absorbante : $A = \epsilon \cdot l \cdot C$ (avec A sans unité, l en cm, C en mol/L et ϵ en L/mol/cm).

3.1.9 Donnez l'équation de la courbe représentant la fonction $A = f(C)$.

4 points

$A = f(C) = a \cdot C$ avec $a = (0,64 - 0,22) / (0,03 - 0,01) = 21$

Donc $A = f(C) = 21 \cdot C$

3.1.10 A une date t_1 , on mesure $A = 0,95$. Quelle est la concentration en ions nickel de l'électrolyte à cette date t_1 ? Ce résultat est-il cohérent avec la réponse donnée à la question

3 points

A la date t_1 : $A = f(C) = 21 \cdot C = 0,95$

$f(0,04524) = 21 \cdot 0,04524 = 0,95$

Donc $C = 0,04524$ mol/L à la date t_1 .

Ce résultat est cohérent avec la réponse de la question 3.1.7. : la concentration en ions nickel augmente lorsque on laisse débiter la pile.

3.2 L'accumulateur Ni-Cd

L'électrolyte de la batterie Nickel-Cadmium est en fait une solution très alcaline. De ce fait la force électromotrice de la pile est alors de 1,35V.

(-) acier | Cd(s), Cd(OH)₂(s) | Li(OH)aq | NiO(OH)(s), Ni(OH)₂(s) | acier (+)

La réaction de décharge de l'accumulateur est alors : $\text{Cd(s)} + 2 \text{NiO(OH)(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} = \text{Cd(OH)}_2\text{(s)} + 2 \text{Ni(OH)}_2\text{(s)}$

3.2.1 Quelle est la différence entre une pile et un accumulateur ?

1 point

Pour les piles, les processus chimiques sont irréversibles alors qu'ils sont réversibles dans les accumulateurs.

3.2.2 Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système (expressions littérales).

4 points

| Équation | | $\text{Cd}_{(s)} + 2\text{NiO(OH)}_{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{Cd(OH)}_{2(s)} + 2 \text{Ni(OH)}_{2(s)}$ | | | | | Quantité d'électrons échangés (mol) |
|----------------------|------------|--|-------|-------|----------------|----------------|-------------------------------------|
| | Avancement | Quantités de matière (mol) | | | | | |
| État initial | x = 0 | n ₀ | excès | excès | n ₂ | n ₃ | 0 |
| En cours de réaction | x | n0-x | excès | excès | n2+x | n3+2x | |
| État final | xmax | n0-xmax=0 | excès | excès | n2+xmax | n3+2xmax | |

3.2.3 Le cadmium étant le réactif limitant, donner la relation entre la quantité de matière initiale de cadmium, notée n₀, et la quantité de matière d'électrons échangés lorsque la réaction est terminée.

2 points

3.2.4 Déterminer la quantité maximale d'électricité que peut débiter cet accumulateur pour une masse initiale de cadmium égale à m = 2,0 g.

6 points

$d_m = 60 \text{ Wh/kg}$

$60 * 2,0 * 10^{-3} = 0,12 \text{ Wh}$

L'accumulateur peut débiter au maximum 0,12Wh.

Un fabricant propose des piles rechargeables Ni/Cd de capacité 800 mAh pouvant être rechargées en 15 minutes.

3.2.5 Quelle est la valeur de la capacité de cette pile en unité SI ?

2 points

$1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$

$800 * 10^{-3} \text{ Ah} = 800 * 10^{-3} * 3600 \text{ C} = 2880 \text{ C}$

3.2.6 L'accumulateur étant totalement déchargé, on veut obtenir à nouveau, une capacité de 800 mAh. Quelle est l'intensité nécessaire en courant constant pour réaliser la charge rapide en 15 minutes ?

2 points

$$Q = I \cdot t \quad t = 15 \text{ min} = 900 \text{ s} \quad Q = 2880 \text{ C}$$

$$I = Q/t = 2880/900 = 3,2 \text{ A}$$

L'intensité nécessaire en courant constant pour réaliser la charge rapide en 15 min est $I = 3,2 \text{ A}$.