Bac 2026 Centres étrangers 1 Jour 1 **Correction https://www.labolycee.org**

Spécialité physique-chimie

Exercice 2 : La dépollution par les plantes pour extraire du nickel (5 points)

1. Photosynthèse dans la plante

Lors de la photosynthèse, les plantes vertes synthétisent des matières organiques. Grâce à l'énergie lumineuse, elles transforment le dioxyde de carbone de l'air et l'eau puisée par le système racinaire, en glucose $C_6H_{12}O_6(aq)$ et en dioxygène.

Données : couples oxydant-réducteur : $O_2(g)/H_2O(\ell)$; $CO_2(g)/C_6H_{12}O_6(aq)$

Q.1. Écrire les demi-équations électroniques associées aux couples oxydant-réducteur mis en jeu lors de la photosynthèse.

Revoir la méthode pour écrire une demi-équation d'oxydo-réduction https://edurl.fr/oxred

$6\ CO_2(g) + 24\ e^- + 24H^+(aq) = C_6H_{12}O_6(aq) + 6\ H_2O(\ell)$)X1

$2H_2O(\ell) = O_2(g) + 4\ e^- + 4H^+(aq)$)X6

Q.2. En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu lors de la photosynthèse.

En simplifiant pour les H^+ et l'eau, on obtient : $6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(\ell) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g)$

Q.3. Nommer la forme d'énergie produite lors de la photosynthèse.

La photosynthèse produit de l'énergie chimique stockée dans le glucose.

2. Extraction et purification du nickel Ni par électrolyse

Après la récolte, les plantes sont calcinées et broyées. Le nickel est alors extrait des cendres obtenues puis purifié. Le pourcentage en masse de nickel peut atteindre 12,7 % d'une plante séchée de Phyllanthus rufuschaneyi.

Sur un terrain de 100 m^2, jusqu'à 1,0 kg de plante séchée de Phyllanthus rufuschaneyi peut être récolté.

Q.4. Déterminer la masse maximale de nickel récupérée sur un terrain de 100 m^2.

On peut récupérer 12,7% d'1,0 kg, soit $m_{max} = 0{,}127 \times 1{,}0 = 0{,}13$ kg

Sous l'effet d'un courant électrique, les ions nickel $Ni^{2+}(aq)$ se transforment en nickel métallique à l'une des électrodes, selon la réaction électrochimique d'équation : $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$

Q.5. Indiquer s'il s'agit d'une réaction d'oxydation ou de réduction.

L'oxydant Ni^{2+} capte deux électrons et se transforme en réducteur Ni. Il s'agit d'une réduction car il se forme un réducteur.

Q.6. Reproduire un schéma simplifié du montage de la figure 1 et indiquer sur ce schéma :
- le sens de déplacement des électrons ;
- le sens conventionnel du courant électrique ;
- le dépôt de nickel.

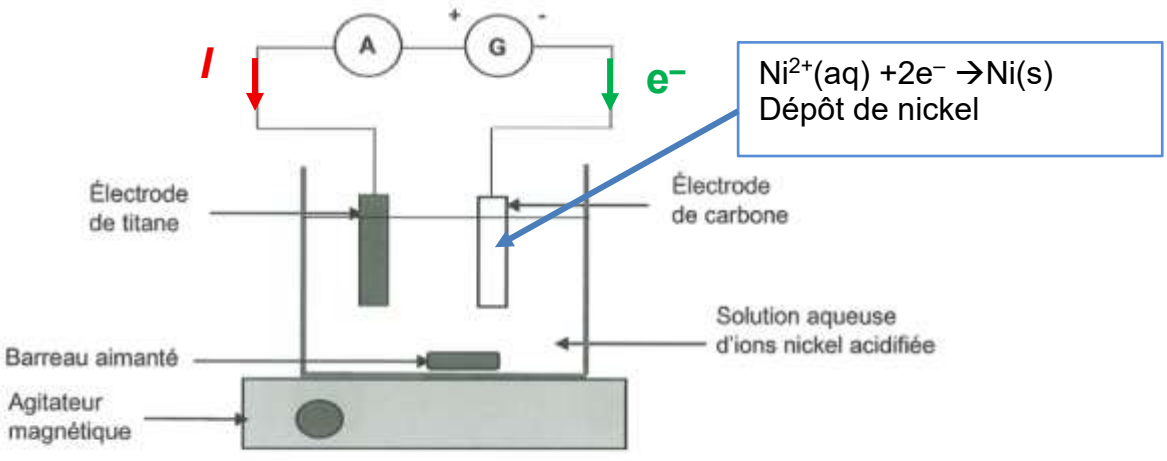


Figure 1 – Schéma du montage

Données :
- Charge électrique élémentaire : e = 1,6×10^{-19} C ;
- Constante d'Avogadro : N_A = 6,02 x 10^{23} mol^{-1};
- Constante de Faraday : $F = N_A \times e$ =96 500 C.mol^{-1} ;
- Masse molaire atomique du nickel (Ni) : M(Ni) = 58,7 g·mol^{-1};
- Relation entre la capacité Q, l'intensité I et la durée d'utilisation Δt d'une pile $Q = I.\Delta t$.

L'électrolyseur est parcouru par un courant électrique constant d'intensité I = 2,0 A. On supposera qu'il n'y a pas de réactions parasites aux électrodes.

Q.7. Déterminer la durée de l'électrolyse permettant de purifier 1,3 ×10^2 g de nickel.

On veut former 1,3×10^2 g de nickel.

Cela correspond à une quantité de matière $n_{Ni} = \dfrac{m}{M(Ni)}$



$$n_{Ni} = \frac{1{,}3 \times 10^2 \text{ g}}{58{,}7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2{,}2 \text{ mol de Ni}$$

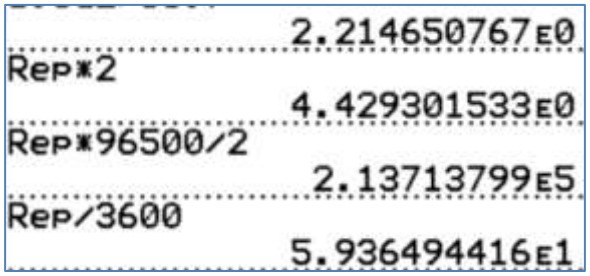
D'après la demi-équation de réduction $n_{Ni} = \dfrac{n_{e^-}}{2}$, ou $n_{e^-} = 2n_{Ni}$.

Il faut donc consommer 4,4 mol d'électrons.

$Q = n_{e^-}.F = I \cdot \Delta t$

$$\Delta t = \frac{n_{e^-}.F}{I}$$

$$\Delta t = \frac{4{,}4293 \times 96500}{2{,}0} = 2{,}1 \times 10^5 \text{ s} = 59 \text{ h}$$



Remarque : on effectue toujours les calculs avec les valeurs non arrondies.

Q.8. Commenter la durée de l'électrolyse. Proposer une solution pour réduire cette durée.

Cette durée est très longue, or dans l'industrie « le temps c'est de l'argent ». Il faudrait réduire cette durée pour cela on peut augmenter l'intensité I du courant.

3. Utilisation dans les batteries de trottinettes électriques

Les batteries utilisées dans les trottinettes électriques sont en majorité des batteries lithium-ion type NMC (Nickel-Manganèse-Cobalt) : elles présentent un bon équilibre entre la performance et le coût.

On s'intéressera à une batterie Li-NMC 622 dont une électrode contient 60 % de nickel, 20 % de manganèse et 20 % de cobalt en masse.
- Masse totale de l'électrode contenant du nickel $m_{\text{électrode}}$ = 0,53 kg ;
- 1 hectare (ha) : 1 ha = 1,0×10^4 m^2.

On estime les pertes à 45 % en nickel, suite aux trois étapes de l'extraction à la purification.

Q.9. Calculer, en s'appuyant sur le résultat obtenu à la question Q4, le nombre de batteries qu'il serait possible de produire avec le nickel extrait à partir des plantes séchées, en supposant de pouvoir effectuer une récolte sur 1 millier d'hectares. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

En Q.4., on a trouvé m_{max} = 0,127×1,0 = 0,13 kg pour un terrain de 100 m^2.

Mais il y a une perte de 45%, donc il reste 55% ainsi on obtient m_{100} = 0,55×0,127

m_{100}= 6,985×10^{-2} kg.

On n'arrondit pas ce résultat intermédiaire, on devra garder ultérieurement deux chiffres significatifs.

Par proportionnalité, pour une surface de 1 ha = 1,0×10^4 m^2

100 m^2 → m_{100}= 6,985×10^{-2} kg

1000 ha = 1000×1,0×10^4 = 1,0×10^7 m^2 → m_{miilier} ? kg

$m_{millier} = \frac{6{,}985 \times 10^{-2}\,kg \times 1{,}0 \times 10^{7}\,\mathrm{m}^2}{100\ \mathrm{m}^2} = 6{,}985 \times 10^{3}\ \mathrm{kg}$ de nickel pour 1 millier d'hectares.

Il faut maintenant déterminer la masse de nickel dans une batterie.
Son électrode contient 60% de nickel et a une masse de $m_{\text{électrode}}$ = 0,53 kg.
Donc une batterie contient m_{batt} = 0,60×0,53 kg = 0,318 kg.

On peut calculer le nombre de batteries $N = \frac{m_{millier}}{m_{batt}}$.

$N = \frac{6{,}985 \times 10^{3}}{0{,}318} = 2{,}2 \times 10^{4}$ batteries de trottinette.

On obtient un très grand nombre de batteries. Ainsi cette piste semble intéressante car elle permet de dépolluer et en même temps de produire beaucoup de batteries.
Cependant il faut nuancer car on a ici une surface immense d'un millier d'hectares. Existe-t-il de si grandes surfaces polluées ? Peut-être d'anciennes mines de nickel en Nouvelle Calédonie ?

Merci de nous signaler la présence d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org