La dépollution par les plantes pour extraire du nickel

Bac 2026 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

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

Données utiles couples $O_2\,(g)/H_2O\,(l)$ et $CO_2\,(g)/C_6H_{12}O_6\,(aq)$

Les réactifs de la photosynthèse sont le dioxyde de carbone et l'eau.

Réduction du dioxyde de carbone :

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

Oxydation de l'eau :

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

PIÈGE
Écrire les deux demi-équations dans le sens de la réduction. L'eau est un réactif : elle doit figurer à gauche, et les électrons qu'elle cède à droite.

MÉTHODE
Dans l'ordre : équilibrer l'élément principal (ici C), puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec des électrons. Vérifier que les charges sont égales des deux côtés.

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

Le dioxyde de carbone capte 24 électrons, l'eau en cède 4 : on multiplie la demi-équation de l'eau par 6.

$$12\,H_2O\,(l) = 6\,O_2\,(g) + 24\,H^+\,(aq) + 24\,e^-$$

On additionne avec la demi-équation du dioxyde de carbone : les 24 électrons, les 24 ions H^+ et 6 molécules d'eau se simplifient.

$$6\,CO_2\,(g) + 6\,H_2O\,(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6\,(aq) + 6\,O_2\,(g)$$

COMPRENDRE
Aucun électron ne doit rester dans l'équation finale : autant d'électrons cédés par l'eau que captés par le dioxyde de carbone. On vérifie ensuite 6 C, 12 H et 18 O de chaque côté.

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

La plante convertit l'énergie lumineuse qu'elle reçoit.

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

PIÈGE
Répondre « énergie lumineuse » : c'est l'énergie reçue par la plante, pas celle qu'elle produit.

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

Données utiles pourcentage massique maximal en nickel : $12{,}7\ \%$; masse de plante séchée pour $100\ m^2$: $m_{plante} = 1{,}0$ kg

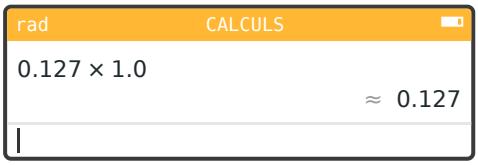
Le nickel représente au plus $12{,}7\ \%$ de la masse de plante séchée :

$$m_{max} = \frac{12{,}7}{100} \times m_{plante} = 0{,}127 \times 1{,}0$$

$m_{max} = 0{,}13$ kg, soit environ $1{,}3 \times 10^2$ g de nickel.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la donnée la moins précise, 1,0 kg, en a deux. Le résultat s'écrit donc 0,13 kg, mais on garde 0,127 kg pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE



Q.5 Indiquer si la réaction d'équation $\mathrm{Ni^{2+}(aq) + 2\,e^- \longrightarrow Ni(s)}$ est une oxydation ou une réduction.

L'ion $\mathrm{Ni^{2+}}$ capte deux électrons : c'est un oxydant, qui se transforme en son réducteur conjugué Ni.

Il s'agit d'une **réduction** (gain d'électrons).

MÉTHODE
Électrons du côté des réactifs : gain d'électrons, donc réduction. Électrons du côté des produits : perte d'électrons, donc oxydation.

Q.6 Reproduire un schéma simplifié du montage de la figure 1 et y indiquer le sens de déplacement des électrons, le sens conventionnel du courant électrique et le dépôt de nickel.

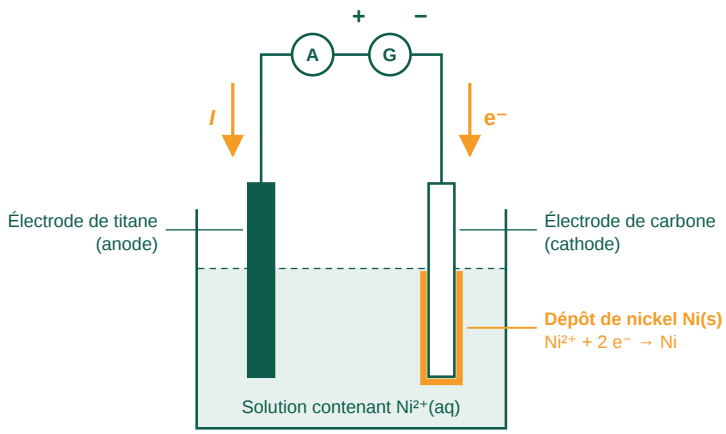
Dans le circuit extérieur, le courant sort par la borne $+$ du générateur ; les électrons circulent en sens inverse et sortent par la borne $-$.

L'électrode de carbone, reliée à la borne $-$, reçoit les électrons : les ions $\mathrm{Ni^{2+}}$ y sont réduits.

Le nickel se dépose sur l'**électrode de carbone** (cathode).

PIÈGE
Dans une électrolyse, c'est le générateur qui impose le sens du courant. Repérer d'abord ses bornes $+$ et $-$ sur la figure 1, puis en déduire l'électrode qui reçoit les électrons.

COMPRENDRE
Les électrons ne circulent que dans les fils et les électrodes. Dans la solution, le courant est assuré par les ions : les cations $\mathrm{Ni^{2+}}$ migrent vers la cathode.



Q.6 · Schéma simplifié de l'électrolyse : courant, électrons et dépôt de nickel

Q.7 Déterminer la durée de l'électrolyse permettant de purifier $1{,}3 \times 10^2$ g de nickel.

Données utiles $m = 1{,}3 \times 10^2$ g ; $M(\mathrm{Ni}) = 58{,}7\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $F = 96\,500\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$; $I = 2{,}0$ A ; $Q = I \cdot \Delta t$

Quantité de nickel à déposer : $n(\mathrm{Ni}) = \dfrac{m}{M(\mathrm{Ni})}$.

D'après $\mathrm{Ni^{2+} + 2\,e^- \longrightarrow Ni}$, il faut deux moles d'électrons par mole de nickel : $n(\mathrm{e^-}) = 2\,n(\mathrm{Ni})$.

Charge électrique échangée : $Q = n(\mathrm{e^-}) \times F = I \cdot \Delta t$, donc

$$\Delta t = \frac{2\,m\,F}{M(\mathrm{Ni}) \times I} = \frac{2 \times 1{,}3 \times 10^2 \times 96\,500}{58{,}7 \times 2{,}0}$$

$\Delta t = 2{,}1 \times 10^5$ s, soit environ 59 h.

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : chaque ion $\mathrm{Ni^{2+}}$ capte deux électrons. Sans lui, la durée trouvée est deux fois trop courte.

MÉTHODE
Électrolyse ou pile, toujours la même chaîne : masse, quantité de matière, quantité d'électrons (demi-équation), charge $Q = n(\mathrm{e^-}) \times F$, puis durée avec $Q = I \cdot \Delta t$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2 \times 1.3 \times 10^2 \times 96\,500}{58.7 \times 2.0} \approx 213713.8$

$\dfrac{213\,713.799}{3600} \approx 59.36494$

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

Données utiles $\Delta t = 2{,}1 \times 10^5$ s, soit 59 h (Q.7)

Il faut près de deux jours et demi pour purifier seulement 130 g de nickel : cette durée est très longue pour un procédé industriel.

D'après $\Delta t = \dfrac{2\,m\,F}{M(\text{Ni}) \times I}$, la durée est inversement proportionnelle à l'intensité.

Pour réduire la durée, il faut **augmenter l'intensité** I du courant.

COMPRENDRE
Avec une intensité dix fois plus grande, soit 20 A, la durée est divisée par dix : environ 6 h au lieu de 59 h.

Q.9 Calculer, à partir du résultat de la question Q4, le nombre de batteries qu'il serait possible de produire avec le nickel extrait des plantes séchées récoltées sur un millier d'hectares. Commenter.

Données utiles $m_{\max} = 0{,}127$ kg pour 100 m^2 (Q.4) ; pertes : 45 % ; $m_{\text{électrode}} = 0{,}53$ kg, dont 60 % de nickel ; 1 ha $= 1{,}0 \times 10^4$ m^2

Surface récoltée : $S = 1000 \times 1{,}0 \times 10^4 = 1{,}0 \times 10^7$ m^2.

Avec 45 % de pertes, il reste 55 % du nickel contenu dans les plantes. Par proportionnalité à la surface :

$$m_{\text{utile}} = 0{,}55 \times 0{,}127 \times \frac{1{,}0 \times 10^7}{100} = 7{,}0 \times 10^3 \text{ kg}$$

Masse de nickel dans une batterie : $m_{\text{batt}} = 0{,}60 \times 0{,}53 = 0{,}32$ kg

Nombre de batteries : $N = \dfrac{m_{\text{utile}}}{m_{\text{batt}}} = \dfrac{6{,}985 \times 10^3}{0{,}318}$

$N \approx 2{,}2 \times 10^4$: environ 22 000 batteries.

Ce nombre est important et le procédé dépollue les sols en même temps. Il suppose toutefois de cultiver et de récolter 10 km^2 de terrain, soit une surface considérable, puis de réaliser une électrolyse très longue (Q.8).

PIÈGE
Appliquer 45 % au lieu de 55 % : 45 % est la part perdue. Autre oubli fréquent : l'électrode de 0,53 kg ne contient que 60 % de nickel.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (surface, masse utile, masse par batterie, quotient), garder les valeurs non arrondies dans les calculs et n'arrondir qu'à la fin, à deux chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.55 \times 0.127 \times 1.0 \times 10^7}{100} \approx 6985$

$0.60 \times 0.53 \approx 0.318$

$\dfrac{6985}{0.318} \approx 21965.41$