

1. Taille du fil en inox présent sur la harpe

La harpe électrique est composée de fils en inox verticaux espacés de 2,7 cm, largeur suffisante pour laisser passer les abeilles, mais pas les frelons asiatiques. Néanmoins, pour ne pas être vus par les frelons, les fils doivent avoir un diamètre maximum de l'ordre de grandeur de 0,5 mm.

Pour s'assurer de la valeur du diamètre d'un fil affichée à 0,45 mm sur une bobine pressentie pour fabriquer une harpe électrique, on utilise le dispositif schématisé sur la figure 2. Un fil de diamètre a est positionné sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde λ et un écran est placé à une distance D du fil. Une série de taches lumineuses apparaît sur l'écran.

Q.1. Nommer le phénomène physique observé sur l'écran.

L'apparition de la série de taches est due au phénomène de diffraction.

Q.2. Exprimer l'angle caractéristique θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de la distance D , à l'aide de la figure 2 et en utilisant l'approximation des petits angles.

Dans le triangle rectangle délimité par le fil, l'extrémité de la tache centrale et le centre de cette

tache, on $\tan \theta = \theta = \frac{L}{2D}$ donc $\theta = \frac{L}{2D}$.

Q.3. En déduire la relation qui donne la largeur L de la tache centrale en fonction de la longueur d'onde λ , du diamètre a du fil et de la distance D entre le fil et l'écran. Montrer qu'il y a proportionnalité entre L et $\frac{1}{a}$.

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ et } \theta = \frac{L}{2D} \text{ donc } \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}, \text{ soit } L = \frac{2\lambda D}{a} = 2\lambda D \cdot \frac{1}{a}$$

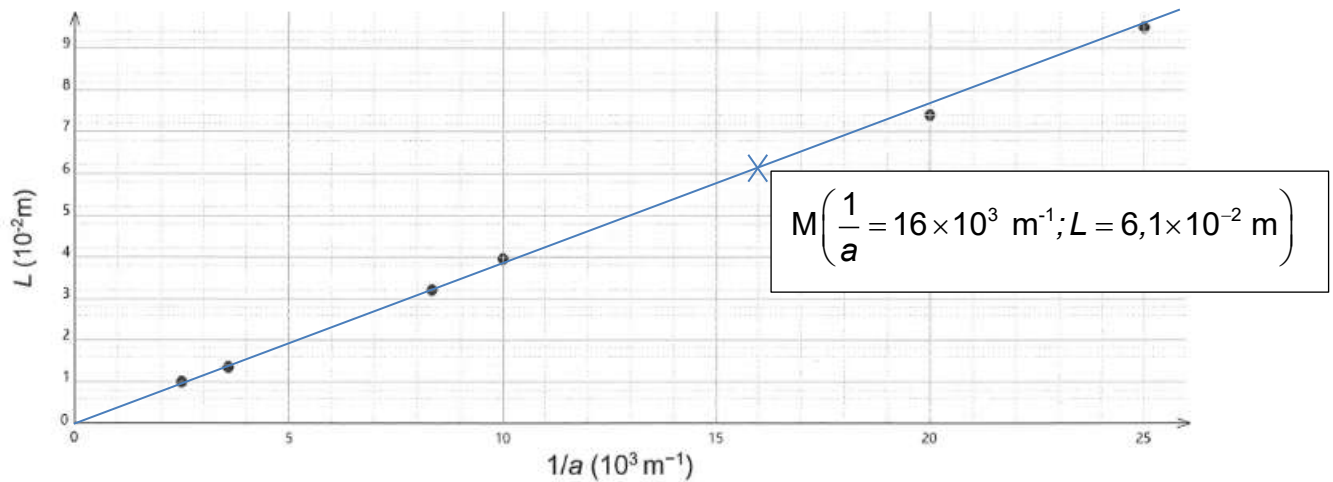
On a une relation du type $L = k \cdot \frac{1}{a}$ avec $k = 2\lambda D$.

Q.4. Justifier que les résultats expérimentaux de la figure 3 sont compatibles avec la modélisation $L = k \cdot \frac{1}{a}$ où k est une constante.

La figure 3 montre que les points expérimentaux sont alignés sur une droite passant par l'origine, ce qui est bien compatible avec le modèle $L = k \cdot \frac{1}{a}$.

Q.5. Déterminer la valeur de k en précisant la méthode utilisée.

On trace la droite passant au plus près de tous les points expérimentaux, puis à l'aide des coordonnées d'un point M sur la droite on détermine son coefficient directeur k .



$$L = k \cdot \frac{1}{a} \text{ donc } k = \frac{L}{\frac{1}{a}}$$

$$k = \frac{6,1 \times 10^{-2} \text{ m}}{16 \times 10^3 \text{ m}^{-1}} = 3,8 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\frac{6.1E-2}{16E3} = 3.8125E-6$$

Une modélisation de la série de mesures permet d'obtenir $k = 3,85 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ et $u(k) = 0,05 \times 10^{-6} \text{ m}^2$.

Le montage expérimental de la figure 2 est utilisé avec le fil dont on cherche à vérifier le diamètre a .

La mesure de la largeur de la tache centrale pour ce fil est $L = 8,0 \text{ mm}$ avec une incertitude-type $u(L) = 0,5 \text{ mm}$.

Q.6. Calculer la valeur du diamètre a de ce fil à partir de la modélisation.

$$L = k \cdot \frac{1}{a} \text{ donc } a = k \cdot \frac{1}{L}$$

$$a = 3,85 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times \frac{1}{8,00 \times 10^{-3} \text{ m}} = 4,81 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,481 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,481 \text{ mm}$$

L'incertitude-type $u(a)$ sur la valeur a du diamètre expérimental du fil est donnée, dans les

conditions de la série de mesures, par la relation suivante : $u(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$.

Pour décider de la compatibilité du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|x - x_{\text{réf}}|}{u(x)}$ ou x est la valeur mesurée, $x_{\text{réf}}$ la valeur de référence et $u(x)$

l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x .

Q.7. Calculer la valeur de l'incertitude-type $u(a)$ associée à la valeur expérimentale de a .

$$u(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

$$u(a) = 4,81 \times 10^{-4} \text{ m} \times \sqrt{\left(\frac{0,05 \times 10^{-6} \text{ m}^2}{3,85 \times 10^{-6} \text{ m}^2}\right)^2 + \left(\frac{0,5 \text{ mm}}{8,00 \text{ mm}}\right)^2} = 3,07 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,03 \text{ mm}.$$

On arrondit l'incertitude à un seul chiffre significatif et on l'exprime en mm comme a .

$$4.81E-4 \times \sqrt{\left(\frac{0.05}{3.85}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{8}\right)^2} = 3.07046549E-5$$

Q.8. Vérifier que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence affichée sur la bobine ($a_{\text{ref}} = 0,45 \text{ mm}$). Conclure quant à l'usage ou non de ce fil pour construire une harpe électrique.

L'incertitude porte sur les centièmes de mm, on arrondit a au $1/100^{\text{e}}$ de mm ainsi $a = 0,48 \pm 0,03 \text{ mm}$.

On voit que la valeur de référence a_{ref} est comprise dans l'intervalle. Le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence.

On peut aussi calculer le z-score $z = \frac{|a - a_{\text{ref}}|}{u(a)}$

$$z = \frac{|0,48 - 0,45|}{0,03} = 1 < 2.$$

La mesure ne s'écarte de la valeur de référence que d'une fois l'incertitude, ainsi on valide la valeur affichée. (On tolère un écart de 2 fois l'incertitude)

L'introduction indique que les fils doivent avoir un diamètre maximum de l'ordre de grandeur de 0,5 mm.

Compte tenu de l'incertitude, le diamètre du fil peut atteindre $0,48 + 0,03 = 0,51 \text{ mm}$. Ceci est bien de l'ordre de 0,5 mm, ainsi ce fil est utilisable pour construire la harpe électrique.

Données :

- Panneau solaire photovoltaïque :

· dimensions : 640 mm x 550 mm ;

· puissance lumineuse reçue : $P_{\text{lum}} = E \times S$ avec E l'éclairement en W.m^{-2} et S la surface utile du convertisseur en m^2 ;

· rendement annoncé : 14 %.

- Éclairement moyen au cours de l'été (période d'invasion du frelon asiatique) sur le rucher où est placée la harpe : $E = 1\,000 \text{ W.m}^{-2}$;

- Capacité de la batterie : $Q_{\text{batterie}} = 18,0 \text{ A.h}$.

- Relation entre la capacité (ou quantité d'électricité transférée) Q (en A.h) et la durée de transfert Δt (en h), pour une intensité électrique I (en A) : $Q = I \times \Delta t$.

Q.9. Nommer le phénomène qui intervient dans la conversion d'énergie lumineuse en énergie électrique lors du fonctionnement du panneau photovoltaïque et le décrire en une ou deux phrases.

Le phénomène qui intervient est appelé l'effet photoélectrique.

Sous l'impact de photons suffisamment énergétiques, des électrons sont arrachés des atomes du panneau et cela crée un courant électrique.

Dans les conditions d'éclairement du panneau photovoltaïque l'été, la puissance électrique maximale fournie et mesurée est $P_m = 50 \text{ W}$.

Q.10. Calculer la valeur du rendement η du panneau photovoltaïque. Commenter.

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}} = \frac{P_m}{P_{\text{lum}}} = \frac{P_m}{E \times S}$$

$$\eta = \frac{50 \text{ W}}{1000 \text{ W.m}^{-2} \times 640 \times 10^{-3} \text{ m} \times 550 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0,14 = 14\% \quad \text{valeur conforme au rendement annoncé.}$$

L'énergie électrique produite par le panneau photovoltaïque est envoyée vers un régulateur solaire qui la répartit vers la harpe et/ou vers la batterie pour la charger. Cette dernière alimente la harpe en l'absence de lumière ou d'un ensoleillement insuffisant. L'intensité électrique fournie par le panneau photovoltaïque est $I = 2,8 \text{ A}$ dans les conditions d'ensoleillement de la harpe.

Q.11. Estimer la valeur de la durée de charge Δt_{charge} de la batterie si toute l'intensité du courant électrique provenant du panneau photovoltaïque est intégralement fournie à la batterie.

Commenter la valeur obtenue.

$$Q = I \cdot \Delta t \text{ donc } \Delta t_{\text{charge}} = \frac{Q}{I}$$

$$\Delta t_{\text{charge}} = \frac{18,0 \text{ A} \cdot \text{h}}{2,8 \text{ A}} = 6,4 \text{ h}$$

La durée de charge semble un peu longue, mais la batterie aura le temps se charger complètement durant une journée avec au moins 6,4h de Soleil.

3. Module électronique

Q.12. Montrer que l'équation différentielle modélisant l'évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur lors de sa charge peut s'écrire : $\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau} u_c = \frac{E}{\tau}$ où τ est le temps caractéristique, avec $\tau = R \cdot C$.

D'après la loi des mailles

$$E = u_R + u_C$$

D'après la loi d'Ohm $u_R = R \cdot i$

$$\text{Or } i = \frac{dq}{dt} \text{ avec } q = C \cdot u_C \text{ où } C \text{ est supposée constante alors } i = C \cdot \frac{du_C}{dt}.$$

$$\text{On obtient } E = R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C$$

$$\text{Comme } \tau = R \cdot C \text{ alors } E = \tau \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C$$

$$\text{En divisant tous les termes par } \tau, \text{ on retrouve bien } \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} u_C = \frac{E}{\tau}.$$

La solution de l'équation différentielle est de la forme $u_c(t) = A \cdot e^{-t/\tau} + E$

Q.13. Déterminer la valeur de A .

$$u_c(t) = A \cdot e^{-t/\tau} + E$$

Pour $t = 0$ s, le condensateur est déchargé alors $u_C = 0$.

$$0 = A \cdot e^{-0/\tau} + E$$

$$0 = A + E \text{ donc } A = -E$$

$$A = -5,0 \text{ V}$$

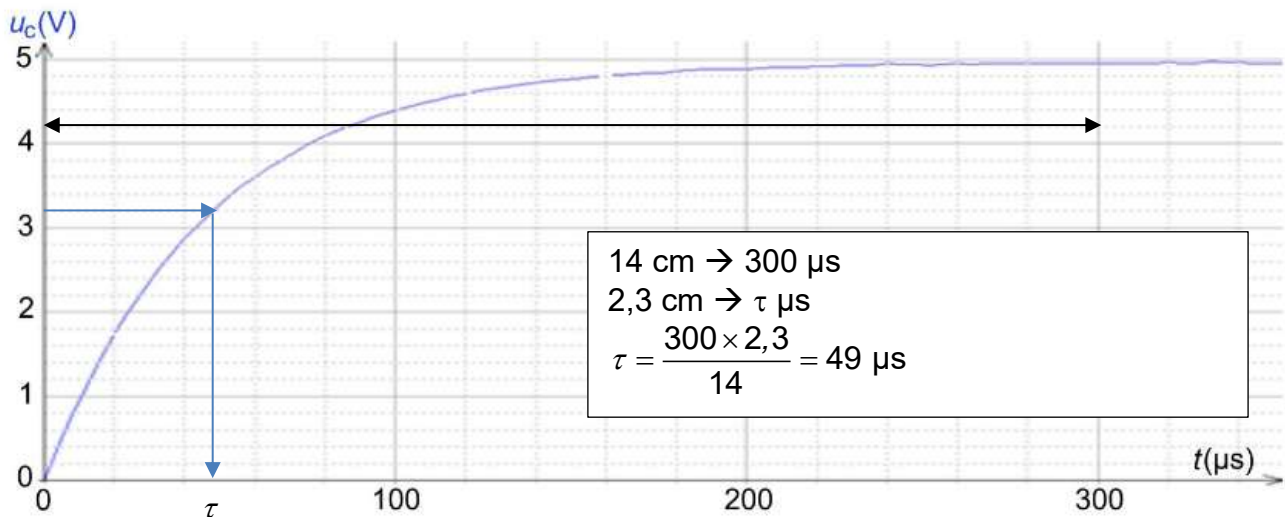


Figure 6 – Évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps

Q.14. Déterminer la valeur de la constante de temps τ en expliquant la méthode graphique employée.

Pour $t = \tau$, $u_c(\tau) = 0,63 E$.

On cherche l'abscisse du point d'ordonnée $u_c = 0,63 \times 5,00 = 3,15$ V.

On lit $\tau = 49 \mu$ s.

Q.15. En déduire la valeur expérimentale de la capacité C du condensateur.

$$\tau = R \cdot C \text{ donc } C = \frac{\tau}{R}$$

$$C = \frac{49 \times 10^{-6} \text{ s}}{2,00 \times 10^3 \Omega} = 2,5 \times 10^{-8} \text{ F} = 25 \times 10^{-9} \text{ F} = 25 \text{ nF}$$

$$49 \text{E} -6 / 2000 \quad 2.45 \text{E} -8$$

L'énergie emmagasinée E_{cond} dans un condensateur de capacité C , soumis à une tension à ses bornes U vaut : $E_{\text{cond}} = \frac{1}{2} \times C \times U^2$

Q.16. Calculer une valeur de l'énergie libérée par le condensateur lorsqu'un frelon touche la harpe électrique.

Le texte indique que le condensateur est chargé sous une tension $U_1 = 1500$ V.

$$E_{\text{cond}} = \frac{1}{2} \times C \times U_1^2$$

$$E_{\text{cond}} = \frac{1}{2} \times 2,5 \times 10^{-8} \times 1500^2 = 2,8 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$0.5 * 2.45 \text{E} -8 * 1500^2 \quad 2.75625 \text{E} -2$$

Parfois, la météo ne permet pas de production d'énergie grâce au panneau solaire. Néanmoins, le module électronique de la harpe consomme toujours une énergie de 98,8 J par minute le jour (en l'absence de frelon) et 72,1 J par minute la nuit (du fait de la mise en veille du module électronique).

Durant la saison apicole où les harpes électriques sont utilisées, on estime que la durée moyenne du jour est de 14 h 17 min et celle de la nuit à 9 h 43 min.

Q.17. Calculer l'énergie consommée par le module électronique sur une journée. Comparer cette énergie avec celle délivrée par le condensateur pour électrocuter un frelon.

Il y a 14h17 min en journée, soit $14 \times 60 \text{ min} + 17 \text{ min} = 857 \text{ min}$.

Avec une consommation de 98,8 J par minute, on obtient une consommation

$$E_{\text{jour}} = 98,8 \times 857 = 8,47 \times 10^4 \text{ J}$$

$$14 * 60 + 17 \quad 8.57 \text{E} 2 \\ \text{Rep} * 98.8 \quad 8.46716 \text{E} 4$$

Il y a 9h43min de nuit, soit $9 \times 60 \text{ min} + 43 \text{ min} = 583 \text{ min}$.

Avec une consommation de 72,1 J par minute, on obtient une consommation

$$E_{\text{nuit}} = 72,1 \times 583 = 4,20 \times 10^4 \text{ J}$$

9*60+43	5.83E2
Rep*72.1	4.20343E4

Ainsi pour une journée complète la consommation est de $E = E_{\text{jour}} + E_{\text{nuit}}$

$$E = (4,20 + 8,47) \times 10^4 = 12,67 \times 10^4 \text{ J}$$

8.46716E4+4.20343E4	1.267059E5
---------------------	------------

On avait trouvé que pour électrocuter un frelon, il fallait une énergie $2,8 \times 10^{-2} \text{ J}$.

On constate que le module électronique consomme largement plus d'énergie.

Données concernant la batterie :

- Tension : $U_{\text{batterie}} = 12,0 \text{ V}$;

- Capacité : $Q_{\text{batterie}} = 18,0 \text{ A} \cdot \text{h}$;

- Conversion : 1 A·h équivaut à 3 600 C ;

- Relation entre l'énergie E (en J) emmagasiné dans une batterie, la capacité Q (en C) et la tension U (en V) : $E = Q \times U$.

L'autonomie de la batterie est d'environ 6 jours. On observe que ce dispositif peut piéger au moins 1 000 frelons par jour en période d'invasion.

Q.18. Indiquer, en justifiant la réponse, si le nombre de frelons électrocutés influence beaucoup l'autonomie de la batterie.

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.

On peut calculer l'énergie contenue dans la batterie $E = Q \times U$

$$E = 18,0 \times 3600 \text{ C} \times 12,0 \text{ V} = 7,78 \times 10^5 \text{ J}$$

L'autonomie de la batterie est de 6 jours, or chaque jour on consomme $1,27 \times 10^5 \text{ J}$ pour le module électronique, soit $7,60 \times 10^5 \text{ J}$.

1.267059E5*6	7.602354E5
--------------	------------

On calcule l'énergie utilisée pour piéger 1000 frelons par jour pendant 6 jours, donc 6000 frelons.

$$E_{\text{frelon}} = 6000 \times 2,8 \times 10^{-2} = 1,6 \times 10^2 \text{ J}$$

2.75625E-2*6000	1.65375E2
-----------------	-----------

On retrouve la conclusion précédente, l'énergie nécessaire à l'électrocution des frelons est très largement inférieure à celle nécessaire au fonctionnement du module électronique.

Donc le nombre de frelons n'influence pas du tout l'autonomie de la batterie.

Votre relecture nous est précieuse, si vous avez repéré une erreur écrivez nous à labolycee@labolycee.org Merci.

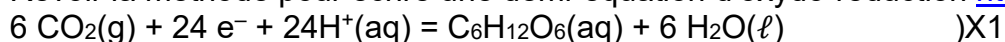
1. Photosynthèse dans la plante

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 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq})$ et en dioxygène.

Données : couples oxydant-réducteur : $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$; $\text{CO}_2(\text{g})/\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq})$

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>



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 : $6 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq})$

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 $m_{\text{max}} = 0,127 \times 1,0 = 0,13 \text{ kg}$

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

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.

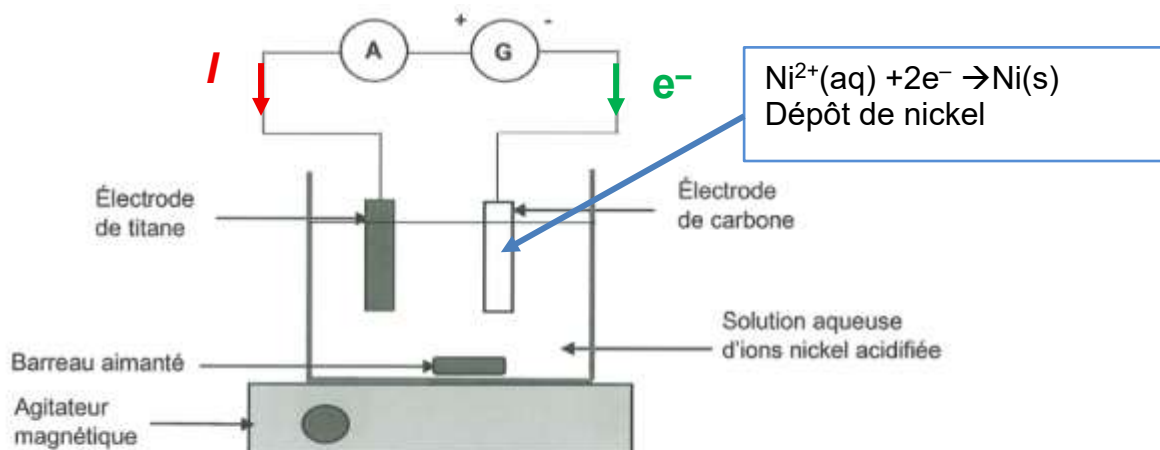


Figure 1 – Schéma du montage

Données :

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

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

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

On veut former $1,3 \times 10^2 \text{ g}$ de nickel.

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

$$\frac{1.3E2}{58.7} = 2.214650767E0$$

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{l} \text{Rep*2} \quad 2.214650767E0 \\ \text{Rep*95600/2} \quad 4.429301533E0 \\ \text{Rep/3600} \quad 2.117206133E5 \\ \quad 5.881128147E1 \end{array}$$

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 $m_{\text{électrode}} = 0,53 \text{ kg}$;

- 1 hectare (ha) : $1 \text{ ha} = 1,0 \times 10^4 \text{ m}^2$.

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 milliard 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 $m_{\text{max}} = 0,127 \times 1,0 = 0,13 \text{ kg}$ pour un terrain de 100 m^2 .

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

$$m_{100} = 6,985 \times 10^{-2} \text{ kg}.$$

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

Par proportionnalité, pour une surface de $1 \text{ ha} = 1,0 \times 10^4 \text{ m}^2$

$$100 \text{ m}^2 \rightarrow m_{100} = 6,985 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

$$1000 \text{ ha} = 1000 \times 1,0 \times 10^4 = 1,0 \times 10^7 \text{ m}^2 \rightarrow m_{\text{millier}} ? \text{ kg}$$

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

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

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

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

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

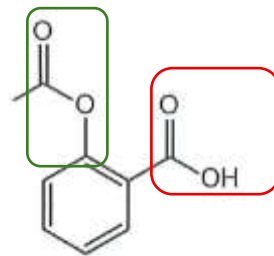
1. Identification du principe actif

Q.1. Recopier la formule topologique, entourer les groupes caractéristiques et nommer la famille fonctionnelle associée à chaque groupe.

Ne pas confondre groupe caractéristique et famille fonctionnelle

Sur la formule de l'aspirine, on entoure :

- un groupe **COOH** (groupe carboxyle) correspondant à la famille des **acides carboxyliques** ;
- un groupe **COOC** (groupe ester) correspondant à la famille des **esters**.



Q.2. Justifier que le spectre de l'échantillon analysé peut correspondre à celui de l'aspirine.

Relier les bandes IR données dans le tableau aux groupes caractéristiques de la molécule.

Le spectre présente :

- une bande moyenne et large entre environ 2500 et 3200 cm^{-1} , caractéristique de la liaison O–H d'un acide carboxylique ;
- des bandes fortes et fines vers 1700 cm^{-1} , caractéristiques des liaisons C = O, notamment des ester et acide carboxylique.

Ces bandes sont compatibles avec les groupes caractéristiques présents dans l'aspirine.

Le spectre peut donc correspondre à celui de l'aspirine.

2. Titrage avec suivi pH-métrique du principe actif contenu dans le comprimé saisi

On prépare $V = 500,0$ mL d'une solution S en dissolvant complètement le comprimé d'aspirine saisi et son principe actif noté AH dans de l'eau distillée.

On prélève un échantillon de volume $V_a = 20,0$ mL de cette solution S pour le titrer par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration apportée : $C_b = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On dispose de fioles jaugées (50,0 mL ; 100,0 mL ; 200,0 mL) et de pipettes jaugées (1,0 mL ; 2,0 mL ; 10,0 mL ; 25,0 mL).

La solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière $C_b = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ a été préparée à partir d'une solution de concentration $C_o = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Q.3. Sélectionner, parmi la verrerie disponible, celle qui est utilisée pour effectuer la dilution de la solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Justifier la réponse.

Solution mère :

$$C_o = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$V_o = ?$ à prélever avec une pipette jaugée

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve donc $n_o = n_b$

$$C_o \cdot V_o = C_b \cdot V_b \text{ donc } V_o = \frac{C_b \cdot V_b}{C_o}$$

$$V_o = \frac{1,00 \times 10^{-2} V_b}{5,00 \times 10^{-2}} = \frac{V_b}{5,00}$$

Pour respecter cette proportion, on peut utiliser une pipette jaugée de 10,0 mL et une fiole jaugée de 50,0 mL.

Autre méthode :

$$\text{Calculer le facteur de dilution : } F = \frac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{fille}}} = \frac{V_{\text{fiole jaugée}}}{V_{\text{pipette jaugée}}}$$

Solution fille :

$$C_b = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$V_b = ?$ à diluer dans une fiole jaugée

On veut passer de $C_0 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ à $C_b = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

Le facteur de dilution est : $F = \frac{C_0}{C_b} = \frac{5,00 \times 10^{-2}}{1,00 \times 10^{-2}} = 5$

Q.4. Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'ion hydroxyde et l'aspirine. On utilisera la notation AH pour designer l'aspirine.

aspirine notée AH = acide ; l'ion hydroxyde est une base (base du couple $\text{H}_2\text{O}(\ell)/\text{HO}^-(\text{aq})$)



Q.5. Définir l'équivalence d'un titrage.

À l'équivalence les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

Q.6. Déterminer la valeur du volume à l'équivalence en précisant la méthode utilisée.

À l'aide de la méthode des tangentes (Voir <https://edurl.fr/tangentes>) on détermine le volume à l'équivalence $V_E = 8,8 \text{ mL}$.

On sait aussi qu'il se produit un saut de pH à l'équivalence, ainsi la dérivée $\frac{dpH}{dV_{\text{soude}}}$ est maximale pour le volume V_E .

La pharmacopée européenne admet une limite de $\pm 15 \%$ de la masse affichée pour commercialiser un médicament.

Donnée :

- Masse molaire de l'aspirine : $M(\text{aspirine}) = 180,2 \text{ g.mol}^{-1}$

Q.7. Vérifier, à l'aide du résultat du dosage pH-métrique, si les comprimés d'aspirine interceptés par les douanes sont commercialisables.

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.

Utiliser l'équivalence, puis remonter de l'échantillon au comprimé entier → ne pas oublier un éventuel facteur de dilution, ou ici, le fait que l'on n'ait pas titré la totalité de la solution contenant le comprimé.

À l'équivalence : $n(\text{AH})_{\text{initiale}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versée}}$

donc $n(\text{AH})_{\text{initiale}} = C_b \cdot V_E$

$$n(\text{AH})_{\text{initiale}} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \times 8,8 \times 10^{-3} \text{ L} = 8,8 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Cette quantité de matière correspond seulement à 20,0 mL de solution S.

Or le comprimé entier était dissous dans $V = 500,0 \text{ mL}$ donc il y a $\frac{500,0}{20,0} = 25$ fois plus de quantité

de matière dans le comprimé entier.

Quantité totale d'aspirine dans le comprimé : $n_{\text{totale}} = 25 \times 8,8 \times 10^{-5} = 2,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Masse d'aspirine : $m = n \times M$

$$m = 2,2 \times 10^{-3} \times 180,2 = 0,40 \text{ g}.$$

$25 \times 8,8 \text{E-}5$	$2,2 \text{E-}3$
$\text{Rep} \times 180,2$	$3,9644 \text{E-}1$

Le comprimé est affiché à 500 mg. La pharmacopée accepte une limite de $\pm 15 \%$, soit $0,15 \times 500 = 75 \text{ mg}$ d'écart. Ainsi l'intervalle acceptable est entre 425 mg et 575 mg.

La masse mesurée est inférieure à 425 mg donc le comprimé n'est pas commercialisable.