Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 1

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

Matériel autorisé

L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.

L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collège », est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

Le candidat traite l'intégralité du sujet, qui se compose de 3 exercices.

Exercice 1 : Étude d'une harpe électrique au service des abeilles domestiques (11 points)

Depuis quelques années, les apiculteurs sont confrontés à l'invasion de frelons asiatiques, qui s'attaquent aux abeilles de leur rucher. Pour s'en protéger, ils peuvent placer à proximité de la ruche une harpe électrique (figure 1) alimentée par un panneau solaire. Au contact de deux fils de la harpe, le frelon s'électrocute puis se noie dans un bac d'eau disposé en dessous de la harpe.

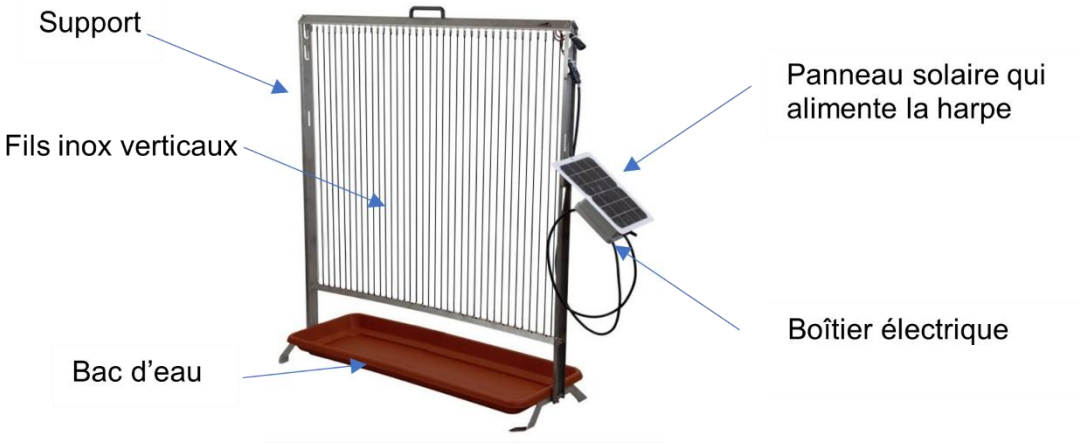


Figure 1 – Harpe électrique

Cet exercice étudie la taille du fil en inox présent sur la harpe, le système d'alimentation de la harpe et le module électrique permettant de créer les décharges électriques neutralisant les frelons asiatiques.

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.

Exercice 1

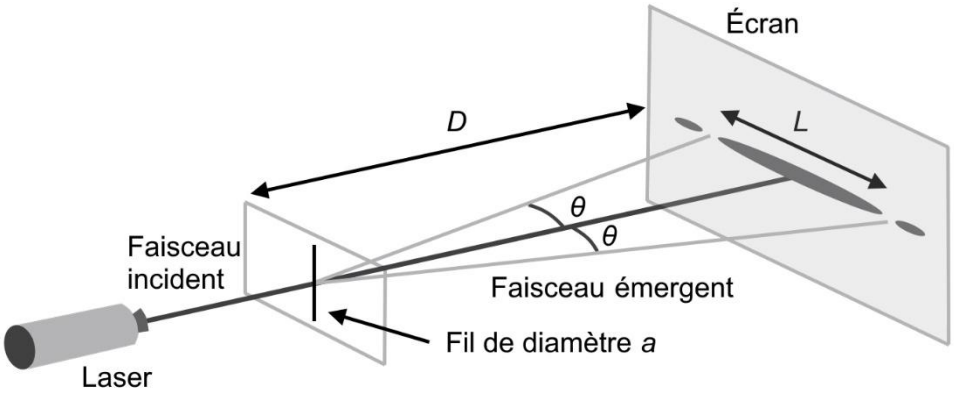


Figure 2 – Schéma du montage expérimental

La largeur L de la tache lumineuse centrale est directement mesurée sur l'écran. Les extrémités de cette tache centrale sont repérées par un angle θ défini par rapport à la direction du faisceau incident et celle du faisceau émergent.

Données :

Pour des angles θ très petits (exprimés en radians) :

- $\tan \theta = \theta$;
- l'angle θ dépend de la longueur d'onde λ du laser et du diamètre a du fil : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

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

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.

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 $\frac{1}{a}$.

Pour déterminer précisément la valeur du diamètre du fil pressenti pour fabriquer la harpe, on réalise un étalonnage à l'aide de six fils calibrés de diamètre connu. Pour chacun d'eux, on mesure la largeur de la tache centrale L observée sur l'écran. On obtient le tableau de mesures suivant :

a (µm)	40	50	100	120	280	400
L (cm)	9,50	7,40	3,95	3,20	1,35	1,00

On trace le graphe L = f(1/a) :

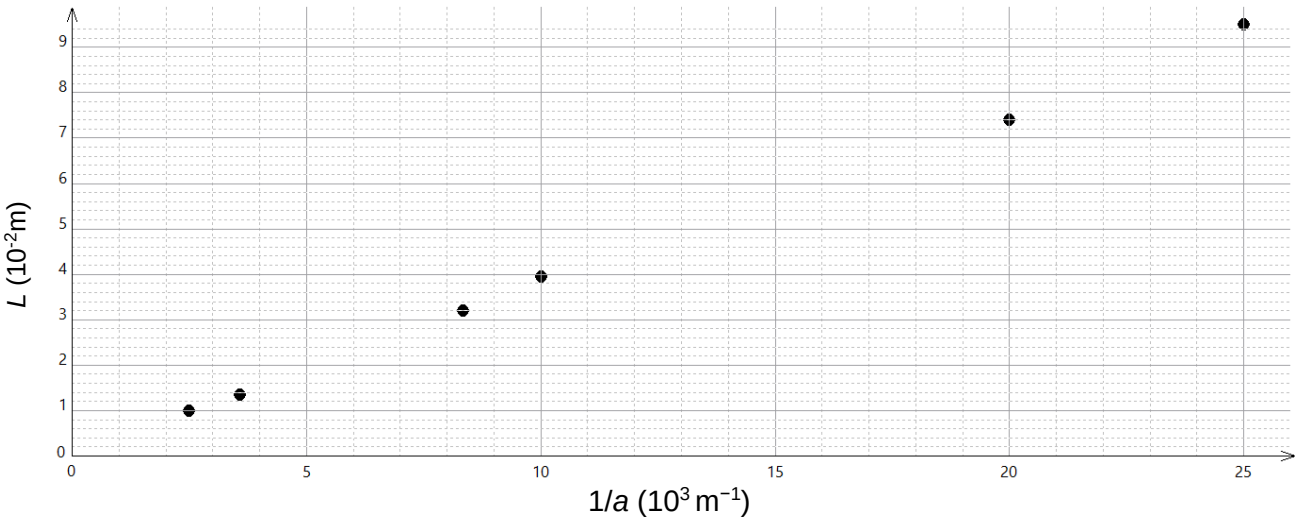


Figure 3 – Représentation graphique de *L* en fonction de 1/*a*

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

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

Une modélisation de la série de mesures permet d'obtenir $k = 3{,}85 \times 10^{-6}$ m² et $u(k) = 0{,}05 \times 10^{-6}$ m².

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 $L = 8{,}0$ mm avec une incertitude-type $u(L) = 0{,}5$ mm.

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

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 $\frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$ où *x* est la valeur mesurée, x_{ref} 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*.

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

2. Alimentation électrique de la harpe : le panneau solaire

Associé à une batterie, un panneau solaire photovoltaïque alimente électriquement la harpe. Le panneau solaire est constitué de cellules photovoltaïques qui convertissent l'énergie lumineuse en énergie électrique. On se propose de vérifier les performances du panneau photovoltaïque alimentant la harpe et la batterie.

Données :

- Panneau solaire photovoltaïque :
  - dimensions : 640 mm x 550 mm ;
  - puissance lumineuse reçue : $P_{lum} = E \times S$ avec E l'éclairement en $W \cdot m^{-2}$ 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 : $E = 1\,000\ W \cdot m^{-2}$;
- Capacité de la batterie : $Q_{batterie} = 18{,}0\ A \cdot h$.
- 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) : $Q = I \times \Delta t$.

Afin de vérifier le rendement du panneau photovoltaïque, on réalise le montage électrique suivant :

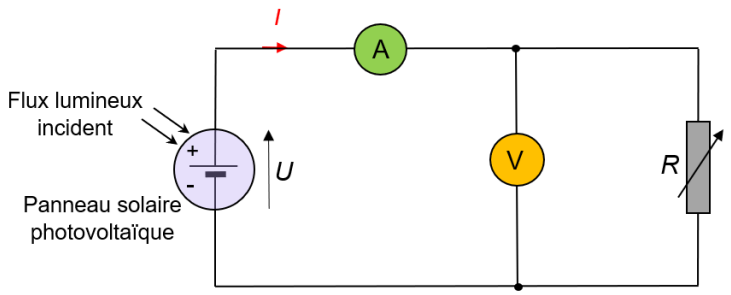


Figure 4 – Schéma électrique du montage

L'intensité I du courant électrique ainsi que la tension électrique U aux bornes du panneau sont mesurées.

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.

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

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

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 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.

3. Module électronique

Le module électronique de la harpe contient un condensateur. Celui-ci est chargé sous une tension U_1 = 1 500 V. Lorsqu'un frelon s'approche et touche deux fils de la harpe, le condensateur délivre en un bref instant l'énergie accumulée : il se décharge dans le frelon asiatique considéré alors comme un conducteur ohmique de résistance r.

On cherche à retrouver la valeur de la capacité C du condensateur dans le but de déterminer ensuite l'énergie libérée vers le frelon lors de la décharge. Pour cela, au laboratoire, à l'aide d'un système d'acquisition, on réalise le montage schématisé figure 5, constitué du condensateur étudié, d'un conducteur ohmique de résistance R = 2,00 kΩ, d'un interrupteur initialement ouvert et d'un générateur idéal délivrant une tension continue E = 5,0 V.

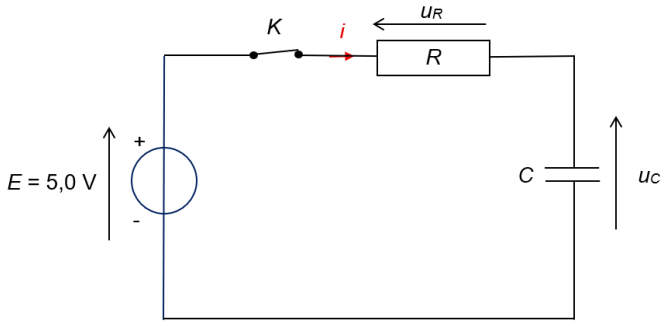


Figure 5 – Schéma du montage électrique

On étudie la charge du condensateur (initialement déchargé) de capacité C à partir de la date t = 0 s, date à laquelle l'interrupteur est fermé. Le système d'acquisition fournit alors l'évolution temporelle de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur présentée en figure 6.

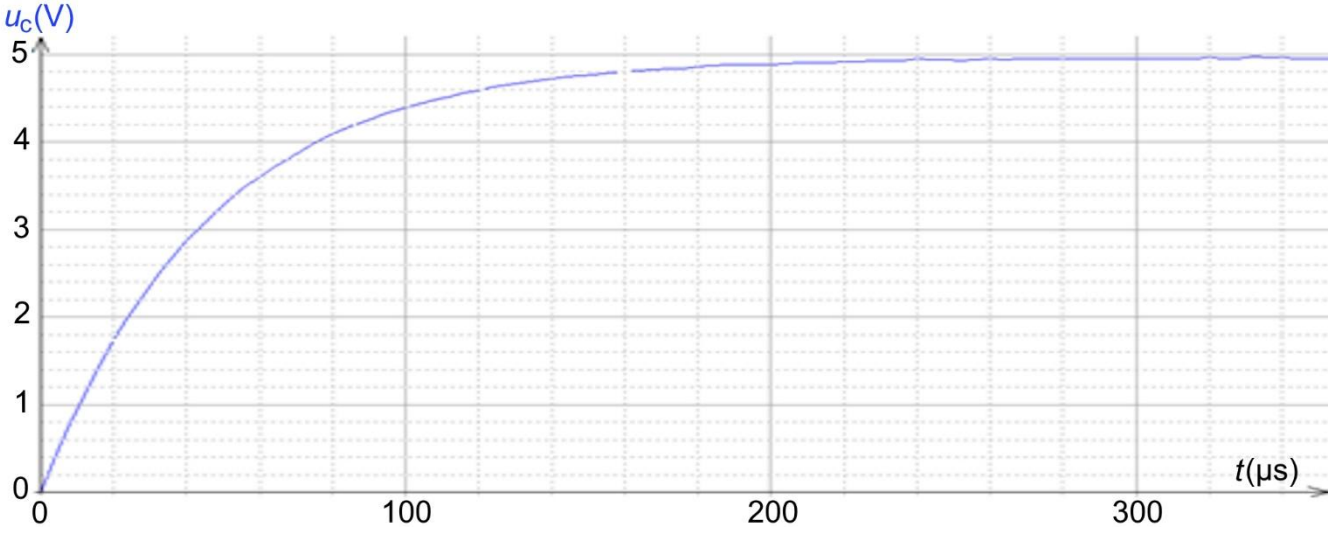


Figure 6 – Évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps

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 $\tau = R \cdot C$

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.

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

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

L'énergie emmagasinée E_{cond} dans un condensateur de capacité C, soumis à une tension à ses bornes U vaut :

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

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

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.

Données concernant la batterie :

- Tension : $U_{batterie}$ = 12,0 V ;
- Capacité : $Q_{batterie}$ = 18,0 A·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.

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

La restauration de la qualité des sols et des eaux grâce aux végétaux, notamment dans les anciens sites industriels, devient une alternative sérieuse à la production de nickel par extraction de minerais. Une nouvelle filière a ainsi vu le jour. Elle récupère des métaux biosourcés comme le nickel grâce à des plantes « hyperaccumulatrices » comme *Phyllanthus rufuschaneyi* capables d'absorber, accumuler et stocker des quantités importantes de nickel.



Source : *the university of Queensland*

Cet exercice traite de la photosynthèse dans une plante, puis de l'extraction du nickel obtenu grâce aux plantes hyperaccumulatrices ainsi que de sa purification par électrolyse, et enfin de son utilisation dans les batteries de trottinettes électriques.

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.

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

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

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.

Pour récupérer le nickel solide, on dissout les cendres issues des plantes séchées dans l'eau et on obtient une solution aqueuse qui contient des ions $Ni^{2+}(aq)$.

On effectue une électrolyse permettant de déposer le nickel sur une électrode afin d'obtenir du nickel de grande pureté.

Pour ce faire, la cuve à électrolyse contient une solution aqueuse acidifiée contenant les ions nickel $Ni^{2+}(aq)$ et deux électrodes inattaquables. L'une est en titane et l'autre en carbone.

Données :

- Charge électrique élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C ;
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ 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 $Q = I \cdot \Delta t$.

La cuve à électrolyse est représentée dans le montage suivant :

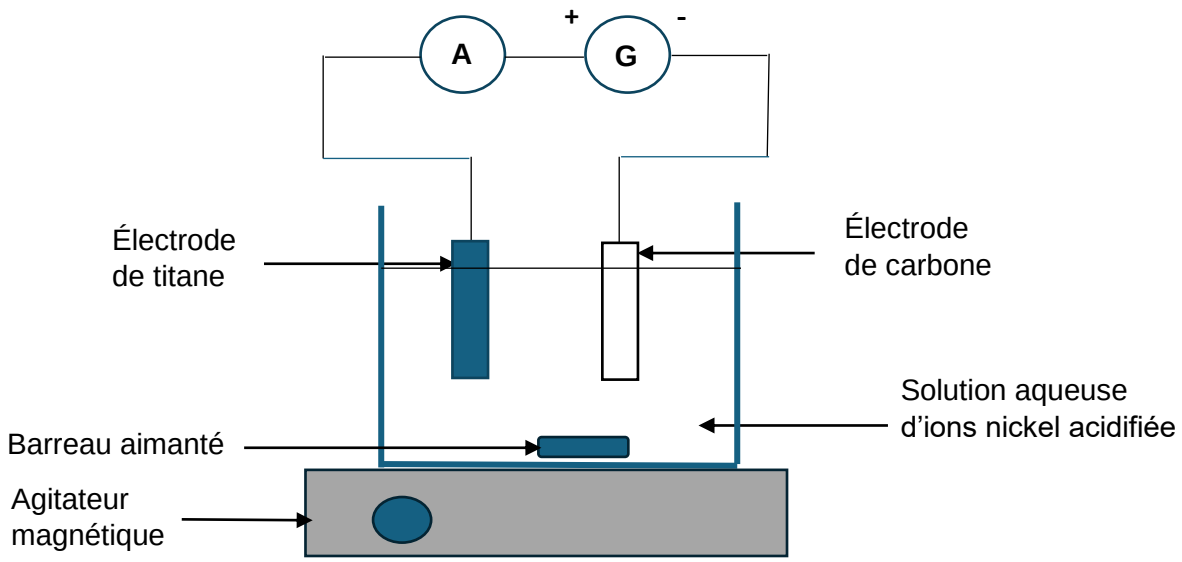


Figure 1 – Schéma du montage

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.

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.

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 $\times 10^2$ g de nickel.

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

Ce procédé permet d'obtenir du nickel pur à 99,9 % adapté aux applications industrielles.

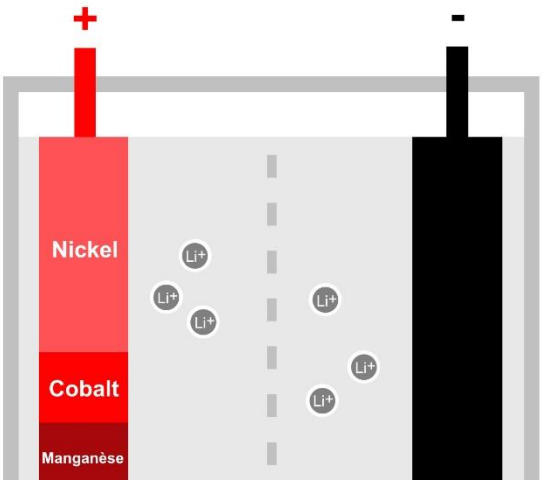
3. Utilisation dans les batteries de trottinettes électriques

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.

Données :

- Schéma d'une cellule de la batterie :



- 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.

Exercice 3 : Analyse d'un comprimé (4 points)

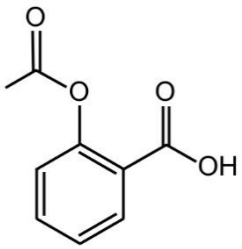


D'après des travaux de recherche menés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), on estime qu'un médicament sur dix en circulation dans le monde n'a pas la qualité attendue.

Cet exercice s'intéresse successivement à l'identification et au dosage du principe actif contenu dans un médicament d'aspirine 500 mg intercepté par les douanes.

1. Identification du principe actif

La formule topologique de la molécule d'aspirine est donnée ci-dessous :



Q.1. Recopier la formule topologique de la molécule sur la copie. Entourer les groupes caractéristiques de la molécule puis nommer la famille fonctionnelle associée à chaque groupe.

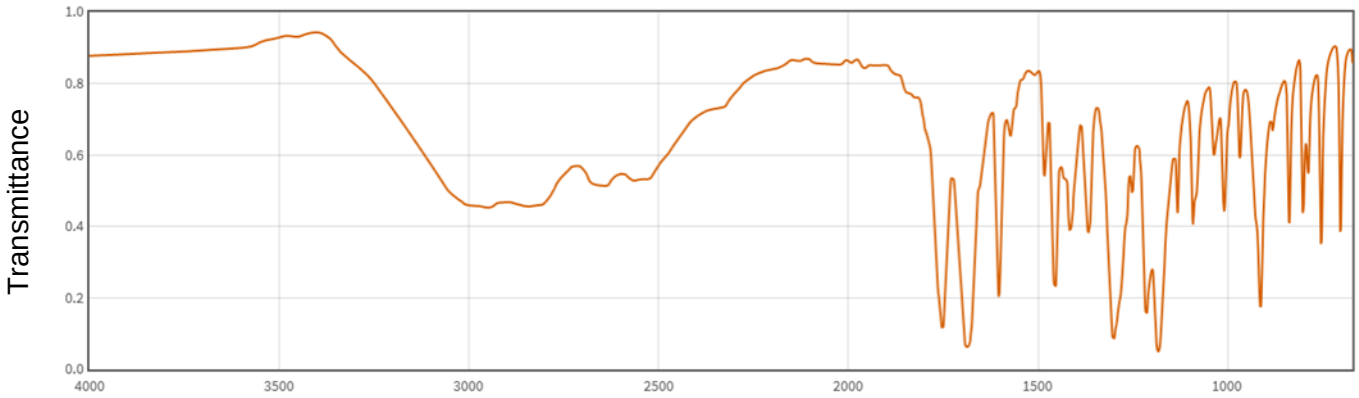
Pour vérifier la nature de l'espèce chimique contenue dans un comprimé, différents contrôles sont effectués parmi lesquels une analyse par spectroscopie infrarouge (IR).

Données :

Table des bandes d'absorption IR :

Liaison	σ (cm^{-1})	Intensité
O – H alcool	3200 – 3400	Forte et large
O – H acide carboxylique	2500 – 3200	Forte à moyenne, large
C = O ester	1700 – 1740	Forte et fine
C = O aldéhyde	1720 – 1740	Forte et fine
C = O cétone	1705 – 1725	Forte et fine
C = O acide carboxylique	1680 – 1710	Forte et fine

Le spectre d'absorption IR de l'échantillon est représenté ci-dessous :



D'après *webbook.nist.gov*

Q.2. Justifier que le spectre de l'échantillon analysé peut 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 : $C_b = 1{,}00 \times 10^{-2}$ 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 $C_b = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1} a été préparée à partir d'une solution de concentration $C_0 = 5{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}.

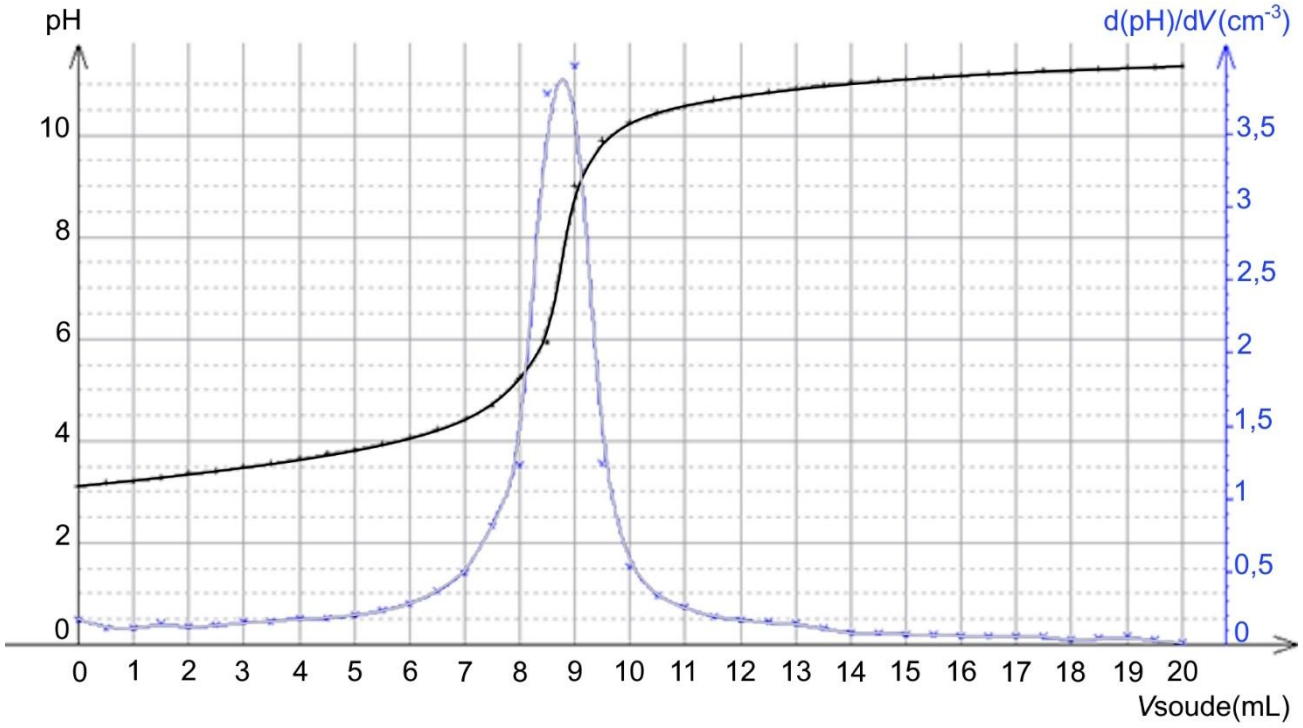
Q.3. Sélectionner, parmi la verrerie disponible, celle qui est utilisée pour effectuer la dilution de la solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}. Justifier la réponse.

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

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

Donnée :

- Courbe de suivi pH-métrique de la solution S :



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

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

Donnée :

- Masse molaire de l'aspirine : M(aspirine) = 180,2 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.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.