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

Exercice 1 : Étude d'une harpe électrique au service des abeilles domestiques

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 $\tan\theta = \theta = \frac{\frac{L}{2}}{D}$ 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 $\frac{1}{a}$.

$\theta = \frac{\lambda}{a}$ et $\theta = \frac{L}{2D}$ donc $\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$, 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*.

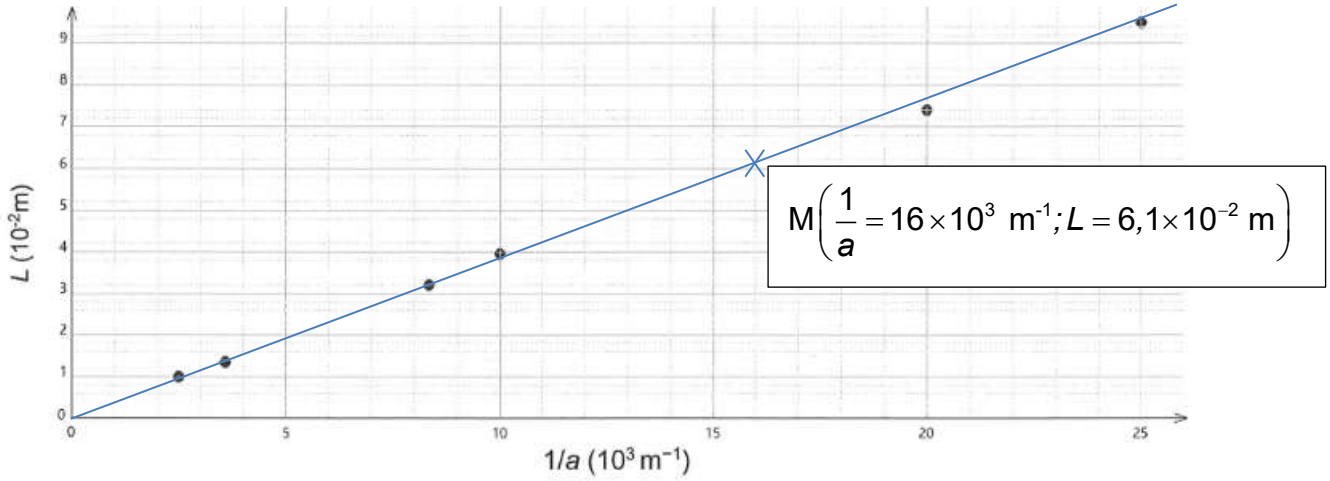


Figure 3 – Représentation graphique de *L* en fonction de 1/*a*

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

$k = \frac{6{,}1\times10^{-2}\ \text{m}}{16\times10^{3}\text{m}^{-1}} = 3{,}8\times10^{-6}\ \text{m}^2$

6.1E-2 / 16E3 = 3.8125E-6

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

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

$a = 3{,}85\times10^{-6}\text{m}^2 \times \frac{1}{8{,}00\times10^{-3}\ \text{m}} = 4{,}81\times10^{-4}\ \text{m} = 0{,}481\times10^{-3}\ \text{m} = 0{,}481\ \text{mm}$

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 $\frac{|x - x_{réf}|}{u(x)}$ ou 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*.

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

4.81E-4 × √((0.05/3.85)² + (0.5/8)²) = 3.07046549E-5

$u(a) = 4{,}81\times10^{-4}\ \text{m}\times\sqrt{\left(\frac{0{,}05\times10^{-6}\ \text{m}^2}{3{,}85\times10^{-6}\ \text{m}^2}\right)^2+\left(\frac{0{,}5\ \text{mm}}{8{,}00\ \text{mm}}\right)^2} = 3{,}07\times10^{-5}\ \text{m} = 0{,}03\ \text{mm}.$

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

L'incertitude porte sur les centièmes de mm, on arrondit a au 1/100e de mm ainsi $a = 0{,}48 \pm 0{,}03$ 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 $z = \dfrac{|a - a_{réf}|}{u(a)}$

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

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 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 : $P_{lum} = E \times S$ 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 $W.m^{-2}$;
- Capacité de la batterie : $Q_{batterie}$ = 18,0 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 / (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 W.

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

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

$$\eta = \frac{50\ \text{W}}{1000\ \text{W.m}^{-2} \times 640 \times 10^{-3}\text{m} \times 550 \times 10^{-3}\text{m}} = 0{,}14 = 14\%$$ 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 / = 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.

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

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

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 : $\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{1}{\tau} u_C = \dfrac{E}{\tau}$ 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 $u_R = R.i$

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

On obtient $E = R.C.\dfrac{du_C}{dt} + u_C$

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

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

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 $u_C = 0$.

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

$0 = A + E$ donc $A = -E$

$A = -5{,}0$ V

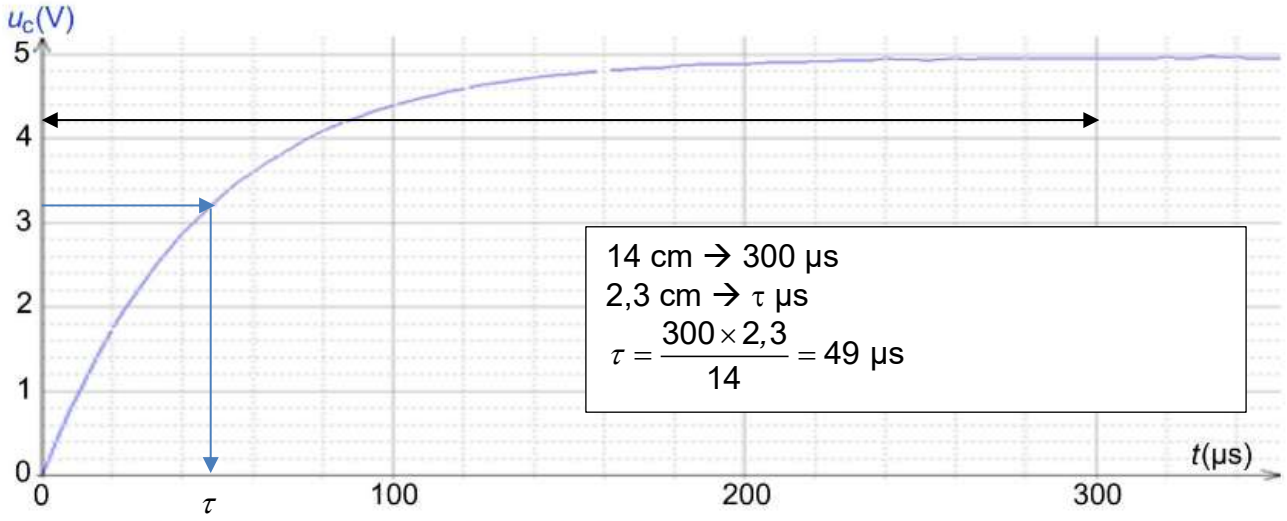


Figure 6 – Évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps

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 $\tau = 49$ µs.

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

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



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

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.

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

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

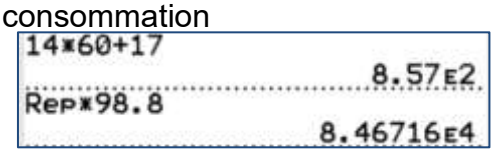


$E_{cond} = \frac{1}{2} \times 2,5 \times 10^{-8} \times 1500^2 = 2,8 \times 10^{-2}$ J

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.

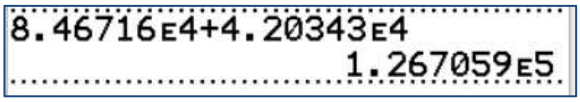
Il y a 14h17 min en journée, soit 14×60 min + 17 min = 857 min.
Avec une consommation de 98,8 J par minute, on obtient une consommation
$E_{jour} = 98,8 \times 857 = 8,47 \times 10^4$ J



Il y a 9h43min de nuit, soit 9×60min +43 min = 583 min.
Avec une consommation de 72,1 J par minute, on obtient une consommation
E_{nuit} = 72,1 × 583 = 4,20×10^4 J



Ainsi pour une journée complète la consommation est de $E = E_{jour} + E_{nuit}$
E = (4,20 + 8,47)×10^4 =12,67×10^4 J



On avait trouvé que pour électrocuter un frelon, il fallait une énergie 2,8×10^{-2} J.
On constate que le module électronique consomme largement plus d'énergie.

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) : $E = Q \times U$.

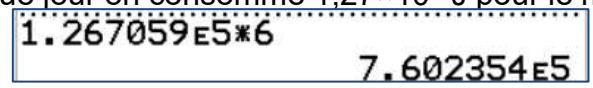
L'autonomie de la batterie est d'environ 6 jours. On observe que ce dispositif peut piéger au moins 1 000 frelons par jour en période d'invasion.

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

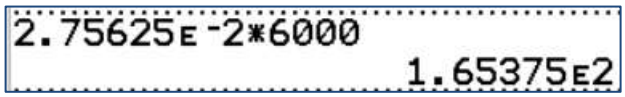
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

On peut calculer l'énergie contenue dans la batterie $E = Q \times U$
E = 18,0 ×3600 C × 12,0 V = 7,78×10^5 J

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



On calcule l'énergie utilisée pour piéger 1000 frelons par jour pendant 6 jours, donc 6000 frelons.
E_{frelon} = 6000× 2,8×10^{-2} = 1,6×10^2 J



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.