Corrigé complet — Bac 2026 Centres étrangers 1 Jour 1

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Etude d'une harpe électrique au service des abeilles domestiques** Diffraction par un fil · Incertitude-type et compatibilité · Rendement d'un panneau photovoltaïque · Charge d'un condensateur (circuit RC) · Énergie d'un condensateur · Bilan énergétique d'une batterie	11 pts	1 h 56	18 questions	p. 2
Ex 2	**La dépollution par les plantes pour extraire du nickel** Demi-équations électroniques · Réaction d'oxydoréduction · Électrolyse · Quantité d'électricité et constante de Faraday · Pourcentage massique	5 pts	53 min	9 questions	p. 9
Ex 3	**Analyse d'un comprimé** Groupes caractéristiques · Spectroscopie infrarouge · Dilution · Titrage pH-métrique · Équivalence · Contrôle de qualité	4 pts	42 min	7 questions	p. 12

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Etude d'une harpe électrique au service des abeilles domestiques

Bac 2026 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

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

Le faisceau laser rencontre un obstacle très fin (le fil) et s'étale en une série de taches sur l'écran.

Il s'agit du phénomène de **diffraction**.

PIÈGE
Ne pas confondre avec les interférences : ici il n'y a qu'un seul obstacle, et la tache centrale est deux fois plus large que les autres.

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

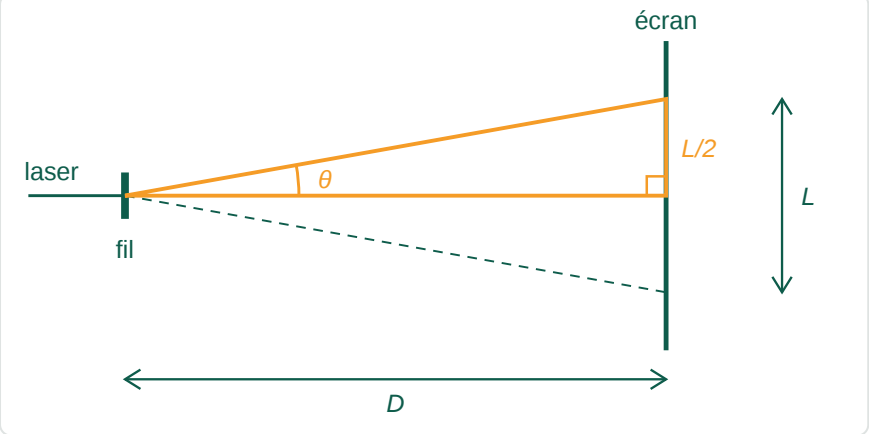
Dans le triangle rectangle formé par le fil, le centre de la tache centrale et l'une de ses extrémités, le côté opposé à θ mesure $\frac{L}{2}$ et le côté adjacent mesure D :

$$\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$$

L'angle est petit, donc $\tan\theta = \theta$ (en radians).

$$\theta = \frac{L}{2D}$$

PIÈGE
Écrire $\theta = \frac{L}{D}$: l'angle θ repère une extrémité de la tache depuis l'axe du faisceau, il ne voit donc que la demi-largeur $\frac{L}{2}$.



Q.2 · Vue de dessus : le triangle rectangle utilisé

Q.3 En déduire la relation donnant L en fonction de λ, a et D. Montrer qu'il y a proportionnalité entre L et $\frac{1}{a}$.

On égale les deux expressions de l'angle : $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (donnée) et $\theta = \frac{L}{2D}$ (Q.2).

$$\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \quad \text{donc} \quad L = \frac{2\lambda D}{a} = 2\lambda D \times \frac{1}{a}$$

Pour un laser et une distance fixés, $2\lambda D$ est une constante : L est bien proportionnelle à $\frac{1}{a}$.

$$L = \frac{2\lambda D}{a} = k \times \frac{1}{a} \text{ avec } k = 2\lambda D$$

COMPRENDRE
Plus le fil est fin, plus la tache centrale est large. La constante $k = 2\lambda D$ est le produit de deux longueurs : elle s'exprime en m^2.

Q.4 Justifier que les résultats expérimentaux de la figure 3 sont compatibles avec la modélisation $L = k \times \dfrac{1}{a}$.

Sur la figure 3, les six points sont pratiquement alignés et la droite qui passe au plus près de ces points passe par l'origine du repère.

Une droite passant par l'origine traduit une situation de proportionnalité.

L est proportionnelle à $\dfrac{1}{a}$: les mesures sont compatibles avec $L = k \times \dfrac{1}{a}$.

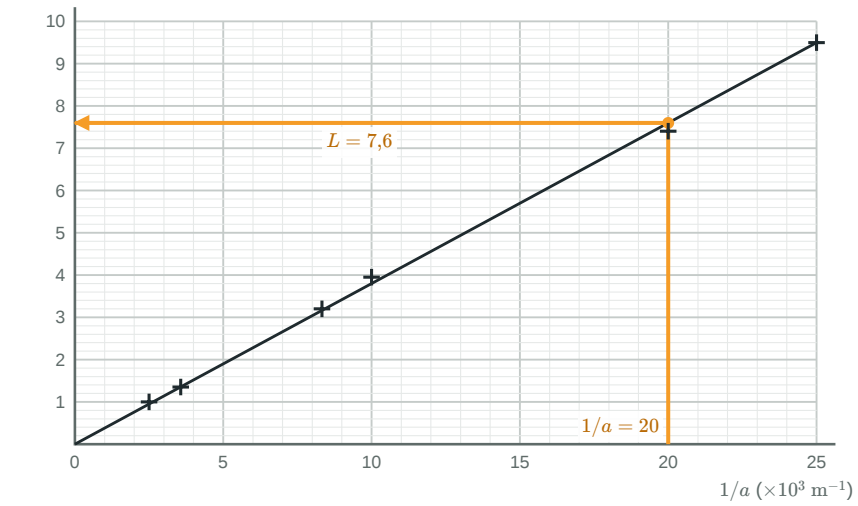
PIÈGE
« Les points sont alignés » ne suffit pas : une droite qui ne passe pas par l'origine correspond à une fonction affine, pas à une proportionnalité. Les deux arguments sont attendus.

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

k est le coefficient directeur de la droite modèle. On trace la droite passant par l'origine et au plus près des points, puis on lit les coordonnées d'un point de cette droite, choisi loin de l'origine : $\dfrac{1}{a} = 20 \times 10^{3}\ \text{m}^{-1}$ et $L = 7{,}6 \times 10^{-2}\ \text{m}$.

$$k = \frac{L}{1/a} = \frac{7{,}6 \times 10^{-2}}{20 \times 10^{3}}$$

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

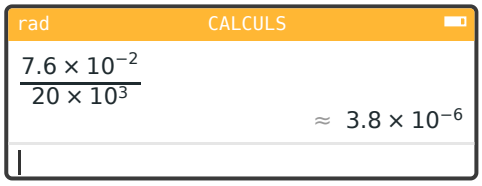


Q.5 · Figure 3 du sujet, avec la droite modèle et le point de lecture

PIÈGE
Oublier les puissances de dix des axes : l'abscisse est en $10^{3}\ \text{m}^{-1}$ et l'ordonnée en 10^{-2} m. Sans elles, on trouve $0{,}38$ au lieu de $3{,}8 \times 10^{-6}$.

MÉTHODE
On lit un point de la droite tracée, et non un point de mesure, car la droite moyenne compense les écarts de chaque mesure. Une lecture graphique donne deux chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $k = 3{,}85 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$; $L = 8{,}0\ \text{mm} = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{m}$

$L = k \times \dfrac{1}{a}$ donc $a = \dfrac{k}{L}$.

$$a = \frac{3{,}85 \times 10^{-6}}{8{,}0 \times 10^{-3}} = 4{,}8 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

$a = 0{,}48\ \text{mm}$

PIÈGE
Laisser L en millimètres alors que k est en m^2 : le diamètre obtenu serait mille fois trop petit.

COMPRENDRE
$L = 8{,}0$ mm n'a que deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux. On conserve la valeur non arrondie $4{,}81 \times 10^{-4}$ m pour le calcul d'incertitude qui suit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.85 \times 10^{-6}}{8.0 \times 10^{-3}} \approx 4.8125 \times 10^{-4}$$

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

Données utiles $a = 4{,}81 \times 10^{-4}$ m (Q.6) ; $u(k) = 0{,}05 \times 10^{-6}$ m^2 ; $u(L) = 0{,}5$ mm

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

$$u(a) = 4{,}81 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}05 \times 10^{-6}}{3{,}85 \times 10^{-6}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5}{8{,}0}\right)^2} = 3{,}1 \times 10^{-5} \text{ m}$$

L'incertitude-type est arrondie à un seul chiffre significatif.

$u(a) = 0{,}03$ mm, soit $a = (0{,}48 \pm 0{,}03)$ mm

COMPRENDRE
L'incertitude relative sur L (6 %) domine largement celle sur k (1,3 %) : pour améliorer la mesure, il faudrait d'abord mesurer la tache plus finement.

MÉTHODE
Dans chaque rapport, numérateur et dénominateur sont dans la même unité : inutile de convertir. La valeur mesurée s'écrit ensuite avec la même précision que son incertitude, ici le centième de millimètre.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$4.8125 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0.05}{3.85}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{8.0}\right)^2} \approx 3.072061 \times 10^{-5}$$

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

Données utiles $a = 0{,}48$ mm (Q.6) ; $u(a) = 0{,}03$ mm (Q.7)

$$\frac{|a - a_{\text{réf}}|}{u(a)} = \frac{|0{,}48 - 0{,}45|}{0{,}03} = 1{,}0$$

Le quotient est inférieur à 2 : la valeur mesurée s'écarte de la référence d'une seule incertitude-type, la mesure est compatible avec l'indication de la bobine.

Le diamètre du fil est donc bien de l'ordre de 0,5 mm, limite au-delà de laquelle les frelons le verraient.

Quotient $= 1{,}0 < 2$: mesure compatible avec $0{,}45$ mm ; le fil convient pour fabriquer la harpe.

MÉTHODE
Critère usuel : quotient inférieur ou égal à 2, résultat compatible avec la référence ; au-delà, il ne l'est pas. Toujours écrire la comparaison avec 2 avant de conclure.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.48 - 0.45}{0.03} \approx 1$$

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

Le matériau semi-conducteur de la cellule absorbe des photons. Si l'énergie d'un photon est suffisante, elle est transférée à un électron du matériau, qui est alors libéré ; la mise en mouvement de ces électrons dans le circuit constitue le courant électrique.

Il s'agit de l'**effet photoélectrique** (appelé effet photovoltaïque dans une cellule).

COMPRENDRE
Un photon libère au plus un électron et son énergie $h\nu$ doit dépasser un seuil propre au matériau : augmenter l'éclairement ne remplace pas une fréquence trop faible.

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

Données utiles $P_m = 50\ \text{W}$; $E = 1\,000\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; dimensions : $640\ \text{mm} \times 550\ \text{mm}$; rendement annoncé : 14 %

Le rendement est le rapport de la puissance électrique fournie à la puissance lumineuse reçue :

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

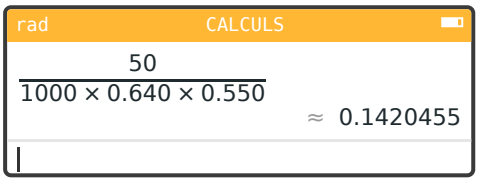
$$\eta = \frac{50}{1\,000 \times 0{,}640 \times 0{,}550} = \frac{50}{352} = 0{,}14$$

$\eta = 14\ \%$: la valeur mesurée est conforme au rendement annoncé par le fabricant.

PIÈGE
Calculer la surface en mm^2 : l'éclairement est en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, les dimensions doivent être converties en mètres ($S = 0{,}352\ \text{m}^2$).

COMPRENDRE
Un rendement est sans unité et toujours inférieur à 1. Ici, 86 % de la puissance lumineuse reçue n'est pas convertie en puissance électrique.

À LA CALCULATRICE



Q.11 Estimer la durée de charge Δt_{charge} de la batterie si tout le courant du panneau lui est fourni. Commenter la valeur obtenue.

Données utiles $Q_{\text{batterie}} = 18{,}0\ \text{A} \cdot \text{h}$; $I = 2{,}8\ \text{A}$

$Q = I \times \Delta t$ donc $\Delta t_{\text{charge}} = \dfrac{Q_{\text{batterie}}}{I}$.

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

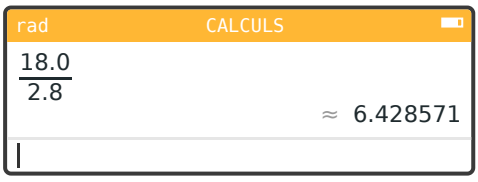
Cette durée, environ 6 h 30 min, est nettement inférieure à la durée d'une journée d'été : une seule journée bien ensoleillée suffit à recharger entièrement la batterie.

$\Delta t_{\text{charge}} = 6{,}4\ \text{h}$

PIÈGE
Convertir la capacité en coulombs sans convertir ensuite la durée : avec Q en $\text{A} \cdot \text{h}$ et I en A, le résultat est directement en heures.

COMPRENDRE
C'est une durée minimale : en réalité une partie du courant alimente la harpe et l'éclairement n'est pas maximal du matin au soir.

À LA CALCULATRICE



Q.12 Montrer que l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ lors de la charge s'écrit $\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t} + \dfrac{1}{\tau}u_C = \dfrac{E}{\tau}$ avec $\tau = R \cdot C$.

Loi des mailles (interrupteur fermé) : $E = u_R + u_C$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

Pour le condensateur : $i = \dfrac{\text{d}q}{\text{d}t}$ et $q = C\,u_C$, avec C constante, donc $i = C\,\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t}$.

En remplaçant : $E = R\,C\,\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t} + u_C$.

On divise chaque terme par $R\,C$ et on pose $\tau = R\,C$:

$\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t} + \dfrac{1}{\tau}u_C = \dfrac{E}{\tau}$ avec $\tau = R\,C$

MÉTHODE
Toujours les quatre mêmes étapes pour un circuit RC : loi des mailles, loi d'Ohm, relation $i = C\,\dfrac{\text{d}u_C}{\text{d}t}$, puis mise en forme. Chaque loi doit être nommée.

Q.13 La solution est de la forme $u_C(t) = A\,\mathrm{e}^{-t/\tau} + E$. Déterminer la valeur de A.

Données utiles $E = 5{,}0$ V ; condensateur initialement déchargé

Condition initiale : le condensateur est déchargé à $t = 0$, donc $u_C(0) = 0$.

$u_C(0) = A\,\mathrm{e}^{0} + E = A + E = 0$, donc $A = -E$.

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

PIÈGE
Oublier le signe ou l'unité : A est une tension, négative. On vérifie avec la solution $u_C(t) = E\,(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau})$, qui part de 0 et tend vers E.

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

Données utiles $E = 5{,}0$ V ; figure 6

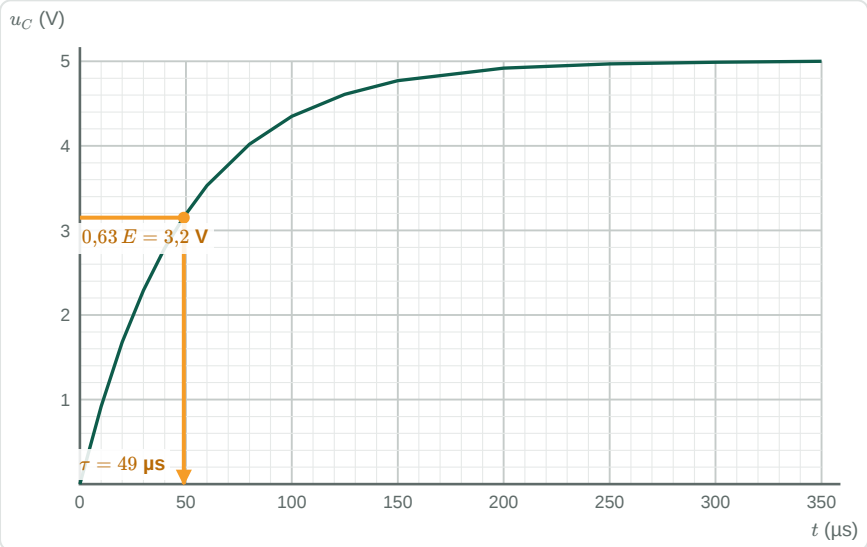
À la date $t = \tau$: $u_C(\tau) = E\,(1 - \mathrm{e}^{-1}) = 0{,}63 \times E = 0{,}63 \times 5{,}0 = 3{,}2$ V.

Sur la figure 6, on repère le point de la courbe d'ordonnée 3,2 V et on lit son abscisse.

$$\tau \approx 49\ \mu\text{s}$$

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne deux chiffres significatifs ; toute valeur proche de 50 µs convient. Vérification : la charge est quasi terminée à $5\tau \approx 250$ µs, ce que montre la courbe.

MÉTHODE
Autre méthode acceptée : tracer la tangente à l'origine ; elle coupe l'asymptote $u_C = E$ à la date $t = \tau$. Elle est moins précise, car le tracé de la tangente est délicat.



Q.14 · Figure 6 du sujet, avec la lecture de la constante de temps

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.63×5.0

≈ 3.15

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

Données utiles $\tau = 49\ \mu$s (Q.14) ; $R = 2{,}00$ kΩ

$\tau = RC$ donc $C = \dfrac{\tau}{R}$.

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

$$C = 2{,}5 \times 10^{-8} \text{ F} = 25 \text{ nF}$$

PIÈGE
Deux conversions à ne pas manquer : τ en secondes (10^{-6}) et R en ohms (10^{3}). Avec $R = 2{,}00$ on obtient une capacité mille fois trop grande.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{49 \times 10^{-6}}{2.00 \times 10^{3}}$

$\approx 2.45 \times 10^{-8}$

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

Données utiles $C = 2{,}5 \times 10^{-8}$ F (Q.15) ; $U_1 = 1\,500$ V

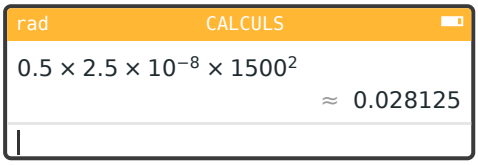
Dans la harpe, le condensateur est chargé sous la tension U_1 et se décharge entièrement dans le frelon : l'énergie libérée est l'énergie emmagasinée.

$$E_{\text{cond}} = \frac{1}{2} \times C \times U_1^2 = \frac{1}{2} \times 2{,}5 \times 10^{-8} \times 1\,500^2$$

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

PIÈGE
Utiliser $E = 5{,}0$ V : cette tension sert uniquement à mesurer C au laboratoire. Dans la harpe, la tension de charge est $U_1 = 1\,500$ V. Ne pas oublier le carré.

À LA CALCULATRICE



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 utiles jour : 98,8 J par minute pendant 14 h 17 min ; nuit : 72,1 J par minute pendant 9 h 43 min ; $E_{\text{cond}} = 2{,}8 \times 10^{-2}$ J (Q.16)

Durée du jour : $14 \times 60 + 17 = 857$ min.

Durée de la nuit : $9 \times 60 + 43 = 583$ min.

Le jour : $98{,}8 \times 857 = 8{,}47 \times 10^4$ J. La nuit : $72{,}1 \times 583 = 4{,}20 \times 10^4$ J.

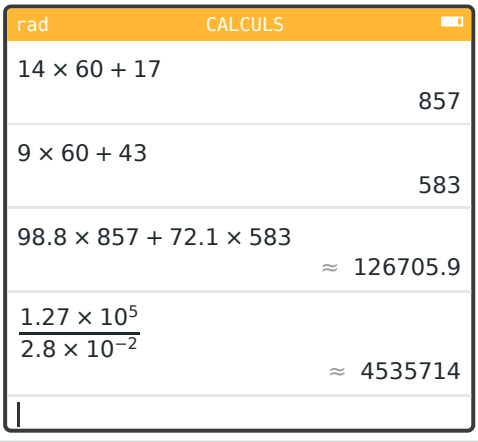
$$E_{\text{module}} = 8{,}47 \times 10^4 + 4{,}20 \times 10^4 = 1{,}27 \times 10^5 \text{ J}$$

Comparaison : $\dfrac{E_{\text{module}}}{E_{\text{cond}}} = \dfrac{1{,}27 \times 10^5}{2{,}8 \times 10^{-2}} \approx 4{,}5 \times 10^6$.

$E_{\text{module}} = 1{,}27 \times 10^5$ J par jour, soit environ 4,5 millions de fois l'énergie d'une décharge.

MÉTHODE
« Comparer » deux grandeurs, c'est calculer leur rapport et conclure par une phrase chiffrée. On vérifie aussi que les deux durées font bien 24 h : $857 + 583 = 1\,440$ min.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $U_{\text{batterie}} = 12{,}0$ V ; $Q_{\text{batterie}} = 18{,}0$ A · h ; 1 A · h $= 3\,600$ C ; 1 000 frelons par jour ; E_{cond} (Q.16) ; E_{module} (Q.17)

Énergie stockée dans la batterie : $E_{\text{batterie}} = Q \times U = 18{,}0 \times 3\,600 \times 12{,}0 = 7{,}78 \times 10^5$ J.

Sans frelon, l'autonomie vaut $\dfrac{E_{\text{batterie}}}{E_{\text{module}}} = \dfrac{7{,}78 \times 10^5}{1{,}27 \times 10^5} = 6{,}1$ jours : on retrouve les 6 jours annoncés.

Énergie des décharges pour 1 000 frelons par jour : $E_{\text{frelons}} = 1\,000 \times 2{,}8 \times 10^{-2} = 28$ J par jour.

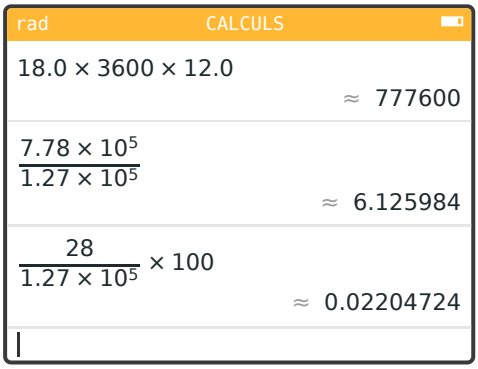
Cette énergie ne représente que $\dfrac{28}{1{,}27 \times 10^5} = 0{,}02\ \%$ de la consommation quotidienne du module : sur 6 jours, environ $1{,}7 \times 10^2$ J sur les $7{,}78 \times 10^5$ J disponibles.

Le nombre de frelons électrocutés n'a pratiquement aucune influence sur l'autonomie : elle reste d'environ 6 jours, fixée par la consommation du module.

PIÈGE
Laisser la capacité en A · h dans $E = Q \times U$: il faut des coulombs pour obtenir des joules, d'où le facteur 3 600.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer la démarche (énergie disponible, consommation du module, consommation des décharges), calculer, puis conclure par une comparaison chiffrée. Une démarche cohérente rapporte des points même inachevée.

À LA CALCULATRICE



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

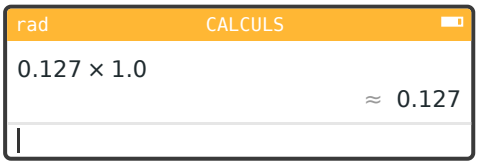
Le nickel représente au plus $12{,}7\ \%$ de la masse de plante séchée :

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

$m_{max} = 0{,}13$ 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.

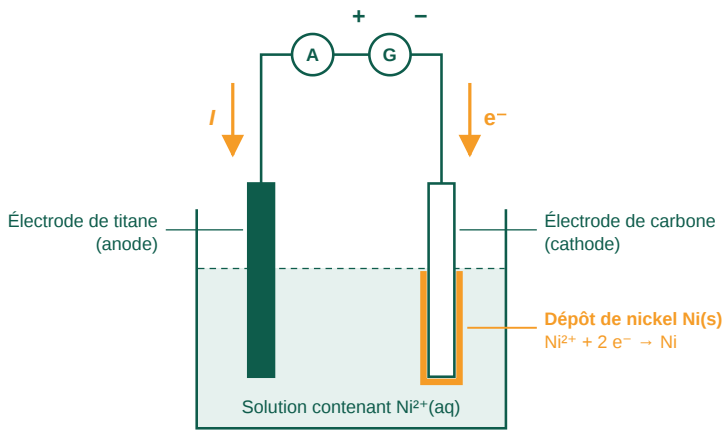
Dans le circuit extérieur, le courant sort par la borne $+$ du générateur ; les électrons circulent en sens inverse et sortent par la borne $-$.

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

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

$0.60 \times 0.53 \approx 0.318$

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

Analyse d'un comprimé

Bac 2026 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q.1 Recopier la formule topologique de l'aspirine, entourer ses groupes caractéristiques et nommer la famille fonctionnelle associée à chacun.

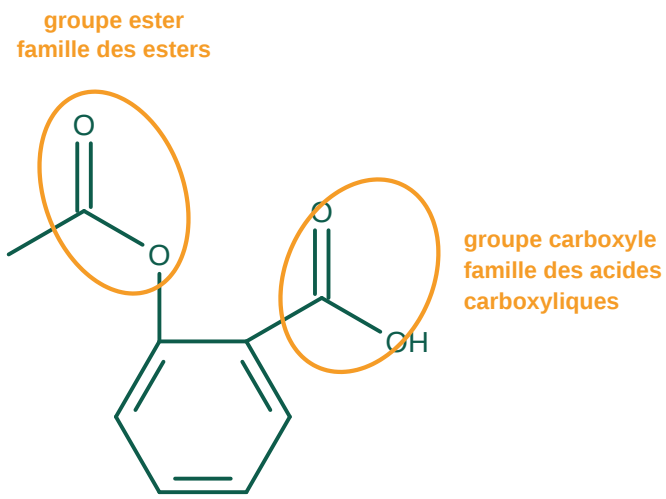
La molécule porte deux groupes caractéristiques (entourés sur la formule) :

- le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$: famille des **acides carboxyliques** ;
- le groupe ester $-\mathrm{COO}-\mathrm{C}$: famille des **esters**.

Deux groupes : carboxyle (acide carboxylique) et ester (ester).

PIÈGE
Entourer seulement $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ ou seulement $-\mathrm{OH}$: on lirait alors une cétone ou un alcool. Chaque groupe s'entoure en entier, avec ses deux atomes d'oxygène.

COMPRENDRE
Le cycle à six carbones n'est pas un groupe caractéristique. Le groupe ester relie ici le cycle (par l'oxygène) au carbone qui porte le groupe méthyle.



Q.1 · Formule topologique de l'aspirine : les deux groupes caractéristiques entourés

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

Données utiles table IR : $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ acide carboxylique 2500 – $3200\ \mathrm{cm^{-1}}$ (large) ; $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ ester 1700 – $1740\ \mathrm{cm^{-1}}$; $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ acide carboxylique 1680 – $1710\ \mathrm{cm^{-1}}$

Sur le spectre, on repère :

- une bande large qui s'étend d'environ 2500 à $3200\ \mathrm{cm^{-1}}$: liaison $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ d'un acide carboxylique ;
- deux bandes fines et intenses entre 1650 et $1800\ \mathrm{cm^{-1}}$: liaisons $\mathrm{C}=\mathrm{O}$, l'une du groupe ester, l'autre du groupe carboxyle.

Ce sont les liaisons des deux groupes caractéristiques de l'aspirine (Q.1).

Le spectre est compatible avec celui de l'aspirine.

PIÈGE
En transmittance, une bande d'absorption est un creux, pas un sommet. L'axe des nombres d'onde est gradué de droite à gauche : $4000\ \mathrm{cm^{-1}}$ est à gauche.

COMPRENDRE
« Peut correspondre » : le spectre montre que les bons groupes sont présents, il ne prouve pas à lui seul qu'il s'agit d'aspirine. D'autres molécules portent ces deux groupes.

Q3 Choisir, parmi la verrerie disponible, celle qui sert à préparer par dilution la solution titrante d'hydroxyde de sodium. Justifier.

Données utiles $C_0 = 5{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_b = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; fioles jaugées de $50{,}0$, $100{,}0$, $200{,}0$ mL ; pipettes jaugées de $1{,}0$, $2{,}0$, $10{,}0$, $25{,}0$ mL

Lors d'une dilution, la quantité de soluté est conservée : $C_0\,V_0 = C_b\,V_b$, avec V_0 le volume prélevé (pipette) et V_b le volume préparé (fiole).

Facteur de dilution : $F = \dfrac{C_0}{C_b} = \dfrac{5{,}00 \times 10^{-2}}{1{,}00 \times 10^{-2}} = 5{,}00$, donc $V_b = 5{,}00\,V_0$.

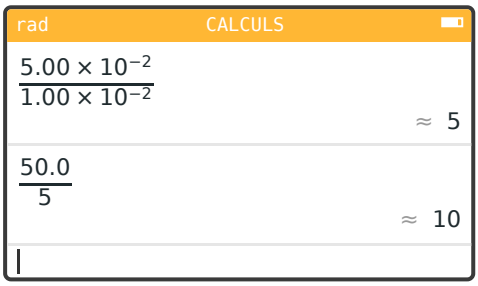
Seul couple disponible : $V_0 = 10{,}0$ mL et $V_b = 50{,}0$ mL. Les fioles de $100{,}0$ et $200{,}0$ mL demanderaient des pipettes de $20{,}0$ et $40{,}0$ mL, absentes.

Pipette jaugée de $10{,}0$ mL et fiole jaugée de $50{,}0$ mL.

PIÈGE
Proposer deux prélèvements successifs ou une éprouvette graduée : seule la verrerie jaugée, en un seul prélèvement, garantit la précision attendue.

MÉTHODE
Dilution : calculer $F = C_{\text{mère}}/C_{\text{fille}}$, puis chercher une fiole et une pipette jaugées dont le rapport des volumes vaut F. Tester chaque fiole proposée.

À LA CALCULATRICE



Q4 Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'ion hydroxyde et l'aspirine, notée AH.

L'aspirine AH est un acide (couple AH/A^-) : elle cède un ion H^+ à la base HO^- (couple $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$).

$$\text{AH}\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{A}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

COMPRENDRE
Flèche simple : une réaction support de titrage est totale (et rapide). Les ions Na^+ sont spectateurs, ils ne figurent pas dans l'équation.

Q5 Définir l'équivalence d'un titrage.

L'équivalence est l'état du système pour lequel le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage.

COMPRENDRE
À l'équivalence, les deux réactifs sont entièrement consommés. Avant, le réactif titrant est limitant ; après, c'est le réactif titré.

Q6 Déterminer la valeur du volume à l'équivalence en précisant la méthode utilisée.

Données utiles courbes $\text{pH} = f(V_{\text{soude}})$ et $\dfrac{\text{d pH}}{\text{d}V} = g(V_{\text{soude}})$ du sujet

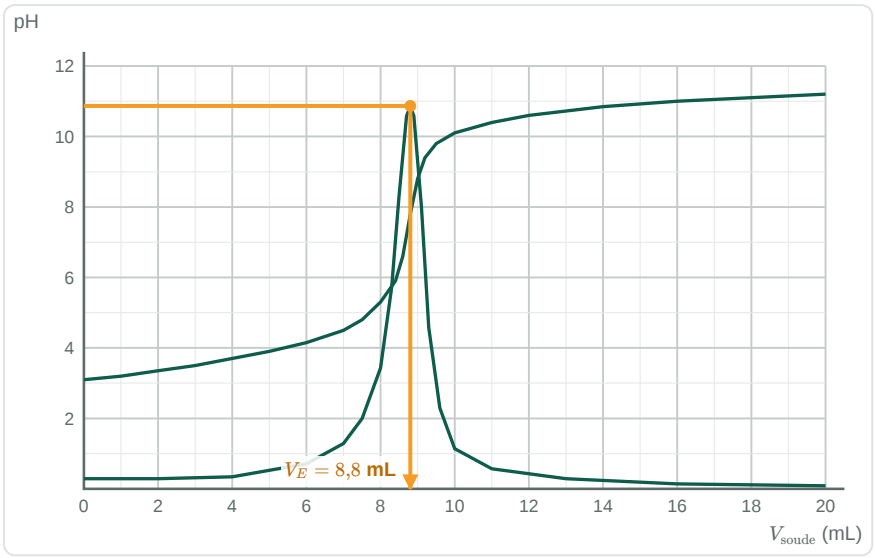
Méthode de la courbe dérivée : à l'équivalence, le pH varie le plus vite, donc $\dfrac{\text{d pH}}{\text{d}V}$ est maximale. Le volume à l'équivalence est l'abscisse du sommet du pic.

Le sommet se situe entre 8 et 9 mL, nettement plus près de 9 mL.

$V_E = 8{,}8\ \text{mL}$

PIÈGE
Lire sur l'axe de droite (celui de la dérivée) au lieu de l'axe des abscisses, ou donner la valeur sans nommer la méthode : la question la demande.

MÉTHODE
Sans courbe dérivée, on utilise la méthode des tangentes parallèles : deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut, puis la parallèle équidistante, qui coupe la courbe au point d'équivalence. Elle donne ici la même valeur.



Q.6 · Courbe pH = f(V) et pic de la dérivée (son échelle, à droite dans le sujet, n'est pas reproduite) : le sommet du pic donne V_E

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

Données utiles $V_E = 8{,}8$ mL (Q.6) ; $C_b = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $V_a = 20{,}0$ mL ; $V = 500{,}0$ mL ; $M = 180{,}2$ g · mol^{-1} ; masse affichée 500 mg ; tolérance ± 15 %

Quantité titrée. À l'équivalence, d'après l'équation (Q4) : $n(\text{AH})_{\text{titré}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} = C_b\,V_E$.

Quantité dans le comprimé. Le comprimé est dissous dans $V = 500{,}0$ mL et on n'en titre que $V_a = 20{,}0$ mL :

$$n(\text{AH})_{\text{comprimé}} = C_b\,V_E \times \frac{V}{V_a}$$

$$n(\text{AH})_{\text{comprimé}} = 1{,}00 \times 10^{-2} \times 8{,}8 \times 10^{-3} \times \frac{500{,}0}{20{,}0} = 2{,}2 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

Masse. $m = n \times M = 2{,}2 \times 10^{-3} \times 180{,}2 = 0{,}40$ g, soit $4{,}0 \times 10^{2}$ mg.

Comparaison. Tolérance : $0{,}15 \times 500 = 75$ mg ; la masse doit être comprise entre 425 mg et 575 mg. Or $4{,}0 \times 10^{2}$ mg < 425 mg (écart d'environ -20 %).

$m \approx 4{,}0 \times 10^{2}$ mg, hors de l'intervalle $[425\ ;\ 575]$ mg : les comprimés ne sont pas commercialisables.

PIÈGE
Oublier le rapport $V/V_a = 25$: on trouverait 16 mg, la masse contenue dans le seul prélèvement. Convertir aussi V_E en litres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $V_E = 8{,}8$ mL, la donnée la moins précise. Même avec une lecture à 9,0 mL, on obtient 405 mg : la conclusion ne dépend pas de la lecture.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (quantité titrée, passage au comprimé, masse, comparaison à l'intervalle toléré) et finir par une phrase qui répond à la question posée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.00 \times 10^{-2} \times 8.8 \times 10^{-3} \times 500.0}{20.0} \approx 0.0022$

$2.2 \times 10^{-3} \times 180.2 \approx 0.39644$

$0.15 \times 500 \approx 75$

$\dfrac{400 - 500}{500} \approx -0.2$