La spiruline

Bac 2022 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Décrire un protocole de dilution permettant d'obtenir 100 mL de la solution S_2 à partir de la solution mère S_0.

Données utiles $C_0 = 25{,}0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; $C_2 = 5{,}00\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_2 = 100\ \text{mL}$

Lors d'une dilution, la masse de soluté se conserve : $C_0\,V_0 = C_2\,V_2$.

$$V_0 = \frac{C_2\,V_2}{C_0} = \frac{5{,}00\times 100}{25{,}0} = 20{,}0\ \text{mL}$$

Protocole :

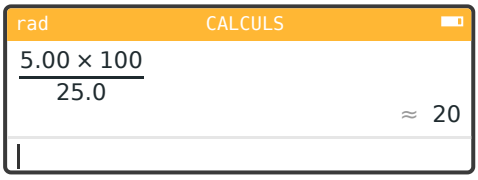
- verser un peu de solution S_0 dans un bécher, puis en prélever 20,0 mL avec une pipette jaugée de 20,0 mL munie d'une propipette ;
- introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de 100,0 mL ;
- ajouter de l'eau distillée jusqu'aux trois quarts, boucher, agiter ;
- compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et agiter pour homogénéiser.

On prélève $V_0 = 20{,}0\ \text{mL}$ de S_0 (pipette jaugée) que l'on dilue dans une fiole jaugée de 100,0 mL.

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée (pipette, fiole) est assez précise, et elle doit être nommée avec sa contenance.

COMPRENDRE
Le facteur de dilution vaut $C_0/C_2 = 5$: le volume prélevé est cinq fois plus petit que le volume final. Trois chiffres significatifs, comme les concentrations données.

À LA CALCULATRICE



2 Indiquer une valeur de la longueur d'onde adaptée pour mesurer l'absorbance de la solution avec le spectrophotomètre.

Données utiles figure 1 : spectre d'absorption de la phycocyanine

On règle le spectrophotomètre sur la longueur d'onde du maximum d'absorption de l'espèce dosée. Sur la figure 1, l'absorbance est maximale ($A \approx 0{,}65$) vers 620 nm.

$\lambda \approx 620\ \text{nm}$

PIÈGE
Choisir l'épaulement vers 575 nm, ou répondre par la couleur de la solution. Le pigment est bleu parce qu'il absorbe dans le rouge orangé, vers 620 nm.

COMPRENDRE
Au maximum d'absorption, les absorbances mesurées sont les plus grandes : l'incertitude relative sur chaque mesure est la plus faible et le dosage est plus précis.

3 Rappeler la loi de Beer-Lambert. Discuter l'accord des mesures obtenues avec cette loi.

Données utiles figure 2 : nuage de points $A = f(C)$ pour les solutions S_1 à S_5

Loi de Beer-Lambert : pour une solution suffisamment diluée, l'absorbance est proportionnelle à la concentration de l'espèce absorbante, $A = k \times C$, avec k constant à longueur d'onde et épaisseur de cuve fixées.

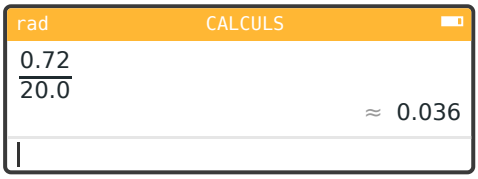
Sur la figure 2, les cinq points sont pratiquement alignés sur une droite qui passe par l'origine : le graphique traduit bien une situation de proportionnalité. Seul le point de S_1 s'écarte légèrement de la droite.

Les mesures sont en accord avec la loi de Beer-Lambert : $A = k \times C$ avec $k \approx 0{,}036\ \text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$.

COMPRENDRE
Les rapports A/C de S_2 à S_5 valent entre 0,036 et 0,040 ; celui de S_1 vaut 0,025, mais une si petite absorbance est mesurée avec une grande incertitude relative.

MÉTHODE
Pour valider une proportionnalité sur un graphique, deux critères sont à écrire tous les deux : les points sont alignés et la droite passe par l'origine.

À LA CALCULATRICE

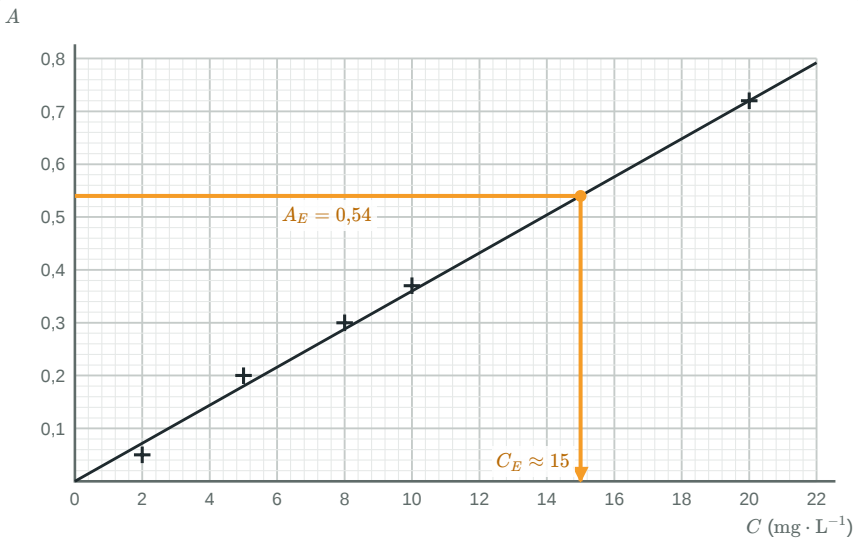


4 En précisant la méthode utilisée, déterminer la concentration en masse C_E de la solution S_E.

Données utiles $A_E = 0{,}54$; figure 2

Méthode : dosage par étalonnage. On trace sur la figure 2 la droite d'étalonnage, qui passe par l'origine et au plus près des points. On repère $A_E = 0{,}54$ sur l'axe des ordonnées, on rejoint la droite puis on lit l'abscisse du point obtenu.

$C_E \approx 15\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

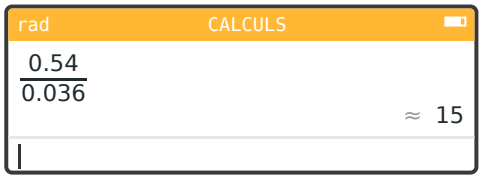


4 · Figure 2 du sujet, avec la droite d'étalonnage et la lecture pour la solution étalon

COMPRENDRE
Vérification par le calcul : $C_E = A_E/k$ avec $k = 0{,}036\ \text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$ (Q3). L'absorbance n'a que deux chiffres significatifs, le résultat aussi.

MÉTHODE
Laisser les traits de construction apparents sur le graphique : horizontale depuis A_E jusqu'à la droite, puis verticale jusqu'à l'axe des concentrations.

À LA CALCULATRICE



5 Calculer la valeur moyenne $\overline{C_E}$ et l'incertitude-type $u(C_E)$ de la série de mesures. Écrire le résultat avec son incertitude-type, en gardant trois chiffres significatifs sur C_E.

Données utiles dix mesures de C_E (tableau) ; $\sigma = 0{,}53\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $N = 10$; $u(X) = \dfrac{\sigma}{\sqrt{N}}$

La somme des dix valeurs vaut $14{,}2 + 14{,}7 + 15{,}2 + 15{,}9 + 14{,}7 + 14{,}1 + 14{,}9 + 14{,}4 + 15{,}1 + 14{,}6 = 147{,}8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, donc

$$\overline{C_E} = \frac{147{,}8}{10} = 14{,}78\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

Incertitude-type :

$$u(C_E) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{0{,}53}{\sqrt{10}} = 0{,}17\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

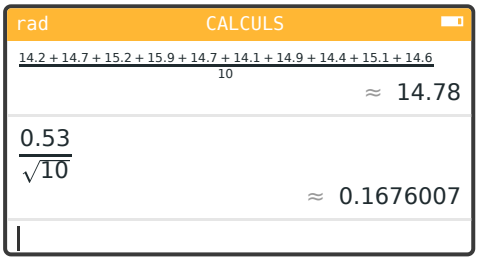
Avec trois chiffres significatifs, $\overline{C_E} = 14{,}8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; l'incertitude-type, arrondie par excès au même rang (le dixième), vaut $0{,}2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

$C_E = 14{,}8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ avec $u(C_E) = 0{,}2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Donner $\sigma = 0{,}53$ comme incertitude du résultat. L'écart-type décrit la dispersion d'une mesure isolée ; la moyenne de dix mesures est plus fiable, d'où la division par $\sqrt{N}$.

MÉTHODE
Une incertitude-type s'arrondit par excès, et la valeur mesurée s'écrit avec le même dernier rang décimal que son incertitude.

À LA CALCULATRICE



6 Conclure quant à la validité de la méthode de dosage.

Données utiles valeur de référence $C_{E,\text{réf}} = 15{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $\overline{C_E} = 14{,}8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ et $u(C_E) = 0{,}2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q5)

On compare l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de référence à l'incertitude-type :

$$z = \frac{|\overline{C_E} - C_{E,\text{réf}}|}{u(C_E)} = \frac{|14{,}8 - 15{,}0|}{0{,}2} = 1$$

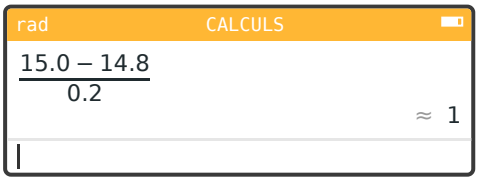
L'écart ne dépasse pas deux incertitudes-types : la valeur mesurée est compatible avec la valeur de référence.

$z = 1 < 2$: la méthode de dosage est validée.

COMPRENDRE
Avec les valeurs non arrondies ($14{,}78$ et $0{,}17$), on trouve $z \approx 1{,}3$: la conclusion est la même.

MÉTHODE
Pour comparer une mesure à une référence : calculer l'écart, le diviser par l'incertitude-type, puis conclure à la compatibilité si le quotient est inférieur à 2.

À LA CALCULATRICE

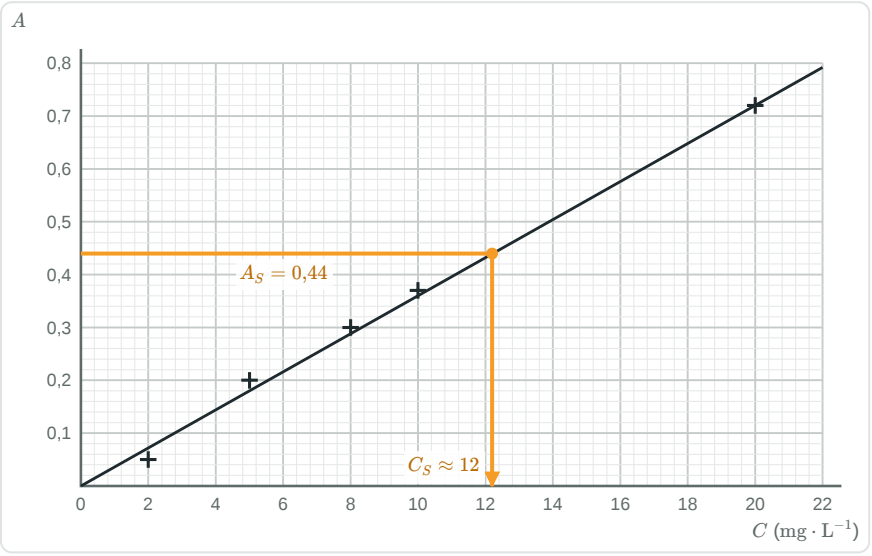


7 Déterminer la concentration en masse en phycocyanine de la solution de spiruline S.

Données utiles $A_S = 0{,}44$; droite d'étalonnage (Q4)

L'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que pour la gamme : la droite d'étalonnage de la question 4 reste utilisable. On repère $A_S = 0{,}44$ en ordonnée, on rejoint la droite et on lit l'abscisse correspondante.

$C_S \approx 12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$



7 · Droite d'étalonnage : lecture pour la solution de spiruline

COMPRENDRE
La lecture est légitime car A_S se situe à l'intérieur du domaine couvert par la gamme étalon (absorbances de 0,050 à 0,72), là où la proportionnalité a été vérifiée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.44}{0.036} \approx 12.22222$

8 Calculer la teneur en phycocyanine de la spiruline déshydratée, exprimée en g pour 100 g. Conclure sur la qualité de la spiruline.

Données utiles $C_S = 12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q7) ; $V_S = 50{,}0 \text{ mL}$; masse de spiruline dissoute $m = 5{,}0 \text{ mg}$; qualité optimale : entre 10 et 15 g pour 100 g

Masse de phycocyanine dans la solution S :

$$m_P = C_S \times V_S = 12 \times 50{,}0 \times 10^{-3} = 0{,}60 \text{ mg}$$

Cette masse provient des $5{,}0$ mg de spiruline dissoute. Fraction massique :

$$\frac{m_P}{m} = \frac{0{,}60}{5{,}0} = 0{,}12$$

soit 12 g de phycocyanine pour 100 g de spiruline déshydratée. Or $10 < 12 < 15$.

Teneur : 12 g pour 100 g, comprise entre 10 et 15 g : la spiruline est de qualité optimale.

PIÈGE
Oublier de convertir $50{,}0$ mL en litre, ou comparer directement $12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ à l'intervalle 10-15 : une concentration n'est pas une teneur.

COMPRENDRE
Un rapport de deux masses dans la même unité est sans dimension : 0,12 mg par mg équivaut à 12 g pour 100 g, sans conversion supplémentaire.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$12 \times 50.0 \times 10^{-3} \approx 0.6$

$\frac{0.60}{5.0} \approx 0.12$