Encre et effaceur

Bac 2022 Métropole Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Montrer que le spectre d'absorption obtenu est en accord avec la couleur de l'encre.

Données utiles figure 1 ; cercle chromatique

Sur la figure 1, l'absorbance est maximale pour $\lambda_{max} = 580$ nm.
D'après le cercle chromatique, cette radiation correspond à l'orangé.

Une solution a la couleur complémentaire de celle qu'elle absorbe le plus, c'est-à-dire la couleur placée à l'opposé sur le cercle chromatique : en face de l'orangé se trouve le bleu.

La solution absorbe surtout l'orangé (580 nm), elle paraît donc bleue : le spectre est en accord avec la couleur de l'encre.

PIÈGE
Dire que l'encre « absorbe le bleu ». C'est l'inverse : les radiations bleues (430 à 480 nm) sont très peu absorbées, elles traversent la solution et parviennent à l'œil.

Q2 Nommer la verrerie nécessaire à la préparation par dilution de la solution S2, en précisant les volumes.

Données utiles $V_2 = 100$ mL ; facteur de dilution $F = 20$

Une dilution ne modifie pas la quantité de soluté prélevée : $C_1\,V_{prélevé} = C_2\,V_2$ avec $C_1 = 20\,C_2$. Le volume de solution mère S1 à prélever est donc :

$$V_{prélevé} = \frac{V_2}{F} = \frac{100}{20} = 5{,}0\ \text{mL}$$

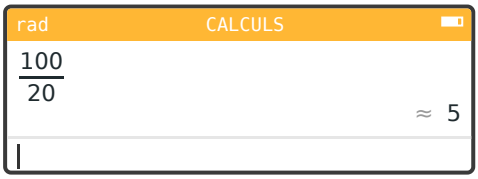
On verse un peu de solution S1 dans un bécher, on en prélève 5,0 mL avec une pipette jaugée, on les introduit dans une fiole jaugée de 100 mL, puis on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on homogénéise.

Pipette jaugée de 5,0 mL (avec propipette), fiole jaugée de 100,0 mL et bécher de prélèvement.

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes. Une dilution précise exige de la verrerie jaugée : pipette pour le prélèvement, fiole pour le volume final.

MÉTHODE
Facteur de dilution : $F = \frac{C_{mère}}{C_{fille}} = \frac{V_{fille}}{V_{prélevé}}$. Le volume de la fiole divisé par F donne celui de la pipette.

À LA CALCULATRICE



Q3 Déterminer, en utilisant la loi de Beer-Lambert et la figure 1, la concentration en quantité de matière en bleu d'aniline de la solution S2.

Données utiles $\varepsilon = 5{,}00 \times 10^4\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 580 nm ; $\ell = 1{,}0$ cm

Le coefficient ε est donné à $\lambda = 580$ nm : on lit sur la figure 1 l'absorbance à cette longueur d'onde, $A = 0{,}75$.

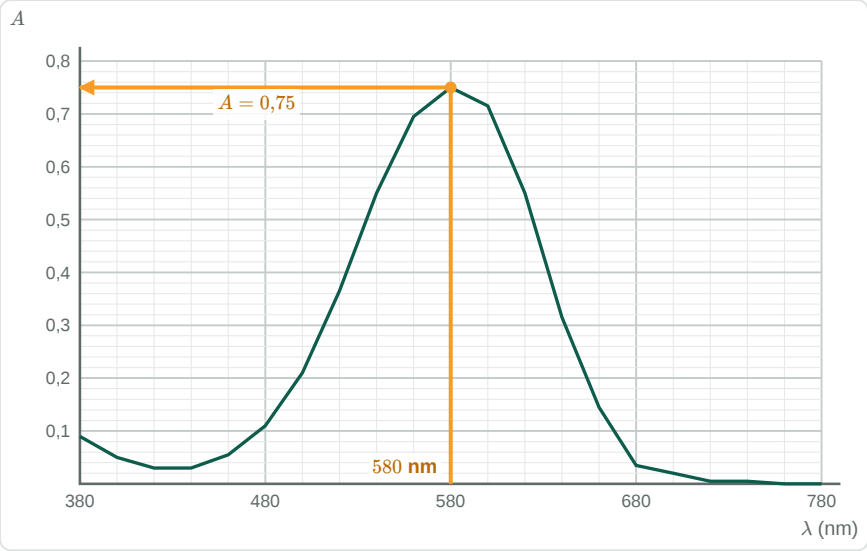
Loi de Beer-Lambert : $A = \varepsilon\,\ell\,C_2$, donc $C_2 = \frac{A}{\varepsilon\,\ell}$.

$$C_2 = \frac{0{,}75}{5{,}00 \times 10^4 \times 1{,}0} = 1{,}5 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_2 = 1{,}5 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Lire l'absorbance à une autre longueur d'onde que 580 nm : la valeur de ε fournie n'est valable qu'à cette longueur d'onde.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs : l'absorbance lue (0,75) et ℓ (1,0 cm) n'en ont que deux, même si ε en a trois.



Q3 · Figure 1 du sujet, avec la lecture de l'absorbance à 580 nm

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.75}{5.00 \times 10^4 \times 1.0} \approx 1.5 \times 10^{-5}$$

Q4 Montrer que la quantité de matière de bleu d'aniline présente dans une cartouche d'encre est environ égale à $3{,}0 \times 10^{-5}$ mol.

Données utiles $C_2 = 1{,}5 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q3) ; $F = 20$; $V_1 = 100$ mL

S2 est obtenue en diluant 20 fois S1, donc $C_1 = 20\,C_2 = 20 \times 1{,}5 \times 10^{-5} = 3{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Toute l'encre de la cartouche a été introduite dans la fiole de volume V_1 : le bleu d'aniline de la cartouche se retrouve entièrement dans S1.

$$n_{\text{bleu}} = C_1\,V_1 = 3{,}0 \times 10^{-4} \times 100 \times 10^{-3} = 3{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

$n_{\text{bleu}} = 3{,}0 \times 10^{-5}$ mol, ce qui est bien la valeur attendue.

PIÈGE
Multiplier C_1 par le volume de la cartouche (0,60 mL). C_1 est la concentration de la solution S1, dont le volume est 100 mL ; l'encre pure est bien plus concentrée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$20 \times 1.5 \times 10^{-5} \approx 3 \times 10^{-4}$$

$$3.0 \times 10^{-4} \times 100 \times 10^{-3} \approx 3 \times 10^{-5}$$

Q5 Calculer le titre massique en bleu d'aniline de l'encre contenue dans la cartouche. Conclure.

Données utiles $n_{\text{bleu}} = 3{,}0 \times 10^{-5}$ mol (Q4) ; $M_{\text{bleu}} = 737{,}7\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\rho_{\text{encre}} = 1{,}1\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $V_{\text{cartouche}} = 0{,}60$ mL

Le titre massique est le rapport de la masse de bleu d'aniline à la masse d'encre de la cartouche :

$$w = \frac{m_{\text{bleu}}}{m_{\text{encre}}} = \frac{n_{\text{bleu}}\,M_{\text{bleu}}}{\rho_{\text{encre}}\,V_{\text{cartouche}}}$$

$$w = \frac{3{,}0 \times 10^{-5} \times 737{,}7}{1{,}1 \times 0{,}60} = 3{,}4 \times 10^{-2}$$

L'énoncé annonce 3 à 5 % en masse de colorant : la valeur obtenue est dans cet intervalle.

$w = 3{,}4\ \%$: résultat en accord avec la composition annoncée (3 à 5 %).

PIÈGE
Oublier la conclusion demandée : il faut comparer explicitement le résultat à l'intervalle 3 à 5 % donné dans l'introduction.

COMPRENDRE
Les masses sont $m_{\text{bleu}} = 2{,}2 \times 10^{-2}$ g et $m_{\text{encre}} = 0{,}66$ g. La masse volumique étant en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, le volume reste en mL.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.0 \times 10^{-5} \times 737.7}{1.1 \times 0.60} \approx 0.03353182$$

Q6 À l'aide d'un diagramme de prédominance, justifier que l'ion sulfite SO_3^{2-} est majoritaire par rapport à HSO_3^- et (SO_2, H_2O) dans la solution S.

Données utiles $pK_{A1} = 1{,}8$; $pK_{A2} = 7{,}0$; pH de S : 11,0

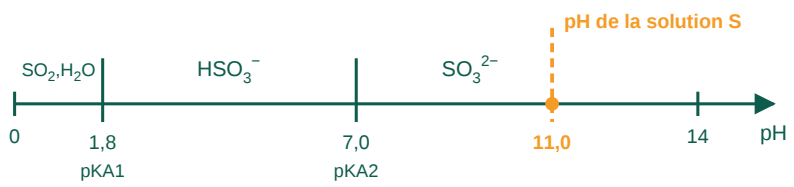
Pour un couple acide / base, l'acide prédomine si $pH < pK_A$ et la base si $pH > pK_A$. On en déduit le diagramme de prédominance ci-dessous.

Le pH de la solution S vaut 11,0 : il est supérieur à $pK_{A2} = 7{,}0$, donc situé dans le domaine de prédominance de SO_3^{2-}.

$pH = 11{,}0 > pK_{A2}$: l'ion sulfite SO_3^{2-} est l'espèce majoritaire dans la solution S.

COMPRENDRE

L'écart est de 4 unités de pH : $\frac{[SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]} = 10^{pH - pK_{A2}} = 10^4$. L'ion sulfite est donc ultra-majoritaire.



Q6 · Diagramme de prédominance des espèces ; le pH de la solution S est repéré en orange

Q7 Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction support du titrage en milieu basique entre les ions sulfite SO_3^{2-} et le diiode I_2.

Données utiles couples $SO_4^{2-}(aq)$ / $SO_3^{2-}(aq)$ et $I_2(aq)$ / $I^-(aq)$; demi-équation du couple sulfate / sulfite en milieu basique

L'ion sulfite est le réducteur : il est oxydé (demi-équation de l'énoncé lue de droite à gauche).

$$SO_3^{2-}(aq) + 2\,HO^-(aq) = SO_4^{2-}(aq) + H_2O(l) + 2\,e^-$$

Le diiode est l'oxydant : il est réduit.

$$I_2(aq) + 2\,e^- = 2\,I^-(aq)$$

Chaque demi-équation met en jeu 2 électrons : on les additionne membre à membre.

$$SO_3^{2-}(aq) + I_2(aq) + 2\,HO^-(aq) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2\,I^-(aq) + H_2O(l)$$

PIÈGE

Laisser des électrons dans l'équation finale, ou équilibrer avec des ions H^+ : le milieu est basique (pH 11), l'équation s'écrit avec HO^-.

MÉTHODE

Vérifier le bilan : atomes (S, I, O, H) et charges. Ici la charge totale vaut -4 de chaque côté.

Q8 Montrer que la quantité de matière d'ions sulfite contenue dans un effaceur est voisine de 8×10^{-5} mol.

Données utiles $C_{I_2} = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $V_E = 8{,}2$ mL

À l'équivalence du titrage, le diiode versé et les ions sulfite initialement présents sont en proportions stœchiométriques. D'après l'équation de Q7 (1 pour 1) :

$$n_{SO_3^{2-}} = n_{I_2,\,\text{versé}} = C_{I_2}\,V_E$$

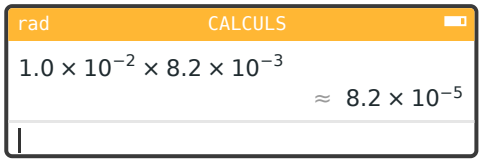
$$n_{SO_3^{2-}} = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 8{,}2 \times 10^{-3} = 8{,}2 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

Tous les ions sulfite de l'effaceur sont passés dans la solution S, titrée en totalité.

$n_{SO_3^{2-}} = 8{,}2 \times 10^{-5}$ mol, valeur voisine de 8×10^{-5} mol.

PIÈGE
Laisser V_E en mL : la concentration est en mol · L^{-1}, il faut $V_E = 8{,}2 \times 10^{-3}$ L.

À LA CALCULATRICE



Q9 En déduire le nombre de cartouches d'encre que l'on peut effacer avec un seul effaceur, la réaction mettant en jeu une mole de bleu d'aniline pour une mole d'ions sulfite.

Données utiles $n_{SO_3^{2-}} = 8{,}2 \times 10^{-5}$ mol (Q8) ; $n_{\text{bleu}} = 3{,}0 \times 10^{-5}$ mol par cartouche (Q4)

Une mole d'ions sulfite réagit avec une mole de bleu d'aniline : l'effaceur peut donc décolorer $n_{\text{bleu, effacé}} = n_{SO_3^{2-}} = 8{,}2 \times 10^{-5}$ mol de colorant.

Nombre de cartouches correspondant :

$$N = \frac{n_{SO_3^{2-}}}{n_{\text{bleu}}} = \frac{8{,}2 \times 10^{-5}}{3{,}0 \times 10^{-5}} = 2{,}7$$

$N \approx 2{,}7$: un effaceur permet d'effacer l'encre de deux cartouches entières, presque trois.

COMPRENDRE
Le résultat est réaliste : on n'efface que quelques mots parmi tout ce que l'on écrit, un effaceur dure donc bien plus longtemps que trois cartouches.

À LA CALCULATRICE

