L'encre et son effaceur

Bac 2021 Métropole Septembre Sujet 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1.1 Justifier la couleur de la solution S_{encre}.

Données utiles figure 3 (spectre d'absorption) ; figure 2 (cercle chromatique)

Sur la figure 3, l'absorbance est maximale pour $\lambda_{\max} \approx 590\ \text{nm}$: la solution absorbe surtout les radiations jaune-orangé.

La couleur perçue est la couleur complémentaire, diamétralement opposée sur le cercle chromatique (figure 2) : en face de la limite jaune-orange se trouve la limite bleu-violet.

La solution S_{encre} absorbe le jaune-orangé (vers 590 nm) : elle apparaît **bleue** (bleu-violet).

PIÈGE
Dire que la solution est bleue « parce qu'elle absorbe le bleu ». Une solution colorée absorbe la couleur complémentaire de celle que l'on voit.

1.2 Nommer la verrerie nécessaire pour réaliser la solution fille S_1.

Données utiles $V_0 = 10{,}0\ \text{mL}$; $V_f = 100{,}0\ \text{mL}$

Il s'agit d'une dilution : on prélève $10{,}0\ \text{mL}$ de solution mère S_0 et on complète à $100{,}0\ \text{mL}$ avec de l'eau distillée.

- une **pipette jaugée de 10,0 mL** (munie d'un pipeteur) pour le prélèvement ;
- une **fiole jaugée de 100,0 mL** pour la solution fille ;
- un bécher pour verser un peu de solution mère avant de prélever.

Pipette jaugée de $10{,}0\ \text{mL}$ et fiole jaugée de $100{,}0\ \text{mL}$.

COMPRENDRE
Les volumes sont donnés au dixième de millilitre : seule la verrerie jaugée offre cette précision. Une éprouvette graduée ou un bécher ne conviennent pas pour mesurer V_0 ou V_f.

1.3 Déterminer la concentration en quantité de matière de la solution fille S_2, manquante dans le tableau.

Données utiles $c_0 = 6{,}78 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_0 = 20{,}0\ \text{mL}$; $V_f = 100{,}0\ \text{mL}$

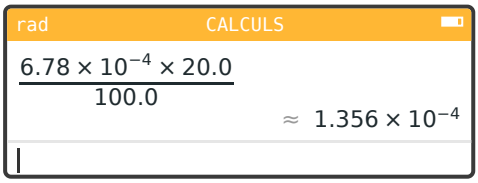
Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $c_0\,V_0 = c_2\,V_f$, donc

$$c_2 = \frac{c_0\,V_0}{V_f} = \frac{6{,}78 \times 10^{-4} \times 20{,}0}{100{,}0}$$

$c_2 = 1{,}36 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme c_0 et V_0. Les deux volumes peuvent rester en mL : seul leur rapport intervient. La solution est diluée 5 fois, sa concentration est divisée par 5.

À LA CALCULATRICE



1.4 L'absorbance de S_{encre} vaut 0,9 à la longueur d'onde de l'étude. Déterminer la masse de bleu d'aniline contenue dans une cartouche d'encre.

Données utiles figure 4 : $A = 5{,}273 \times c$ avec c en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; $A = 0{,}9$; $V = 200{,}0\ \text{mL}$; $M = 737{,}7\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

La courbe d'étalonnage est une droite passant par l'origine (loi de Beer-Lambert). Concentration en bleu d'aniline de S_{encre} :

$$c = \frac{A}{5{,}273} = \frac{0{,}9}{5{,}273} = 0{,}17\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 1{,}7 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Toute la cartouche a été vidée dans la fiole de $200{,}0\ \text{mL}$: la masse cherchée est celle contenue dans S_{encre}.

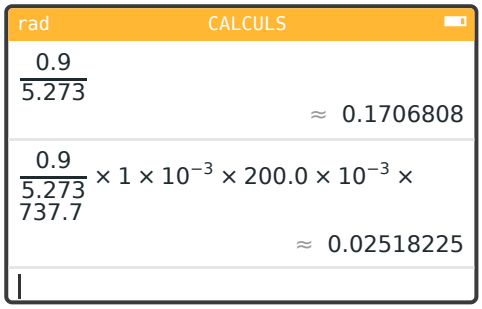
$$m = c\,V\,M = \frac{0{,}9}{5{,}273} \times 10^{-3} \times 200{,}0 \times 10^{-3} \times 737{,}7 = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{g}$$

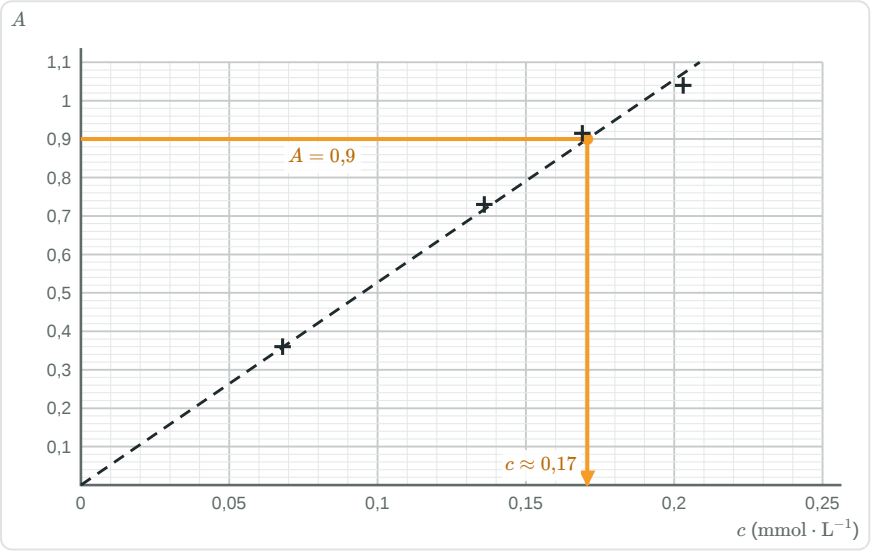
$m \approx 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{g} = 25\ \text{mg}$ de bleu d'aniline dans une cartouche.

PIÈGE
L'équation de la droite donne c en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: il faut multiplier par 10^{-3} avant de calculer une masse en grammes, et convertir $200{,}0\ \text{mL}$ en litres.

COMPRENDRE
L'absorbance 0,9 n'a qu'un chiffre significatif : en toute rigueur $m \approx 3 \times 10^{-2}$ g. On garde 25 mg, valeur reprise par l'énoncé à la question 2.3.

À LA CALCULATRICE





1.4 · Figure 4 du sujet, avec la lecture pour la solution d'encre

2.1 Établir l'équation de la réaction modélisant la transformation entre les ions HSO_3^- et les ions HBleu^{2-}.

Données utiles couples $\text{HBleu}^{2-}/\text{H}_3\text{Bleu}^{2-}$ et $\text{HSO}_4^-/\text{HSO}_3^-$

HBleu^{2-} est l'oxydant de son couple, HSO_3^- le réducteur du sien.

Réduction : $\text{HBleu}^{2-} + 2\,\text{H}^+ + 2\,\text{e}^- = \text{H}_3\text{Bleu}^{2-}$

Oxydation : $\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{HSO}_4^- + 2\,\text{H}^+ + 2\,\text{e}^-$

Les deux demi-équations échangent 2 électrons : on les additionne, les ions H^+ se simplifient. Tous les ions sont en solution aqueuse (aq), l'eau est liquide (l).

$$\text{HBleu}^{2-} + \text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{Bleu}^{2-} + \text{HSO}_4^-$$

MÉTHODE
Pour chaque demi-équation : équilibrer l'élément autre que H et O, puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec des électrons. Vérifier que l'équation finale ne contient plus d'électrons.

2.2 Justifier l'utilité de la présence dans l'effaceur d'une solution contenant des ions hydrogénosulfite.

Seuls les ions HBleu^{2-} colorent l'encre. Les ions hydrogénosulfite HSO_3^- les réduisent en ions $\text{H}_3\text{Bleu}^{2-}$, et se transforment en ions HSO_4^- : ces deux produits sont incolores, comme HSO_3^-.

Les ions hydrogénosulfite consomment l'espèce colorée HBleu^{2-} et ne forment que des espèces incolores : la couleur de l'encre disparaît.

2.3 Une cartouche de 0,75 mL contient 25 mg de bleu d'aniline et 20 gouttes d'encre occupent 1 mL. Déterminer le réactif limitant de la transformation. Commenter.

Données utiles 5 gouttes d'encre dans $100{,}0\ \text{mL}$; mélange de $4\ \text{mL}$ de solution d'encre et de $1\ \text{mL}$ de solution d'hydrogénosulfite à $9{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $M = 737{,}7\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Bleu d'aniline dans 5 gouttes. Volume : $\dfrac{5}{20}\times 1 = 0{,}25\ \text{mL}$. Par proportionnalité avec la cartouche :

$$m = 25\times\frac{0{,}25}{0{,}75} = 8{,}3\ \text{mg} \qquad n = \frac{m}{M} = \frac{8{,}3\times10^{-3}}{737{,}7} = 1{,}1\times10^{-5}\ \text{mol}$$

Bleu d'aniline dans le mélange. Cette quantité est répartie dans $100{,}0\ \text{mL}$ et l'on en prélève $4\ \text{mL}$:

$$n_i(\text{HBleu}^{2-}) = 1{,}13\times10^{-5}\times\frac{4}{100{,}0} = 4{,}5\times10^{-7}\ \text{mol}$$

Ions hydrogénosulfite. $n_i(\text{HSO}_3^-) = CV = 9{,}0\times10^{-2}\times1\times10^{-3} = 9{,}0\times10^{-5}\ \text{mol}$

Comparaison. Les nombres stœchiométriques valent tous 1 (Q2.1) et $n_i(\text{HBleu}^{2-}) < n_i(\text{HSO}_3^-)$. L'eau est le solvant, en large excès.

Le réactif limitant est l'ion HBleu^{2-} (bleu d'aniline) : $4{,}5\times10^{-7}\ \text{mol}$ contre $9{,}0\times10^{-5}\ \text{mol}$ d'ions HSO_3^-, environ 200 fois plus.

Commentaire. L'espèce colorée est entièrement consommée : la solution finit incolore, ce que confirme la figure 5 où l'absorbance tend vers 0.

PIÈGE

Comparer des concentrations, ou oublier l'une des deux étapes : seules 5 gouttes de la cartouche sont diluées, puis seuls $4\ \text{mL}$ sur les $100{,}0\ \text{mL}$ sont utilisés. On compare des quantités de matière dans le mélange.

MÉTHODE

Question ouverte : annoncer le plan (quantité de chaque réactif, puis comparaison selon la stœchiométrie), garder les valeurs non arrondies en mémoire et conclure par une phrase. Une démarche claire rapporte des points même inachevée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{25\times0.25}{0.75} \approx 8.333333$

$\dfrac{\frac{25\times0.25}{0.75}\times1\times10^{-3}}{737.7} \approx 1.129637\times10^{-5}$

$\dfrac{\frac{25\times0.25}{0.75}\times1\times10^{-3}}{\frac{737.7}{100.0}}\times4 \approx 4.518549\times10^{-7}$

$9.0\times10^{-2}\times1\times10^{-3} \approx 9\times10^{-5}$

$\dfrac{9.0\times10^{-5}}{4.52\times10^{-7}} \approx 199.115$

2.4 Estimer le temps de demi-réaction. Commenter le résultat.

Données utiles figure 5 : $A(0) \approx 1{,}15$; HBleu^{2-} réactif limitant (Q2.3)

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale ; ici, la moitié du réactif limitant HBleu^{2-} a alors disparu.

HBleu^{2-} est la seule espèce colorée : d'après la loi de Beer-Lambert, A est proportionnelle à sa concentration. L'absorbance finale étant presque nulle :

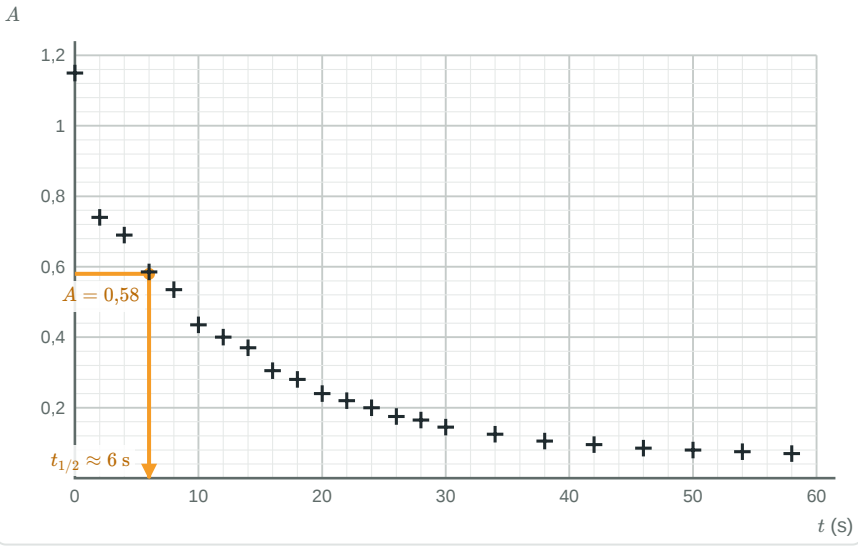
$$A(t_{1/2}) = \frac{A(0)}{2} \approx \frac{1{,}15}{2} \approx 0{,}58$$

Sur la figure 5, cette absorbance est atteinte à la date $t \approx 6$ s.

$t_{1/2} \approx 6$ s

Commentaire. Cette durée est très courte : l'essentiel de la couleur disparaît en quelques secondes et l'absorbance n'évolue presque plus au-delà d'une minute. L'effaceur agit donc rapidement, comme attendu, tout en restant assez lent pour un suivi par spectrophotométrie.

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale de l'expérience (environ 90 s). Le temps de demi-réaction se lit sur l'axe des ordonnées d'abord : on cherche la date où A a été divisée par deux.



2.4 · Figure 5 du sujet (début de l'enregistrement), avec la lecture de $t_{1/2}$

À LA CALCULATRICE

