Exercice 1 : Les ions dichromate d'une teinture pour bois

8 points

1) D'après le document 1, la solution absorbe surtout entre 400 et $500\,\text{nm}$, avec un maximum d'absorbance vers $\lambda \approx 445\,\text{nm}$: ce sont des radiations bleu-violet (à la frontière du violet et du bleu dans le tableau). Elle absorbe très peu au-delà de $550\,\text{nm}$.

La couleur perçue est la complémentaire de la couleur la plus absorbée. Sur le cercle chromatique, la couleur diamétralement opposée au bleu-violet est le jaune orangé : **la solution d'ions dichromate est jaune orangé** (réponse « jaune » ou « orange » acceptée si elle est justifiée par le spectre et le cercle).

2) Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté prélevée dans la solution mère se retrouve en totalité dans la solution fille :

$$C_0 \times V_0 = C_1 \times V_1 \quad \text{donc} \quad V_0 = \frac{C_1 \times V_1}{C_0} = \frac{5{,}0 \times 10^{-3}\,\text{mol·L}^{-1} \times 20{,}0\,\text{mL}}{2{,}0 \times 10^{-2}\,\text{mol·L}^{-1}} = \boxed{5{,}0\,\text{mL}}$$

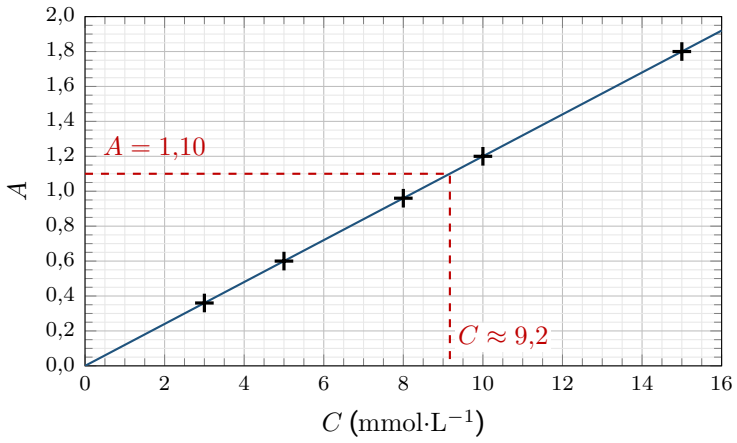
(facteur de dilution $F = C_0/C_1 = 4{,}0$). *Verrerie* : on verse un peu de solution mère dans un bécher puis on en prélève $5{,}0\,\text{mL}$ à la **pipette jaugée de** $5{,}0\,\text{mL}$ munie d'une propipette ; on les verse dans une **fiole jaugée de** $20{,}0\,\text{mL}$, on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis on bouche et on agite pour homogénéiser.

3) Les mesures sont faites à la longueur d'onde du maximum d'absorbance, $\boxed{\lambda_{\text{max}} \approx 445\,\text{nm}}$ (lecture graphique acceptée entre 440 et $450\,\text{nm}$). C'est là que l'absorbance est la plus grande et qu'elle varie le plus avec la concentration.

4) Sur le document 2, les cinq points se placent sur une même droite passant par l'origine (tracée ci-dessous) : l'absorbance A est proportionnelle à la concentration C. **La loi de Beer-Lambert, $A = k \times C$, est vérifiée** dans le domaine de concentrations étudié (de 0 à $15\,\text{mmol·L}^{-1}$).

Le coefficient directeur se calcule avec un point de la droite éloigné de l'origine, par exemple celui d'abscisse $15\,\text{mmol·L}^{-1}$ et d'ordonnée $1{,}80$:

$$k = \frac{A}{C} = \frac{1{,}80}{15\,\text{mmol·L}^{-1}} = 0{,}120\,\text{L·mmol}^{-1}$$



5) La teinture est mesurée dans les mêmes conditions (même longueur d'onde, même cuve) ; on se sert donc de la droite d'étalonnage. *Graphiquement*, pour une absorbance $A = 1{,}10$, on lit

$C \approx 9{,}2\,\text{mmol·L}^{-1}$ (lecture acceptée entre $9{,}0$ et $9{,}5\,\text{mmol·L}^{-1}$). *Par le calcul*, avec la loi de Beer-Lambert :

$$C_{\text{teinture}} = \frac{A}{k} = \frac{1{,}10}{0{,}120\,\text{L·mmol}^{-1}} \approx 9{,}2\,\text{mmol·L}^{-1}, \quad \text{soit} \quad \boxed{C_{\text{teinture}} \approx 9{,}2 \times 10^{-3}\,\text{mol·L}^{-1}}$$

La valeur trouvée est comprise entre les concentrations extrêmes de l'échelle de teintes, 3 et $15\,\text{mmol·L}^{-1}$: l'utilisation de la droite d'étalonnage est légitime.

Exercice 2 : La boisson du cycliste

12 points

Partie A : La boisson de l'effort

1) Masse molaire du chlorure de sodium : $M(\text{NaCl}) = M(\text{Na}) + M(\text{Cl}) = 23{,}0 + 35{,}5 = 58{,}5\,\text{g·mol}^{-1}$.

Quantité de matière introduite : $n(\text{NaCl}) = \dfrac{m}{M(\text{NaCl})} = \dfrac{1{,}0\,\text{g}}{58{,}5\,\text{g·mol}^{-1}} = 1{,}71 \times 10^{-2}\,\text{mol}$ (valeur non arrondie gardée).

Elle est répartie dans le volume du bidon $V = 0{,}60\,\text{L}$:

$$C_1 = \frac{n(\text{NaCl})}{V} = \frac{1{,}71 \times 10^{-2}\,\text{mol}}{0{,}60\,\text{L}} \approx \boxed{2{,}8 \times 10^{-2}\,\text{mol·L}^{-1}}$$

On retrouve bien la valeur annoncée.

2) Le fructose est apporté par un volume $V_s = 15\,\text{mL}$, soit $1{,}5 \times 10^{-2}\,\text{L}$, de sirop de concentration $C_s = 1{,}0\,\text{mol·L}^{-1}$:

$$n_{\text{fru}} = C_s \times V_s = 1{,}0\,\text{mol·L}^{-1} \times 1{,}5 \times 10^{-2}\,\text{L} = \boxed{1{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol}}$$

3) Une mole contient N_A entités, donc :

$$N = n_{\text{fru}} \times N_A = 1{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}\,\text{mol}^{-1} \approx \boxed{9{,}0 \times 10^{21}\ \text{molécules}}$$

4) Les $1{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol}$ de fructose sont dissoutes dans tout le bidon :

$$C_2 = \frac{n_{\text{fru}}}{V} = \frac{1{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol}}{0{,}60\,\text{L}} = \boxed{2{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol·L}^{-1}}$$

5) La masse se déduit du volume par la masse volumique, $m = \rho \times V$, avec $V_{\text{jus}} = 150\,\text{mL}$:

$$m_{\text{jus}} = \rho_{\text{jus}} \times V_{\text{jus}} = 1{,}1\,\text{g·mL}^{-1} \times 150\,\text{mL} = 165\,\text{g} \approx \boxed{1{,}7 \times 10^{2}\,\text{g}}$$

(on garde $165\,\text{g}$ pour la suite).

6) D'après le pourcentage massique, la vitamine C représente $0{,}055\,\%$ de la masse du jus :

$$m_{\text{vit}} = \frac{0{,}055}{100} \times m_{\text{jus}} = \frac{0{,}055}{100} \times 165\,\text{g} = 9{,}08 \times 10^{-2}\,\text{g} \approx \boxed{9{,}1 \times 10^{-2}\,\text{g}}$$

7) La concentration en masse est la masse de soluté par litre de solution :

$$C_{\mathrm{m},3} = \frac{m_{\mathrm{vit}}}{V} = \frac{9{,}08 \times 10^{-2}\,\mathrm{g}}{0{,}60\,\mathrm{L}} \approx \boxed{0{,}15\,\mathrm{g{\cdot}L^{-1}}}$$

(valeur non arrondie gardée : $0{,}151\,\mathrm{g{\cdot}L^{-1}}$).

8) Le volume de la boisson ne change pas ; seule la quantité de fructose augmente.

- *Chlorure de sodium* : ni sa quantité de matière ni le volume ne changent, donc

$$C_4 = C_1 = \boxed{2{,}8 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}}$$

- *Fructose* : sa masse molaire vaut

$$M(\mathrm{C_6H_{12}O_6}) = 6 \times 12{,}0 + 12 \times 1{,}0 + 6 \times 16{,}0 = 180\,\mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$$

Quantité de matière de fructose ajoutée :

$$n_{\mathrm{ajout}} = \frac{m_{\mathrm{ajout}}}{M(\mathrm{C_6H_{12}O_6})} = \frac{3{,}0\,\mathrm{g}}{180\,\mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}} = 1{,}67 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol}$$

La quantité totale de fructose vaut $1{,}5 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol} + 1{,}67 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol} = 3{,}17 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol}$, d'où :

$$C_5 = \frac{n_{\mathrm{fru}} + n_{\mathrm{ajout}}}{V} = \frac{3{,}17 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol}}{0{,}60\,\mathrm{L}} \approx \boxed{5{,}3 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}}$$

- *Vitamine C* : sa concentration en masse ne change pas ; sa concentration en quantité de matière s'en déduit par $C = \dfrac{C_{\mathrm{m}}}{M}$:

$$C_6 = \frac{C_{\mathrm{m},3}}{M(\mathrm{C_6H_8O_6})} = \frac{0{,}151\,\mathrm{g{\cdot}L^{-1}}}{176\,\mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}} \approx \boxed{8{,}6 \times 10^{-4}\,\mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}}$$

Partie B : La boisson de l'échauffement

1) Pour obtenir une boisson moins concentrée à partir de la première en ajoutant de l'eau, le cycliste doit réaliser une **dilution**.

2) Le chlorure de sodium contenu dans les $V_{\mathrm{p}} = 200\,\mathrm{mL}$ prélevés se retrouve en totalité dans les $V_{\mathrm{f}} = 500\,\mathrm{mL}$ de nouvelle boisson (conservation de la quantité de matière au cours de la dilution) :

$$C_1 \times V_{\mathrm{p}} = C' \times V_{\mathrm{f}}$$

$$C' = \frac{C_1 \times V_{\mathrm{p}}}{V_{\mathrm{f}}} = \frac{2{,}8 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol{\cdot}L^{-1}} \times 200\,\mathrm{mL}}{500\,\mathrm{mL}} \approx \boxed{1{,}1 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}}$$

La boisson a été diluée $F = V_{\mathrm{f}}/V_{\mathrm{p}} = 2{,}5$ fois.