

Exercices**Corrigé de l'exercice 1 — Couleur et $\lambda_{\max}$**

La solution absorbe l'**orangé** (620 nm) ; sa couleur perçue est la **complémentaire**, soit le **bleu**.

Corrigé de l'exercice 2 — Loi de Beer-Lambert

$$A = \varepsilon \cdot \ell \cdot c = 2,5 \times 10^3 \times 1,0 \times 2,0 \times 10^{-4} = 0,50$$

(sans unité).

Corrigé de l'exercice 3 — Résistance, conductance, conductivité

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5,0}{0,025} = 2,0 \times 10^2 \Omega.$$

Donc

$$G = \frac{1}{R} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ S},$$

puis

$$\sigma = G \cdot \frac{\ell}{S} = 5,0 \times 10^{-3} \times \frac{0,010}{1,0 \times 10^{-4}} = 0,50 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}.$$

Corrigé de l'exercice 4 — Lecture d'un spectre IR

Une **bande large** vers 3300 cm^{-1} signale une liaison **O-H liée** ; l'**absence** de bande vers 1700 cm^{-1} exclut le groupe carbonyle C=O. Il s'agit donc d'un **alcool**.

Corrigé de l'exercice 5 — Conversions d'unités

- (1) $c_1 = 8,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- (2) $c_2 = 2,5 \times 10^{-2} \times 10^3 = 25 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$.
- (3) $c_3 = 15 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 15 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$.

Corrigé de l'exercice 6 — Dosage spectrophotométrique

$$(1) c_S = \frac{A_S}{0,12} = \frac{0,54}{0,12} = 4,5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

- (2) La dilution divise la concentration par 5, donc $c_0 = 5 \times c_S = 2,3 \times 10^1 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Corrigé de l'exercice 7 — Loi de Kohlrausch

$$c = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}} = \frac{0,25}{1,26 \times 10^{-2}} = 19,8 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Corrigé de l'exercice 8 — Identifier une molécule par son spectre IR

Le spectre présente une **bande forte** vers 1700 cm^{-1} (liaison **C=O**) mais **aucune bande large** vers 3300 cm^{-1} : il n'y a donc **pas** de liaison O-H. Ce n'est ni l'alcool (propan-1-ol, O-H) ni l'acide (acide propanoïque, O-H très large) : c'est le **propanal** (aldéhyde).

Corrigé de l'exercice 9 — Dosage du diiode

1. La modélisation affine donne $A = 0,396c - 0,005$ avec $R^2 = 0,9991$. Les points sont bien alignés ($R^2 > 0,98$) et compatibles avec une loi de proportionnalité ($b = -0,005 \simeq 0$). La loi de Beer-Lambert est vérifiée, avec $k = 0,40 \text{ L} \cdot \text{mmol}^{-1}$.

2.

$$c_S = \frac{A_S}{k} = \frac{0,62}{0,40} = 1,6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

3. 470 nm correspond au **bleu** ; la solution absorbe le bleu, elle paraît donc **jaune-orangé**, en accord avec la teinte jaune-brun du diiode.

Corrigé de l'exercice 10 — Dissolution d'un sel et conductivité



(2) $[\text{Al}^{3+}] = 2c$ et $[\text{SO}_4^{2-}] = 3c.$

(3) $\sigma = \lambda_{\text{Al}^{3+}} \cdot 2c + \lambda_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot 3c = (2\lambda_{\text{Al}^{3+}} + 3\lambda_{\text{SO}_4^{2-}}) \cdot c$, avec $2\lambda_{\text{Al}^{3+}} + 3\lambda_{\text{SO}_4^{2-}} = 8,46 \times 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$. D'où $c = \frac{\sigma}{8,46 \times 10^{-2}} = \frac{0,42}{8,46 \times 10^{-2}} = 5,0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$

Corrigé de l'exercice 11 — Colorant d'un bonbon bleu

1. La solution S et le colorant **E131** (bleu patenté) ont le **même** λ_{max} ($\approx 635\text{--}640 \text{ nm}$) : le colorant du bonbon est le **bleu patenté E131**.
2. La modélisation affine pour le nuage complet donne $R^2 = 0,97 < 0,98$: les points ne sont donc pas tous alignés. Le point S_0 s'écarte de la tendance linéaire : cette solution est hors du domaine de validité de la loi de Beer-Lambert et doit être écartée.
3. Les points S_1, S_2, S_3 s'alignent sur une droite passant par l'origine ($R^2 > 0,98$ et $b \simeq 0,015 \simeq 0$) : la loi de Beer-Lambert est vérifiée. Une modélisation par une droite passant par l'origine donne $k \simeq 7,8 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.
4. $c_S = \frac{A_S}{k} = \frac{0,56}{7,8 \times 10^4} = 7,1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$

5. $n = c_S \cdot V = 7,1 \times 10^{-6} \times 50,0 \times 10^{-3} = 3,6 \times 10^{-7} \text{ mol}$, soit $m = n \cdot M = 3,6 \times 10^{-7} \times 1160 = 4,1 \times 10^{-4} \text{ g}$ ($\approx 0,41 \text{ mg}$).

6. Dose admissible : $2,5 \times 60 = 150 \text{ mg} \cdot \text{jour}^{-1}$; nombre de bonbons $N = \frac{150}{0,41} \simeq 4 \times 10^2$: environ 400 bonbons par jour.

Exercice d'approfondissement — Solubilité du chlorure d'argent



(2) La dissolution libère autant d'ions de chaque type : $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = s$.

(3) $\sigma = (\lambda_{\text{Ag}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) \cdot s$, d'où $s = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{Ag}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}} = \frac{1,8 \times 10^{-4}}{1,38 \times 10^{-2}} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$: le sel est bien **très peu soluble**.

Problème de Fermi — Le sel des océans

On modélise l'eau de mer comme une solution dominée par les ions Na^+ et Cl^- . C'est une simplification : l'eau de mer contient aussi d'autres ions, mais ce modèle suffit pour obtenir un ordre de grandeur.

Concentration en ions (loi de Kohlrausch, $\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-} \sim 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) : $c \sim \frac{\sigma}{\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}} \sim \frac{5}{10^{-2}} \sim 5 \times 10^2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \sim 5 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Fraction massique de sel : $c_m = c \cdot M(\text{NaCl}) \sim 5 \times 10^{-1} \times 60 \sim 3 \times 10^1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$; rapportée à la masse volumique de l'eau ($\sim 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), cela fait une fraction $w \sim 3 \times 10^{-2}$ ($\approx 3 \%$).

Masse d'eau des océans : surface $\sim 70 \%$ de $4\pi R^2$ (rayon terrestre $R \sim 6 \times 10^3 \text{ km}$), soit $S \sim 4 \times 10^{14} \text{ m}^2$; profondeur moyenne $h \sim 4 \text{ km}$; masse volumique $\rho \sim 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$: $M_{\text{eau}} = S \cdot h \cdot \rho \sim 4 \times 10^{14} \times 4 \times 10^3 \times 10^3 \sim 10^{21} \text{ kg}$.

Masse de sel : $M_{\text{sel}} = w \cdot M_{\text{eau}} \sim 3 \times 10^{-2} \times 10^{21} \sim \mathbf{10^{19}}$ à $\mathbf{10^{20} \text{ kg}}$ (la valeur admise est $\sim 5 \times 10^{19} \text{ kg}$).

E.C.E. — Exploitation

1. Les points de la gamme sont alignés et la droite passe par l'origine aux incertitudes près : la conductivité est proportionnelle à la concentration en chlorure de sodium dans la gamme utilisée.
2. Le coefficient directeur vaut $k \simeq 1,26 \times 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$.

3. Pour l'eau de piscine diluée :

$$c_{\text{dil}} = \frac{\sigma_{\text{dil}}}{k} = \frac{0,083}{1,26 \times 10^{-2}} = 6,6 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}.$$

4. L'eau de piscine a été diluée dix fois, donc

$$c = 10 c_{\text{dil}} = 66 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 6,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

5. La concentration massique vaut

$$c_m = c \cdot M = 6,6 \times 10^{-2} \times 58,5 = 3,9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

6. On utilise $u(\sigma_{\text{dil}})$ donné par la notice du conductimètre et $u(k)$ fourni par la régression linéaire. La formule fournie donne :

$$\frac{u(c_m)}{c_m} = \sqrt{\left(\frac{0,002}{0,083}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 10^{-4}}{1,26 \times 10^{-2}}\right)^2} = 0,029.$$

Donc $u(c_m) = 0,029 \times 3,9 = 0,12 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. On arrondit l'incertitude par excès et la valeur au même rang :

$$c_m = 3,9 \pm 0,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

7. La valeur est légèrement inférieure à l'intervalle recommandé $[4,0; 5,0] \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, mais elle reste compatible avec la borne basse car

$$z = \frac{|3,9 - 4,0|}{0,2} = 0,5 \leq 2.$$

Pour viser $4,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, il manque environ $0,6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, soit $0,6 \times 50\,000 = 3,0 \times 10^4 \text{ g}$: il faut ajouter environ **30 kg** de sel.

Programmation Python

Ligne à compléter du script `scripts/Ch02_etalonnage.py` : `c_inc = sigma_inc / k`. Le script affiche alors k , $b \approx 0$, $r^2 \approx 1$ et $c = 12 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Script complété : `scripts/Ch02_etalonnage_corrige.py`.