

Conductimétrie

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices de conductimétrie. Pour chaque calcul, vérifie l'unité des concentrations (mol/m^3) et celle de λ ($\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$) : c'est la source principale d'erreurs.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé de conductimétrie

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. G : **siemens (S)** ; σ : **S/m** ; λ : **$\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$** .
2. $G = \sigma \div k$, soit $\sigma = k G$, avec $k = L \div S$.
3. $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$, concentrations en **mol/m^3** .
4. Pour des solutions **diluées** ($c < 10^{-2}$ mol/L environ).
5. Une tension continue provoquerait des réactions aux électrodes (électrolyse) et fausserait la mesure ; la tension alternative évite cet effet.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Vrai**.
- b. **Faux** : σ est propre à la solution ; c'est G qui dépend de la cellule.
- c. **Vrai** : $\sigma = \sum \lambda [X]$.
- d. **Faux** : l'eau contient un peu d'ions (autoprotolyse, traces de CO_2) : σ est très faible mais non nulle.
- e. **Vrai** : 35,0 contre 5,01 $\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$.
- f. **Faux** : valable seulement en solution diluée.

Correction de l'exercice 3 : Conversions d'unités

1. $12,6 \text{ mS/m} = 1,26 \times 10^{-2} \text{ S/m}$; $1 \text{ mS/cm} = 0,1 \text{ S/m}$ donc $1,5 \text{ mS/cm} = 0,15 \text{ S/m}$; $200 \mu\text{S/cm} = 0,200 \text{ mS/cm} = 0,020 \text{ S/m}$.
2. $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 5,0 \text{ mol/m}^3$; $0,10 \text{ mol/L} = 1,0 \times 10^2 \text{ mol/m}^3$.
3. $0,25 \text{ mol/m}^3 = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$.

Correction de l'exercice 4 : Constante de cellule

1. $k = L \div S = 1,0 \div 1,0 = \mathbf{1,0 \text{ cm}^{-1} = 1,0 \times 10^2 \text{ m}^{-1}}$.
2. $\sigma = k G = 100 \times 0,80 \times 10^{-3} = \mathbf{0,080 \text{ S/m}}$.
3. $G = \sigma \div k = 0,050 \div 100 = 5,0 \times 10^{-4} \text{ S} = \mathbf{0,50 \text{ mS}}$.
4. $G = \sigma S \div L$: si L double, G est **divisée par 2**.

Correction de l'exercice 5 : Conductivité du chlorure de sodium

1. $\text{NaCl(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$.
2. $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} = 10 \text{ mol/m}^3$: $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = \mathbf{10 \text{ mol/m}^3}$.
3. $\sigma = (5,01 + 7,63) \times 10^{-3} \times 10 = 12,64 \times 10^{-3} \times 10 \approx \mathbf{0,126 \text{ S/m}} = 1,26 \text{ mS/cm}$.

Correction de l'exercice 6 : Sels à ions multiples

- a. $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$: $[\text{Ca}^{2+}] = 5,0 \text{ mol/m}^3$; $[\text{Cl}^-] = 10 \text{ mol/m}^3$. $\sigma = 11,9 \times 10^{-3} \times 5,0 + 7,63 \times 10^{-3} \times 10 = 0,0595 + 0,0763 \approx \mathbf{0,136 \text{ S/m}}$.
- b. $\text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{K}^+ + \text{SO}_4^{2-}$: $[\text{K}^+] = 2,0 \text{ mol/m}^3$; $[\text{SO}_4^{2-}] = 1,0 \text{ mol/m}^3$. $\sigma = 7,35 \times 10^{-3} \times 2,0 + 16,0 \times 10^{-3} \times 1,0 = 0,0147 + 0,0160 \approx \mathbf{3,1 \times 10^{-2} \text{ S/m}}$.

Correction de l'exercice 7 : Retrouver une concentration

1. $\sigma = (\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) c = 14,98 \times 10^{-3} \times c$.
2. $c = 0,0150 \div 14,98 \times 10^{-3} \approx \mathbf{1,0 \text{ mol/m}^3} = \mathbf{1,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}$.
3. $n = 1,0 \times 10^{-3} \times 0,250 = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$; $m = n M = 2,5 \times 10^{-4} \times 74,6 \approx \mathbf{1,9 \times 10^{-2} \text{ g}}$, soit 19 mg.

Correction de l'exercice 8 : Droite d'étalonnage

1. Les points sont alignés sur une **droite passant par l'origine** : σ est proportionnelle à c , comme le prévoit $\sigma = (\sum \lambda) c$.
2. Coefficient directeur : $(74,9 - 0) \div (5,0 - 0) \approx \mathbf{15,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}}$, soit $\lambda(\text{K}^+) + \lambda(\text{Cl}^-) = 7,35 + 7,63 = 14,98$: accord.
3. Graphiquement, $\sigma = 51,0 \text{ mS/m}$ correspond à $c \approx \mathbf{3,4 \text{ mmol/L}}$. Calcul : $c = 51,0 \div 14,98 = \mathbf{3,4 \text{ mmol/L}}$.
4. La solution S est diluée 10 fois : $c_s = 10 \times 3,4 = 34 \text{ mmol/L} = \mathbf{3,4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$.

Correction de l'exercice 9 : Effet de la température

1. À 35°C ($+10^\circ\text{C}$) : $\sigma \approx 126 \times (1 + 0,20) \approx \mathbf{151 \text{ mS/m}}$. À 15°C (-10°C) : $\sigma \approx 126 \times (1 - 0,20) \approx \mathbf{101 \text{ mS/m}}$.
2. La mobilité des ions augmente avec la température : une mesure à une autre température que celle de l'étalonnage donnerait une concentration fautive (ici environ 20 % d'écart pour 10°C).

3. La sonde de température permet de corriger automatiquement la lecture ou de vérifier que la température est identique pour toutes les mesures.

Correction de l'exercice 10 : Mélange de deux solutions

1. Le volume double : toutes les concentrations sont divisées par 2 : $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = [\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-] = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = \mathbf{5,0 \text{ mol/m}^3}$.
2. $\sigma = (5,01 + 7,63 + 7,35 + 7,14) \times 10^{-3} \times 5,0 = 27,13 \times 10^{-3} \times 5,0 \approx \mathbf{0,136 \text{ S/m}}$.
3. Chaque solution initiale : NaCl : 0,126 S/m ; KNO₃ : $(7,35 + 7,14) \times 10^{-3} \times 10 = 0,145 \text{ S/m}$. La moyenne $(0,126 + 0,145) \div 2 = 0,136 \text{ S/m}$: **la conductivité du mélange est la moyenne**, car aucune réaction n'a lieu et les contributions s'additionnent.

Correction de l'exercice 11 : Une dilution

1. Facteur de dilution 10 : $V_{\text{mère}} = 100,0 \div 10 = \mathbf{10,0 \text{ mL}}$, prélevé à la **pipette jaugée** de 10,0 mL puis versé dans une **fiolle jaugée** de 100,0 mL complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
2. Solution mère : $\sigma = (7,35 + 7,14) \times 10^{-3} \times 20 = 14,49 \times 10^{-3} \times 20 \approx \mathbf{0,290 \text{ S/m}}$; solution fille : $c = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ donc $\sigma \approx \mathbf{0,0290 \text{ S/m}}$.
3. La concentration reste inférieure à 10^{-2} mol/L : on est dans le domaine de validité de la loi de Kohlrausch ; σ est proportionnelle à c , donc divisée par 10 comme c .

Correction de l'exercice 12 : Titrage d'un acide fort

1. $\mathbf{H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2 H_2O}$.
2. Avant l'équivalence, on remplace H_3O^+ ($\lambda = 35,0$) par Na^+ ($\lambda = 5,01$), beaucoup moins conducteur : σ **diminue**. Après l'équivalence, l'excès de Na^+ et de HO^- ($\lambda = 19,9$) fait **augmenter** σ . Les ions Cl^- sont spectateurs.
3. Intersection des deux droites : $\mathbf{V_E = 8,0 \text{ mL}}$.
4. $c_A V_A = c_B V_E$ donc $c_A = 0,100 \times 8,0 \div 10,0 = \mathbf{8,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$.
5. Le volume total est ainsi grand devant le volume de soude versé : la **dilution est négligeable**, et les portions de courbe sont bien des droites.

Correction de l'exercice 13 : Titrage d'un acide faible

1. $\mathbf{CH_3COOH + HO^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O}$.
2. L'acide éthanoïque est un acide faible : il est très peu dissocié, donc très peu d'ions au départ.
3. Avant l'équivalence apparaissent les ions $\mathbf{CH_3COO^-}$ et $\mathbf{Na^+}$; leurs conductivités molaires (4,09 et 5,01) sont faibles : la pente est faible et positive.
4. La rupture de pente se situe à $\mathbf{V_E = 8,0 \text{ mL}}$; $c_A = 0,100 \times 8,0 \div 10,0 = \mathbf{8,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$.
5. Pour l'acide fort, σ **diminue** puis augmente (minimum à l'équivalence) ; pour l'acide

faible, σ **augmente** avant l'équivalence (légèrement) et après (nettement) ; dans les deux cas, la rupture de pente repère l'équivalence.

Correction de l'exercice 14 : Dosage d'une solution de soude

1. $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
2. Les points de 0 à 10 mL s'alignent (pente $\approx -6,1 \text{ mS/m par mL}$) ; ceux de 10 à 16 mL aussi (pente $\approx +21,3 \text{ mS/m par mL}$). L'intersection des deux droites donne $V_E = 10,0 \text{ mL}$ ($124,6 - 6,14 V = 21,3 V - 149,7$).
3. Avant l'équivalence, HO^- ($\lambda = 19,9$) est remplacé par Cl^- (7,63) : σ diminue peu. Après l'équivalence, on ajoute H_3O^+ (35,0) et Cl^- : σ augmente fortement, car H_3O^+ est l'ion le plus conducteur.
4. $c_B V_B = c_A V_E$ donc $c_B = 0,100 \times 10,0 \div 20,0 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$.

Correction de l'exercice 15 : Une eau calcaire

1. $80 \text{ mg/L} = 0,080 \text{ g/L}$; $n = 0,080 \div 40,1 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 2,0 \text{ mol/m}^3$.
2. $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$: $[\text{Cl}^-] = 2 \times 2,0 = 4,0 \text{ mol/m}^3$.
3. $\sigma = 11,9 \times 10^{-3} \times 2,0 + 7,63 \times 10^{-3} \times 4,0 = 0,0238 + 0,0305 \approx 5,4 \times 10^{-2} \text{ S/m}$.

Correction de l'exercice 16 : Un acide faible en solution

1. $\sigma = (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}) [\text{H}_3\text{O}^+] = 39,09 \times 10^{-3} \times [\text{H}_3\text{O}^+]$ donc $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,0160 \div 39,09 \times 10^{-3} \approx 0,41 \text{ mol/m}^3 = 4,1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$.
2. $\text{pH} = -\log(4,1 \times 10^{-4}) \approx 3,4$.
3. $\tau = [\text{H}_3\text{O}^+] \div c = 4,1 \times 10^{-4} \div 1,0 \times 10^{-2} \approx 4,1 \%$: l'acide est très peu dissocié.
4. Pour HCl à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ (10 mol/m^3) : $\sigma = (35,0 + 7,63) \times 10^{-3} \times 10 \approx 0,43 \text{ S/m}$, environ 27 fois plus grande : l'acide chlorhydrique est totalement dissocié.

Correction de l'exercice 17 : Salinité de l'eau de mer

1. $c = \sigma \div (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) = 5,0 \div 12,64 \times 10^{-3} \approx 4,0 \times 10^2 \text{ mol/m}^3 = 0,40 \text{ mol/L}$.
2. $t = c M = 0,395 \times 58,5 \approx 23 \text{ g/L}$.
3. L'eau de mer contient d'autres ions (magnésium, sulfate...) et est bien plus concentrée que le domaine de validité de la loi de Kohlrausch : la valeur est une estimation de la « salinité équivalente en NaCl ».

Correction de l'exercice 18 : Étalonner la cellule

1. $k = \sigma_{\text{réf}} \div G = 0,1413 \div 1,20 \times 10^{-3} \approx 1,18 \times 10^2 \text{ m}^{-1}$.
2. $\sigma = k G = 117,8 \times 2,40 \times 10^{-3} \approx 0,283 \text{ S/m}$.
3. Pour ne pas contaminer la mesure suivante par les ions de la solution précédente (un résidu fausserait σ).

Correction de l'exercice 19 : Suivi d'une transformation chimique

1. Il apparaît des ions H_3O^+ et Cl^- ; le réactif et l'alcool formé ne sont pas ioniques : σ augmente avec l'avancement.
2. $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Cl}^-] = x \div V$: $\sigma(t) = (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) x(t) \div V$ (avec V en m^3).
3. $x_{\text{max}} = n_0 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$; $V = 1,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$: $\sigma_{\infty} = 42,63 \times 10^{-3} \times 1,0 \times 10^{-3} \div 1,0 \times 10^{-4} \approx \mathbf{0,43 \text{ S/m}}$: c'est la valeur de l'asymptote lue sur le graphique.
4. $x = \sigma V \div (42,63 \times 10^{-3}) = 0,27 \times 1,0 \times 10^{-4} \div 0,04263 \approx \mathbf{6,3 \times 10^{-4} \text{ mol}}$.
5. Demi-réaction : $x = x_{\text{max}} \div 2$ donc $\sigma = \sigma_{\infty} \div 2 \approx 0,21 \text{ S/m}$: lecture $t_{1/2} \approx \mathbf{1,0 \times 10^2 \text{ s}}$.

Correction de l'exercice 20 : Doser un détartrant

Protocole possible. L'acide est à environ 1 mol/L, bien trop concentré (conductimétrie et dosage avec une burette de soude à 0,100 mol/L donneraient un volume équivalent excessif) : on **dilue** d'abord d'un facteur 50 : on prélève 5,00 mL du détartrant à la pipette jaugée et on complète à 250,0 mL dans la fiole jaugée (facteur $250,0 \div 5,00 = 50$). On prélève $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de cette solution diluée, que l'on place dans un bécher avec environ 180 mL d'eau distillée pour négliger la dilution. On place la sonde et un agitateur, et on verse la soude millilitre par millilitre en relevant σ après chaque ajout, au moins 5 points avant et 5 après l'équivalence prévue. On trace $\sigma = f(V)$: deux droites dont l'intersection donne V_E . **Exploitation.** Pour $V_E = 4,8 \text{ mL}$: $c_{\text{dil}} = c_B V_E \div V_A = 0,100 \times 4,8 \div 20,0 = 2,4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$; la solution mère vaut $50 \times 2,4 \times 10^{-2} = \mathbf{1,2 \text{ mol/L}}$. **Incertitudes.** Lecture de la burette ($\pm 0,05 \text{ mL}$), précision de la verrerie jaugée, température de la solution, positionnement de la cellule, tracé des droites. Le résultat (1,2 mol/L) est cohérent avec la valeur annoncée d'environ 1 mol/L.

Comment progresser après ce corrigé

Retiens la démarche : convertir les concentrations en mol/m^3 , écrire $\sigma = \sum \lambda c$, puis exploiter. Pour un dosage, raisonne ion par ion : lesquels disparaissent, lesquels apparaissent, lesquels sont spectateurs, et compare leurs λ . Refais les exercices 12, 14 et 19 sans regarder le corrigé.

Retour aux énoncés des exercices