

Travaux dirigés : Conductance et Conductivité

* Le corrigé des exercices du livre indiqués sur la feuille est aussi sur le site du lycée *

I- Application des formules, conversions d'unités

Une cellule conductimétrique est constituée de deux électrodes de surface $S = 2,0 \text{ cm}^2$ séparées d'une distance $\ell = 1,5 \text{ cm}$ et soumises à une tension continue $U = 1,2 \text{ V}$. La cellule est immergée dans une solution ionique : l'intensité du courant traversant la cellule mesure $I = 7,0 \text{ mA}$.

- 1) Exprimer et calculer la conductance et la résistance de la cellule.

$$G = I/U = 7,0 \times 10^{-3} / 1,2 = 5,8 \times 10^{-3} \text{ S } (=5,8 \text{ mS}); R = U/I = 1/C = 1,7 \times 10^2 \Omega$$

- 2) Exprimer et calculer en cm^{-1} et en m^{-1} la constante k de la cellule

$$k = \ell/S = 1,5 / 2,0 = 0,75 \text{ cm}^{-1} = 0,75 \times (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 75 \text{ m}^{-1}$$

- 3) Exprimer et calculer la conductivité de la solution en unité S.I.

$$G = \sigma \times S/\ell ; \sigma = \ell/S \times G = k \times G = 0,75 \times 10^2 \times 5,8 \times 10^{-3} = 0,435 \text{ S.m}^{-1}$$

- 4) En modifiant la géométrie de la cellule, l'intensité du courant devient $I' = 10,5 \text{ mA}$

- a) Déterminer la constante k' de la cellule modifiée.

$$G' = I' / U = 10,5 \times 10^{-3} / 1,2 = 8,75 \times 10^{-3} \text{ S} = 8,75 \text{ mS}$$

$$\sigma = k' \times G' ; k' = \sigma / G' = 0,435 / 8,75 \times 10^{-3} = 49,7 \text{ m}^{-1}$$

(remarque : σ est une propriété de la solution donc ne change pas si I ou U change)

- b) En supposant que la distance entre les électrodes est inchangée que vaut leur surface ?

$$k' = \ell/S' ; S' = \ell/k' = 1,5 \times 10^{-2} / 49,7 = 3,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 3,0 \text{ cm}^2$$

- c) En supposant que la surface des électrodes est inchangée que vaut leur distance ?

$$k' = \ell'/S ; \ell' = k' \times S = 49,7 \times 2 \times 10^{-4} = 99,4 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,994 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$$

- 5) La solution ionique a une concentration $C = 5,0 \text{ mmol.L}^{-1}$. Exprimer la concentration en unité S.I. et calculer la conductivité molaire de la solution (résultat en unité S.I.)

$$C = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{1 \text{ dm}^3} = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{(0,1 \text{ m})^3} = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 5,0 \text{ mol.m}^{-3}$$

$$\sigma = \lambda \times C ; \lambda = \sigma / C = 0,435 / 5,0 = 0,087 \text{ S.I. } (\text{S.m}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{m}^3 = \text{S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})$$

Livre → exercices corrigés 4, 5 page 69 et 6⊗, 7(voirTP6), 10, 11 pages 69-70

II- Solubilité de NaCl dans l'eau (exploitation d'une courbe d'étalonnage) : Livre → 8 page 70⊗

III- Conductivité d'une solution de nitrate de calcium

- 1) L'élément calcium Ca est situé deux cases après l'élément argon Ar (gaz rare). Dédurre les formules de l'ion calcium et de l'ion nitrate constituant le cristal ionique de nitrate de calcium $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

L'atome Ca doit perdre 2 électrons et devenir l'ion calcium Ca^{2+} pour avoir la structure externe stable de l'argon.

La charge $+2e$ de Ca^{2+} doit être compensée par la charge totale $-2e$ des deux ions nitrate donc un ion nitrate doit porter une charge $-e$ et sa formule est NO_3^-

- 2) a) Écrire l'équation de la réaction de dissolution du nitrate de calcium dans l'eau.



- b) On dispose d'une solution aqueuse de nitrate de calcium à $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ à $1,5 \text{ g/L}$. déterminer la concentration molaire apportée et les concentrations molaires des ions dans la solution.

$$C = \frac{n}{v} = \frac{m}{Mv} \text{ avec } M = M_{\text{Ca}} + 2M_{\text{N}} + 6M_{\text{O}} = 40,1 + 2 \times 14,0 + 6 \times 16,0 = 164,1 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$C = \frac{1,5}{164,1 \times 1} = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad \left(\frac{m}{v} = \text{concentration massique } C_m = 1,5 \text{ g.mol}^{-1} \right)$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = C = \underline{9,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}} \quad ; \quad [\text{NO}_3^-] = 2C = \underline{1,8 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$= \underline{9,1 \text{ mol.m}^{-3}} \quad \quad \quad = \underline{18 \text{ mol.m}^{-3}}$$

c) Déterminer la conductivité de la solution à 25°C.

$$\sigma = \sigma_{\text{Ca}^{2+}} + \sigma_{\text{NO}_3^-} = \lambda_{\text{Ca}^{2+}}[\text{Ca}^{2+}] + \lambda_{\text{NO}_3^-}[\text{NO}_3^-]$$

$$= 11,90 \times 10^{-3} \times 9,1 + 7,14 \times 10^{-3} \times 18 = \underline{0,237 \text{ S.m}^{-1}}$$

Remarque :

$$\sigma = \lambda_{\text{Ca}^{2+}} \times C + \lambda_{\text{NO}_3^-} \times 2C = (\lambda_{\text{Ca}^{2+}} + 2\lambda_{\text{NO}_3^-})C \quad \text{et} \quad \sigma = \lambda \times C$$

Donc la conductivité molaire de la solution est $\lambda = \lambda_{\text{Ca}^{2+}} + 2\lambda_{\text{NO}_3^-} = 26,18 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$;

Données à 25°C : $\lambda_{\text{Ca}^{2+}} = 11,90 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda_{\text{NO}_3^-} = 7,14 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$;

IV- ☹ Solubilité d'une solution de fluorure de calcium

1) Le fluor F est un élément de la famille des halogènes, situé juste avant l'élément néon Ne. Déduire la formule de l'ion fluorure et la formule du fluorure de calcium.

L'atome F doit capter 1 électron et devenir l'ion fluorure F⁻ pour avoir la structure externe stable du néon.

Plus petit ensemble neutre d'ions Ca²⁺ et F⁻ : 2F⁻ et Ca²⁺ soit CaF₂

2) La conductivité à 18 °C d'une solution saturée de fluorure de calcium est de 3,71 mS /m . Déduire les concentrations molaires des ions dans la solution et la solubilité du fluorure de calcium à 18°C

$$\sigma = \sigma_{\text{Ca}^{2+}} + \sigma_{\text{F}^-} = \lambda_{\text{Ca}^{2+}}[\text{Ca}^{2+}] + \lambda_{\text{F}^-}[\text{F}^-]$$



$$\sigma = \lambda_{\text{Ca}^{2+}} \times C + \lambda_{\text{F}^-} \times 2C = (\lambda_{\text{Ca}^{2+}} + 2\lambda_{\text{F}^-}) \times C$$

$$C = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{Ca}^{2+}} + 2\lambda_{\text{F}^-}} = \frac{3,71 \times 10^{-3}}{10,50 \times 10^{-3} + 2 \times 4,04 \times 10^{-3}} = \frac{3,71}{10,50 + 2 \times 4,04} = 0,200 \text{ mol.m}^{-3}$$

Solubilité de CaF₂ : $C = 0,200 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{Ca}^{2+}] = 0,200 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $[\text{F}^-] = 0,400 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

Données à 18 °C : $\lambda_{\text{Ca}^{2+}} = 10,50 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda_{\text{fluorure}} = 4,04 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$;

Livre → exercices 13, 16☹☹ page 71 et 20☹, 21☹ page 72

IV ☹☹- On a déterminé avec le même montage, à la même température, les conductances de solutions de chlorure de sodium, de chlorure de potassium, de nitrate de potassium à la même concentration $C = 4 \text{ mmol.L}^{-1}$: $G_1(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-) = 1,16 \text{ mS}$; $G_2(\text{K}^+ + \text{Cl}^-) = 1,37 \text{ mS}$; $G_3(\text{K}^+ + \text{NO}_3^-) = 1,33 \text{ mS}$.

1) Exprimer les conductivités $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ des solutions en fonction de C et des conductivités ioniques molaires $\lambda_{\text{Na}^+}, \lambda_{\text{K}^+}, \lambda_{\text{Cl}^-}, \lambda_{\text{NO}_3^-}$.

Tous les ions des solutions sont monochargés donc leurs concentrations s'identifient à la concentration C apportée par le cristal correspondant (la même pour les trois solutions)

$$\sigma_1 = \lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{Cl}^-} \times [\text{Cl}^-] = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) \times C$$

$$\sigma_2 = \lambda_{\text{K}^+} \times [\text{K}^+] + \lambda_{\text{Cl}^-} \times [\text{Cl}^-] = (\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) \times C$$

$$\sigma_3 = \lambda_{\text{K}^+} \times [\text{K}^+] + \lambda_{\text{NO}_3^-} \times [\text{NO}_3^-] = (\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{NO}_3^-}) \times C$$

2) a) Exprimer la conductivité σ d'une solution de nitrate de sodium de même concentration et montrer qu'elle peut s'exprimer simplement en fonction de $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$.

$\sigma = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{NO}_3^-}) \times C$. On additionne σ_1 et σ_3 pour faire apparaître λ_{Na^+} et $\lambda_{\text{NO}_3^-}$ mais il faut éliminer λ_{K^+} et λ_{Cl^-} en soustrayant σ_2 : $\sigma = \sigma_1 - \sigma_2 + \sigma_3$

b) Montrer que la conductance G de la solution de nitrate de sodium (avec le même montage), peut s'exprimer de la même manière en fonction des conductances G_1, G_2, G_3 puis calculer G .
(diviser les 2 membres de la relation 2a) par la constante de cellule k)

$$\sigma/k = \sigma_1/k - \sigma_2/k + \sigma_3/k \text{ soit : } \boxed{G = G_1 - G_2 + G_3} = 1,16 - 1,37 + 1,33 = \underline{1,12 \text{ mS.}}$$

3) De ces 4 solutions, laquelle est la plus conductrice ?

Celle dont la conductance est la plus élevée donc la solution de chlorure de potassium (remarque : la comparaison des conductances n'a de sens que pour une même cellule et une même concentration)

Exercice similaire : 18 page 70

a. Solution de NaCl : $\sigma_1 = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) c$.

Solution de KCl : $\sigma_2 = (\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) c$.

Solution de NaOH : $\sigma_3 = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{HO}^-}) c$.

b. Solution de NaCl : $\frac{\sigma_1}{k} = \frac{(\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) c}{k}$.

Solution de KCl : $\frac{\sigma_2}{k} = \frac{(\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) c}{k}$.

Solution de NaOH : $\frac{\sigma_3}{k} = \frac{(\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{HO}^-}) c}{k}$.

c. Solution de KOH : $\frac{\sigma_4}{k} = \frac{(\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{HO}^-}) c}{k}$.

$$G_4 = G_2 - G_1 + G_3 \text{ donc } G_4 = 171 - 137 + 268 = 302 \mu\text{S.}$$