
Conductance et conductivité

Exercice 01 :

Aux bornes d'une cellule plongée dans une solution de chlorure de potassium et branchée sur un générateur alternatif, on a mesuré une tension efficace de 13,7 V et une intensité efficace de 89,3 mA.

- 1- Calculer la résistance R de la portion d'électrolyte comprise entre les électrodes.
- 2- Calculer la conductance G en S.
- 3- La conductivité de cette solution est de $0,512 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 20°C . Calculer la valeur de la constante k de cette cellule.

Correction

1- La résistance R :

$$U = R \cdot I \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$
$$R = 13,7 / (89,3 \times 10^{-3}) = 153 \Omega$$

2- La conductance G :

$$G = \frac{1}{R}$$
$$G = 1/153 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

3- La constante k de la cellule :

$$k = L / S$$
$$G = \sigma \cdot (S / L) \Rightarrow \sigma = G \cdot k$$
$$k = \sigma / G$$
$$k = 0,152 \times 10^{-3} (10^{-2} \text{ m})^2 / (6,5 \cdot 10^{-3}) = 7,9 \text{ m}^{-1}$$

Exercice 02 :

L'hypokaliémie désigne une carence de l'organisme en élément potassium ; pour compenser rapidement cette carence, on peut utiliser une solution de chlorure de potassium, qui se trouve dans une ampoule de 20 mL contenant masse (m) en (g) de KCl . Pour déterminer cette masse m , on dispose d'une solution étalon de chlorure de potassium Sé à $10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ et d'un montage conductimétrique.

- 1- Pour étalonner la cellule conductimétrique, on prépare à partir de la solution étalon Sé, cinq solutions filles S_i de volume $V = 50,0 \text{ mL}$ et de concentrations respectives 8,0 ; 6,0 ; 4,0 ; 2,0 et 1,0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$C(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
$G(\text{mS})$	0,28	0,56	1,16	1,70	2,28	2,78

Tracer la courbe $G = (C)$ à l'aide des données du tableau ci-dessus. Conclure.

2.1- On a mesuré, avec ce montage et à la même température ; la conductance de la solution de l'ampoule. On obtient : $G_a = 293 \text{ mS}$. Peut-on déterminer directement la concentration en chlorure de potassium de l'ampoule grâce à cette courbe ? Justifier la réponse.

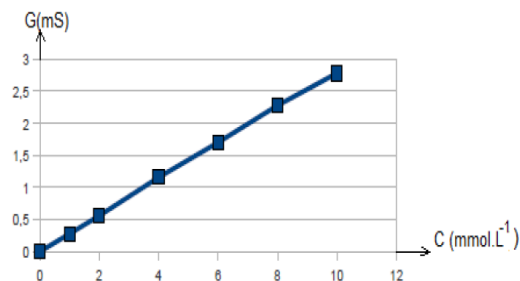
2.2- Compte tenu des valeurs de $G_e = 2,78 \text{ mS}$ et $G_a = 293 \text{ mS}$, quel est le facteur minimal de dilution à utiliser ?

3- Le contenu d'une ampoule a été dilué 200 fois. La mesure de sa conductance donne : $G_d = 1,89 \text{ mS}$. En déduire la valeur de la concentration de la solution diluée, puis celle de la solution de l'ampoule. Calculer la masse m .

Donnée : $(K) = 39 \text{ g. mol}^{-1}$; $(Cl) = 35,5 \text{ g. mol}^{-1}$

Correction

1- la courbe $G = (C)$:



2.1- Peut-on déterminer directement la concentration en chlorure de potassium de l'ampoule grâce à cette courbe ?

La mesure de la conductance est hors courbe d'étalonnage. On pourrait prolonger la courbe d'étalonnage mais on ne sait pas comment se comporte cette courbe pour de fortes concentrations.

On ne peut donc pas en déduire directement la concentration de la solution.

On se propose de diluer la solution de départ d'un facteur de dilution connu puis de faire la mesure de la conductivité, d'en déduire la concentration de la solution diluée puis de remonter à la concentration de la solution de départ.

Remarque :

- La conductance est proportionnelle à la conductivité elle-même proportionnelle à la concentration.

- Le facteur de proportionnalité est d'environ **3,6** : $G = 0,28 C$

2.2- le facteur de dilution :

En divisant par 100 la conductance (c'est-à-dire en diluant par 100) on pourra utiliser la courbe d'étalonnage.

3- La masse m :

Pour une mesure de $G = 1,89 \text{ mS}$ on obtient :

$$C = G/0,28 = (1,89/0,28) = 6,7 \text{ mmol. L}^{-1}$$

La solution du départ est 200 fois plus concentrée c'est-à-dire

$$C' = 200 \times C$$

$$C' = 200 \times 6,7 = 1340 \text{ mmol. L}^{-1} = 1,34 \text{ mol. L}^{-1}$$

La concentration de KCl dans l'ampoule est donc de $1,34 \text{ mol. L}^{-1}$

Le nombre de mole de KCl dans l'ampoule de 20 mL est de :

$$n = 1,34 \times 0,02 = 2,68 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

La masse de KCl dans l'ampoule est :

$$n = m/M = m / (M(K) + M(Cl))$$

$$m = n \cdot (M(K) + M(Cl)) = 2,68 \cdot 10^{-2} \times (39 + 35,5) = 2 \text{ g}$$

Exercice 03 :

On mélange un volume $V_1 = 200 \text{ mL}$ de solution de chlorure de potassium ($K^+ + Cl^-$) à concentration $C_1 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$ et un volume $V_2 = 800 \text{ mL}$ de solution de chlorure de sodium ($Na^+ + Cl^-$) à concentration $C_2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$.

1- Quelle est la conductivité de la solution obtenue ?

2- Dans le mélange précédent, on place la cellule d'un conductimètre. La surface des électrodes est de $1,0 \text{ cm}^2$ et la distance qui les séparent est de $1,1$. Quelle est la valeur de la conductance ?

On donne les conductivités molaires ioniques :

$$\lambda_{Na^+} = 5,01 \cdot 10^{-3} \text{ S. m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}; \lambda_{Cl^-} = 7,63 \cdot 10^{-3} \text{ S. m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}; \lambda_{K^+} = 7,35 \cdot 10^{-3} \text{ S. m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Correction

1- La conductivité du mélange σ :

Il faut déterminer d'abord les quantités de matière dans la solution pour calculer ensuite la concentration de chaque ion.

$$(Cl^-) = C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2 = 0,2 \times 5,0 \cdot 10^{-3} + 0,8 \times 1,25 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[Cl^-] = (Cl^-) / V = 2 \cdot 10^{-3} / (0,2 + 0,8) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1} = 2 \text{ mol. m}^{-3}$$

$$(K^+) = C_1 \cdot V_1 = 0,2 \times 5,0 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[K^+] = (K^+) / V = 1 \cdot 10^{-3} / (0,2 + 0,8) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1} = 1 \text{ mol. m}^{-3}$$

$$(Na^+) = C_2 \cdot V_2 = 0,8 \times 1,25 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[Na^+] = (Na^+) / V = 1 \cdot 10^{-3} / (0,2 + 0,8) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1} = 1 \text{ mol. m}^{-3}$$

$$\sigma = \lambda_{Cl^-} \cdot [Cl^-] + \lambda_{K^+} \cdot [K^+] + \lambda_{Na^+} \cdot [Na^+]$$

$$\sigma = 7,63 \cdot 10^{-3} \times 2 + 7,35 \cdot 10^{-3} \times 1 + 50,1 \cdot 10^{-3} \times 1 = 2,76 \cdot 10^{-2} \text{ mol. m}^{-1}$$

2- La valeur de la conductance G :

$$G = \sigma \cdot (S / L)$$

$$G = 2,76 \cdot 10^{-2} \times (10^{-4} / 1,1 \cdot 10^{-2}) = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

Exercice 04 :

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

- 1- Exprimer et calculer la conductance G et la résistance R de la cellule.
- 2- Exprimer et calculer k la constante de la cellule en cm et m .
- 3- Exprimer et calculer la conductivité σ en unité S.I.
- 4- La solution ionique a une concentration $c = 5,0 \text{ mmol. L}^{-1}$. Exprimer la concentration en unité mol. m^{-3} et calculer la conductivité molaire λ de la solution.

Correction

- 1- **Exprimons et calculons la conductance G et la résistance R de la cellule :**

$$G = I / U = 7,0 \cdot 10^{-3} / 1,2 = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ S} = 5,8 \text{ mS}$$

$$R = U / I = 1,2 / (7,0 \cdot 10^{-3}) = 1,7 \cdot 10^2 \Omega = 17 \text{ k}\Omega$$

- 2- **Exprimons et calculons k la constante de la cellule en cm et m :**

$$k = S / l = 1,5 / 2 = 0,75 \text{ cm} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

- 3- **Exprimer et calculer la conductivité σ :**

$$G = \sigma \cdot k \Rightarrow \sigma = G / k = 5,8 \cdot 10^{-3} / 7,5 \cdot 10^{-3} = 0,77 \text{ S. m}^{-1}$$

- 4- Exprimons la concentration en unité S. I :

$$c = 5,0 \text{ mmol. L}^{-1} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 5,0 \text{ mol. m}^{-3}$$

Calculons la conductivité molaire σ de la solution :

$$\sigma = \lambda \cdot c \Rightarrow \lambda = \sigma / c = 0,77 \text{ S. m}^{-1} / 5,0 \text{ mol. m}^{-3} = 0,154 \text{ S. m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Exercice 05 :

A l'aide d'une cellule, on détermine la conductance d'une portion de solution de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$) de concentration $C = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$; on trouve $G = 5,45 \cdot 10^{-3} \text{ S}$.

- 1- Calculer la conductivité de la solution de chlorure de sodium.

- 2- Calculer la constante de la cellule utilisée.

On donne les conductivités molaires ioniques :

$$\lambda_{\text{Na}^+} = 5,00 \text{ mS. m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} ; \lambda_{\text{Cl}^-} = 7,63 \text{ mS. m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

- 1- **Calcul de la conductivité :**

$$\sigma = [\text{Na}^+] \cdot \lambda_{\text{Na}^+} + [\text{Cl}^-] \cdot \lambda_{\text{Cl}^-}$$

$$[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = C$$

$$\sigma = C \cdot \lambda_{\text{Na}^+} + C \cdot \lambda_{\text{Cl}^-} = C(\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-})$$

$$\sigma = 5 \times (5,00 \times 10^{-3} + 7,63 \times 10^{-3}) \text{ soit : } \sigma = 6,32 \cdot 10^{-2} \text{ S. m}^{-1}$$

- 2- **Calcul de la constante de cellule :**

$$\sigma = (L/S) \cdot G = K \cdot \sigma \Rightarrow K = (\sigma/G) \Rightarrow K = (6,32 \cdot 10^{-2} / 5,45 \cdot 10^{-3}) = 11,2 \text{ m}^{-1}$$

Exercice 06 :

Dans les mêmes conditions expérimentales, on a mesuré les conductances de trois solutions aqueuses de même concentration $C = 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$; et on a trouvé :

* $G_1 = 2,10 \cdot 10^{-3} \text{ S}$ pour la solution S_1 d'acide chlorhydrique ($H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) ;

* $G_2 = 3,91 \cdot 10^{-3} \text{ S}$ pour la solution S_2 d'acide sulfurique ($2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$) ;

* $G_3 = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ S}$ pour la solution S_3 de sulfate de cuivre II ($Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$).

Trouver la conductance d'une portion de la solution (S_4) de chlorure de cuivre ($Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$) de même concentration et de mêmes conditions expérimentales identiques.

Correction

La conductivité de la solution S_1 d'acide chlorhydrique ($H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$)

$$\sigma_1 = [H^+]. \lambda_{H^+} + [Cl^-]. \lambda_{Cl^-}$$

$$[H^+] = [Cl^-] = C$$

$$\sigma_1 = C. \lambda_{H^+} + C. \lambda_{Cl^-} = C(\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})$$

La conductance de la solution S_1

$$G_1 = \sigma_1 \cdot \frac{S}{L} \Rightarrow G_1 = C(\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})k \Rightarrow \lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-} = \frac{G_1}{C \cdot k} \quad (1)$$

La conductivité de la solution S_2 d'acide sulfurique ($2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$)

$$\sigma_2 = [H^+]. \lambda_{H^+} + [SO_4^{2-}]. \lambda_{SO_4^{2-}}$$

$$[H^+] = 2C \quad \text{et} \quad [SO_4^{2-}] = C$$

$$\sigma_2 = 2C. \lambda_{H^+} + C. \lambda_{SO_4^{2-}} = C(2\lambda_{H^+} + \lambda_{SO_4^{2-}})$$

La conductance de la solution S_2

$$G_2 = \sigma_2 \cdot (S / L) \Rightarrow G_2 = (2\lambda_{H^+} + \lambda_{SO_4^{2-}})Ck \Rightarrow 2\lambda_{H^+} + \lambda_{SO_4^{2-}} = G_2 / (C \cdot k) \quad (2)$$

La conductivité de la solution S_3 de sulfate de cuivre II ($Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$)

$$\sigma_3 = [Cu^{2+}]. \lambda_{Cu^{2+}} + [SO_4^{2-}]. \lambda_{SO_4^{2-}}$$

$$[Cu^{2+}] = C \quad \text{et} \quad [SO_4^{2-}] = C$$

$$\sigma_3 = C. \lambda_{Cu^{2+}} + C. \lambda_{SO_4^{2-}} = C(\lambda_{Cu^{2+}} + \lambda_{SO_4^{2-}})$$

La conductance de la solution S_3

$$G_3 = \sigma_3 \cdot S/L \Rightarrow G_3 = (\lambda_{Cu^{2+}} + \lambda_{SO_4^{2-}})Ck \Rightarrow \lambda_{Cu^{2+}} + \lambda_{SO_4^{2-}} = G_3 / (C \cdot k) \quad (3)$$

Pour obtenir la solution (S_4) de chlorure de cuivre ($Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$)

c'est-à-dire $\lambda_{Cu^{2+}} + 2\lambda_{Cl^-}$

$$(3) - (2) + 2 \times (1) = (4)$$

$$\lambda_{Cu^{2+}} + 2\lambda_{Cl^-} = G_3 - G_2 + 2G_1 / (C \cdot k)$$

$$G_4 = (\lambda_{Cu^{2+}} + 2\lambda_{Cl^-}) \cdot k$$

$$G_4 = G_3 - G_2 + 2G_1$$

$$G_4 = 1,15 \cdot 10^{-3} - 3,91 \cdot 10^{-3} + 2 \times 2,10 \cdot 10^{-3} = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

$$G_4 = 1,44 \text{ mS}$$

Exercice 07 :

Une cellule conductimétrique est constituée de deux électrodes de surface $S = 2,0 \text{ cm}^2$ séparées d'une distance $l = 1,5 \text{ cm}$ 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.
- 2) Exprimer et calculer en cm^{-1} et en m^{-1} la constante k de la cellule
- 3) Exprimer et calculer la conductivité de la solution en unité S.I.
- 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.
 - b) En supposant que la distance entre les électrodes est inchangée que vaut leur surface ?
 - c) En supposant que la surface des électrodes est inchangée que vaut leur distance ?
- 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.)

Correction

- 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
 $k = l/S = 1,5 / 2,0 = 0,75 \text{ cm}^{-1} = 0,75 \times (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 75 \text{ m}^{-1}$
- 3) Exprimer et calculer la conductivité de la solution en unité S.I.
 $G = \sigma \times S/l$; $\sigma = l/S \times G = k \times G = 0,75 \times 10^2 \times 5,8 \times 10^{-3} = 0,435 \text{ S.m}^{-1}$
- 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 ?
 $k' = l/S'$; $S' = l/k' = 1,5 \times 10^{-2} / 49,7 = 3,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 3,0 \text{ cm}^2$
 - c) En supposant que la surface des électrodes est inchangée que vaut leur distance ?
 $k' = l'/S$; $l' = k' \times S = 49,7 \times 2 \times 10^{-4} = 99,4 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,994 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$
- 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.)
 $C = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{1 \text{ dm}^3} = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{(0,1 \text{ m})^3} = 5,0 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 5,0 \text{ mol.m}^{-3}$
 $\sigma = \lambda \times C$; $\lambda = \sigma / C = 0,435 / 5,0 = 0,087 \text{ S.I.} (\text{S.m}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{m}^3 = \text{S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})$