



Conductimétrie

Exercices

Quelques ions avec leur conductivité molaire ionique en $S.m^2.mol^{-1}$

Cuivre	Fer 2	Sodium	Calcium	Phosphate	Chlorure	Nitrate
Cu^{2+}	Fe^{2+}	Na^+	Ca^{2+}	PO_4^{3-}	Cl^-	NO_3^-
$10,72.10^{-3}$	$10,80.10^{-3}$	$5,01.10^{-3}$	$11,89.10^{-3}$	$20,70.10^{-3}$	$7,63.10^{-3}$	$7,14.10^{-3}$
Sulfate	Plomb	Oxonium	Propanoate	Éthanoate		
SO_4^{2-}	Pb^{2+}	H_3O^+	$C_2H_5CO_2^-$	$CH_3CO_2^-$		
16.10^{-3}	14.10^{-3}	$35,9.10^{-3}$	$3,6.10^{-3}$	$4,1.10^{-3}$		

Masses molaires atomiques ($g.mol^{-1}$)

H	N	O	Na	P	Cl	Ca	Fe	Cu
1,0	14	16,0	23,0	31,0	35,5	40,1	55,8	63,5

Exercice 1

On dispose d'une solution de chlorure de calcium, d'une solution de chlorure de sodium et d'une solution de phosphate de calcium ; les 3 solutions ont la même concentration molaire de $1,0.10^{-2} mol.L^{-1}$.

- Donner la formule de chacune des solutions, puis calculer les conductivités des solutions

Exercice 2

La concentration en masse de nitrate de cuivre dans une solution est de $1,5 g.L^{-1}$.

- 1) Ecrire l'équation de la dissolution du nitrate de cuivre dans l'eau.
- 2) Calculer C, la concentration en quantité de matière de nitrate de cuivre dans la solution
- 3) Donner les concentrations effectives des ions dans la solution en fonction de C
- 4) Calculer la conductivité de la solution.

Exercice 3

Pour déterminer la concentration C d'une solution de phosphate de fer II, on mesure sa conductivité ; on trouve $\sigma = 439 mS.m^{-1}$

- 1) Donner la formule de la solution
- 2) Exprimer la conductivité de la solution en fonction des concentrations effectives des ions et de leur conductivité molaire ionique, puis déterminer la concentration de la solution.
- 4) En déduire la masse de phosphate de fer II hydraté $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8(H_2O)$ qu'il a fallu peser pour obtenir 1,00 L de cette solution

Exercice 4

On mesure la conductivité d'une solution saturée de sulfate de plomb : on trouve $s = 4,02 mS.m^{-1}$.

- Déterminer la solubilité du sulfate de plomb

Exercice 5

On désire déterminer la valeur de la constante d'acidité K_a du couple $C_2H_5CO_2H/C_2H_5CO_2^-$

On introduit de l'acide propanoïque $C_2H_5CO_2H$ dans de l'eau afin d'obtenir une solution aqueuse d'acide propanoïque de concentration en quantité d'acide apporté $C = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

La solution obtenue possède à l'équilibre une conductivité $\sigma = 6,2 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$.

- 1) Ecrire l'équation de la réaction se produisant entre l'acide propanoïque et l'eau.
- 2) Quels sont les ions responsables de la conductivité de la solution ? Exprimer cette conductivité en fonction de la concentration de ces ions.
- 3) A l'aide de l'équation de la question 1) montrer qu'à l'équilibre on a $[C_2H_5CO_2^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq}$
- 4) A l'aide de la question 2) montrer qu'à l'équilibre on a $[C_2H_5CO_2^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
- 5) Montrer que la concentration en acide propanoïque dans la solution à l'équilibre peut se mettre sous la forme : $[C_2H_5CO_2H]_{eq} = C - [C_2H_5CO_2^-]_{eq}$; en déduire la valeur de $[C_2H_5CO_2H]_{eq}$

6) Montrer que la constante d'acidité du couple peut se mettre sous la forme
$$K_A = \frac{[H_3O^+]_{eq}^2}{C - [H_3O^+]_{eq}}$$

- 7) Calculer la valeur du k_a et du pK_a du couple.

Exercice 6

Une solution aqueuse d'acide éthanoïque de concentration $C = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, possède une conductivité $s = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$. On peut montrer (voir exercice précédent) que l'on a :

$$K_A = \frac{[H_3O^+]_{eq}^2}{C - [H_3O^+]_{eq}} \quad - \text{ Déterminer le } K_A \text{ puis le } pK_A \text{ du couple acide éthanoïque/ion éthanoate}$$

Exercice 7

Un pharmacien prépare 1L d'une solution de chlorure de sodium et colle sur le flacon l'étiquette suivante

- 1) Compte tenu des indications sur l'étiquette, quelle est la concentration molaire théorique en soluté apporté ?

COMPOSITION	
Chlorure de sodium	9 g
Eau	1000 mL
pH	7
LOT N :	A UTILISER
450819A01	AVANT 2009-02

- 2) On cherche à vérifier la composition du flacon de 1 L qui contient le chlorure de sodium.

On dispose d'une solution mère de chlorure de sodium, de concentration en soluté apporté égale à $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Afin de tracer une courbe d'étalonnage, on prépare 10 solutions filles dont les concentrations molaires en soluté apporté varient de $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ à $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Pour chacune de ces solutions filles, on mesure la conductance G .

C (mmol.L ⁻¹)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
G (mS)	0,55	1,07	1,63	2,15	2,70	3,20	3,73	4,2	4,78	5,25

- 2.1.** Comment prépare-t-on la solution fille de concentration $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir de la solution mère.
- 2.2.** Tracer la courbe d'étalonnage $G = f(C)$. La conductance G est-elle proportionnelle à la concentration C ? Justifier la réponse.
- 2.3.** La solution à analyser est diluée 20 fois.
- Pour quelles raisons faut-il diluer la solution à analyser pour déterminer sa concentration à partir de la droite d'étalonnage ?
- 2.4.** La valeur de la conductance de la solution diluée est égale à $4,00 \text{ mS}$. Quelle est la concentration en soluté apportée de la solution à analyser ?
- 2.5.** Le pharmacien qui a préparé cette solution s'est-il trompé ?

Exercice 8

On dispose d'une ampoule contenant une solution de chlorure de calcium. Cette ampoule peut être utilisée pour une injection intraveineuse afin de traiter de l'hypocalcémie aiguë (*qui se manifeste par des spasmes musculaires douloureux accompagnés de troubles respiratoires voire de convulsions*)

1) Le chlorure de calcium utilisé pour la préparation des ampoules est un soluté hydraté de formule $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$.

1.1. Calculer la masse molaire du soluté

1.2. Sur l'étiquette de la boîte, il est indiqué qu'une ampoule de $5,0 \text{ mL}$ contient $1,3 \text{ g}$ de chlorure de calcium hydraté.

- Calculer C' la concentration molaire théorique de la solution de chlorure de calcium contenue dans l'ampoule.

2) On désire vérifier la concentration déterminée précédemment en faisant un dosage par étalonnage

2.1. On dispose d'une solution concentrée de chlorure de calcium de concentration $C_0 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, à partir de laquelle on prépare 5 solutions diluées.

- Indiquer le protocole à effectuer afin de préparer $50,0 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure de calcium de concentration $C_3 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir de la solution concentrée

2.2. A l'aide d'une cellule conductimétrique, on mesure la conductivité σ des 5 solutions diluées de chlorure de calcium. On obtient les valeurs données dans le tableau ci-dessous

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
C (mol.L ⁻¹)	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
σ (mS.m ⁻¹)	14	27	68	95	123

- tracer la courbe d'étalonnage de la cellule

$$\sigma = f(C)$$

2.3. La solution commerciale contenue dans l'ampoule étant trop concentrée, on l'a diluée : on verse le contenu de l'ampoule de $5,0 \text{ mL}$ dans une fiole jaugée de $2,0 \text{ L}$

- Donner, en justifiant la réponse, le facteur de dilution

2.4. La mesure de la conductivité de la solution diluée a donné $\sigma = 80 \text{ mS.m}^{-1}$

- Déterminer graphiquement la concentration C de la solution diluée de chlorure de calcium.

2.5. En déduire la concentration molaire C' de la solution médicale contenue dans l'ampoule.

Exercice 9

La mammite est une maladie fréquente dans les élevages de vaches laitières. Il s'agit d'une inflammation de la mamelle engendrant la présence de cellules inflammatoires et de bactéries dans le lait. La composition chimique et biologique du lait est alors sensiblement modifiée. La concentration de lactose diminue, tandis que la concentration en ions sodium et en ions chlorure augmente. Cette altération du lait le rend impropre à la consommation. Dans le lait frais normal, la concentration massique en ions chlorure est comprise entre $0,8 \text{ g.L}^{-1}$ et $1,2 \text{ g.L}^{-1}$. Pour un lait « mammiteux », cette concentration est égale ou supérieure à $1,4 \text{ g.L}^{-1}$.

Dans un laboratoire d'analyse, une technicienne titre $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de lait mélangé à 200 mL d'eau déminéralisée par une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$) de concentration $C_2 = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Les ions argent réagissent avec les ions chlorure pour former un précipité de chlorure d'argent $\text{AgCl}_{(s)}$.

Le titrage est suivi par conductimétrie.

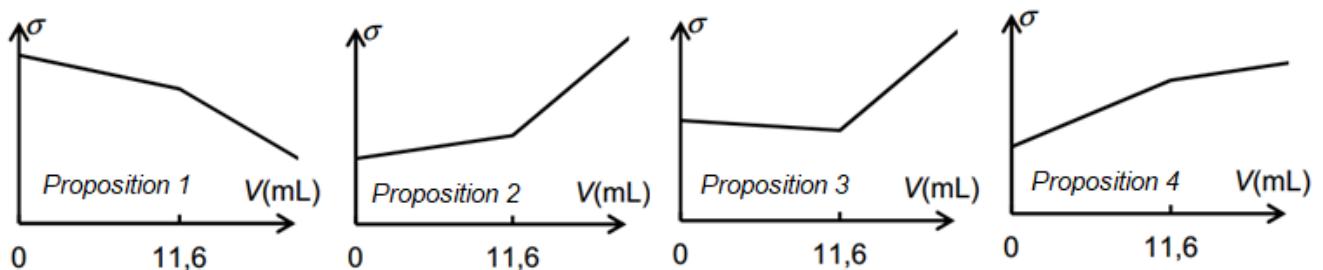
Le volume équivalent déterminé par la technicienne est $V_2(\text{eq}) = 11,6 \text{ mL}$.

• Conductivités molaires ioniques à $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Ion	Ag^+	Cl^-	NO_3^-
$\lambda(\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1})$	6,19	7,63	7,14

La réaction du dosage est $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$

1) Parmi les représentations graphiques suivantes, quelle est celle qui représente l'allure de l'évolution de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent versé ? Justifier.



2) Le lait analysé est-il « mammiteux » ? Une réponse argumentée et des calculs rigoureux sont attendus.

$M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$