

## LA CHIMIE APRÈS LES FÊTES PROBLÈME DE CONDUITE EN SOLUTION

La conductivité électrique est l'inverse de la résistivité. Elle correspond à la conductance d'une portion de matériau de 1 m de longueur et de 1 m<sup>2</sup> de section.

Parmi les meilleurs conducteurs, il y a les métaux (comme le cuivre ou l'aluminium) pour lesquels les porteurs de charge sont les « électrons libres » et les solutions d'électrolytes pour lesquelles les porteurs de charge sont les ions en solution. Pour ces dernières, la valeur de la conductivité dépend de la nature des ions présents dans la solution et de leurs concentrations. La conductivité d'une solution peut être mesurée à l'aide d'un conductimètre.

Certains matériaux, comme les semi-conducteurs, ont une conductivité qui dépend d'autres conditions physiques, comme la température ou l'exposition à la lumière, etc. Ces propriétés sont de plus en plus mises à profit pour réaliser des capteurs.

### Objectifs :

- Étudier la conductivité  $\sigma$  d'une solution ionique
- Étudier la conductivité molaire ionique  $\lambda$  d'un ion.

### I. Lien entre la conductivité $\sigma$ et la concentration :

#### \* Conductance G d'une solution aqueuse :

- 1) À quelle condition une solution aqueuse conduit-elle le courant électrique ?
- 2) La conductance G est l'inverse de quelle grandeur physique ? Quelle est l'unité de la conductance G ?

#### \* Conductivité $\sigma$ d'une solution ionique :

Lors du TP intitulé *La chimie du sérum physiologique*, nous avons mesuré la conductivité  $\sigma$  de solutions de chlorure de sodium de concentrations différentes.

Pour des concentrations faibles  $c < 10 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ou  $10 \text{ mmol.L}^{-1}$ , on a tracé  $\sigma = f(c)$ .

- 3) Rappeler l'allure de cette courbe. Quelle relation mathématique peut-on écrire entre  $\sigma$  et c ?
- 4) Compléter la conclusion suivante :

..... **une solution contient d'ions, plus sa conductivité** ....., ..... **elle est conductrice.**

#### \* Conductivité molaire ionique $\lambda$ :

Certains ions sont plus mobiles que d'autres en solution aqueuse, ils assurent donc mieux le passage du courant. La conductivité molaire ionique  $\lambda$  caractérise la mobilité d'un ion et donc sa contribution au caractère conducteur d'une solution. Elle dépend de la nature de l'ion et de la température.

**Plus un ion est** ....., **plus sa conductivité molaire ionique  $\lambda$  est élevée.**

#### \* Relation entre la conductivité $\sigma$ et la conductivité molaire ionique $\lambda$ :

Prenons l'exemple de la solution aqueuse de chlorure de sodium de formule chimique  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ ,

on a  $\sigma = \lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+_{(aq)}] + \lambda_{\text{Cl}^-} \times [\text{Cl}^-_{(aq)}]$  **Relation 1**

- 5) En utilisant la relation 1, ci-dessus, compléter :

**Plus les ions en solution sont mobiles et** ....., **plus la** .....  **$\sigma$  de la solution est** .....

- 6) Écrire l'équation de dissolution du chlorure de sodium.
- 7) En déduire la relation entre la concentration c en soluté apporté et les concentrations effectives  $[\text{Na}^+_{(aq)}]$  et  $[\text{Cl}^-_{(aq)}]$  dans la solution.
- 8) À l'aide de la relation 1 et de la réponse précédente, exprimer  $\sigma$  en fonction de  $\lambda_{\text{Na}^+}$ ,  $\lambda_{\text{Cl}^-}$  et c.  
Cette relation est-elle en accord avec la relation de la question 3) :  $\sigma = k \cdot c$  ?

#### \* Conclusion :

Pour une solution contenant uniquement des cations  $\text{M}^+$  et des anions  $\text{A}^-$  :  $\sigma = (\lambda_{\text{M}^+} + \lambda_{\text{A}^-}) \times c$

Unités S.I. :      S.m<sup>-1</sup>      S.m<sup>2</sup>.mol<sup>-1</sup>      ?

## II. Préparation des solutions électrolytiques :

On souhaite préparer six solutions de volume  $V = 100 \text{ cm}^3$  et de concentration molaire  $c = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

- 1) Exprimer  $c$  en fonction de  $m$ ,  $M$  et de  $V$ ; en déduire l'expression littérale de la masse de solide à peser.
- 2) Compléter le tableau suivant :

Solution	Soluté	Masse molaire en $\text{g.mol}^{-1}$	Masse à peser en g
$S_1$	Chlorure de sodium	58,5	
$S_2$	Chlorure de potassium	74,6	
$S_3$	Chlorure d'hydrogène		
$S_4$	Nitrate de sodium	85,0	
$S_5$	Hydroxyde de sodium	40,0	
$S_6$	Hydroxyde de potassium	56,1	

- 3) Quelle est la particularité de la préparation de la solution 3 ?

À la paillasse professeur, on dispose de solutions mères de chlorure de sodium; et de chlorure de potassium de concentration  $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  à partir desquelles on va préparer les solutions  $S_1$  et  $S_2$  de concentration  $c = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

- 4) Décrire brièvement le protocole expérimental de la préparation d'une des solutions diluées.
  - 5) Réaliser la préparation des solutions  $S_1$  et  $S_2$  par dilution des solutions mères correspondantes.
- Les solutions  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$  et  $S_6$  déjà diluées sont disponibles sous les hottes.

## III. Première série de mesures: à propos des cations

On utilise des solutions ioniques contenant toujours le même anion  $\text{Cl}^-$ , ces solutions ont toutes la même concentration molaire.

Repérer clairement les récipients contenant les solutions (marqueur).

Le conductimètre doit être étalonné avant d'effectuer des mesures :

- Une solution étalon de concentration précise se trouve au bureau.
- Un thermomètre est placé dans la solution étalon.
- La conductivité  $\sigma$  de la solution étalon est indiquée dans le tableau dont vous disposez.
- Placer la sonde **propre et sèche** dans la solution étalon.
- Régler le conductimètre à la température de la solution. (bouton  $^{\circ}\text{C}$ )
- Sur le conductimètre, tourner le bouton  $k\%$ , pour atteindre environ cette valeur de  $\sigma$ .

**Bien rincer l'électrode entre chaque mesure, et la sécher avant toute mesure.**

Utiliser une hauteur de solution suffisante pour que l'ensemble de la partie métallique de la sonde trempe.

Solution	Composition ionique de la solution	$\sigma$ littérale en fonction des $\lambda$	$\sigma$ mesurée (en $\text{mS.cm}^{-1}$ )
$S_1$ Chlorure de sodium			$\sigma_1 =$
$S_2$ Chlorure de potassium			$\sigma_2 =$
$S_3$ Acide chlorhydrique	$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$	$\sigma_3 = (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) \times c$	$\sigma_3 =$

Conclure en classant les conductivités molaires ioniques  $\lambda$  des cations par valeurs décroissantes.

**La conductivité molaire ionique  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$  de  $\text{H}_3\text{O}^+$  ou  $\text{H}^+(\text{aq})$  est très ..... à celle des autres cations.**

#### IV. Deuxième série de mesures: à propos des anions

On utilise des solutions ioniques contenant toujours le même cation  $\text{Na}^+$ , ces solutions ont toutes la même concentration molaire.

Solution	Composition ionique de la solution	$\sigma$ littérale en fonction des $\lambda$	$\sigma$ mesurée (en $\text{mS.cm}^{-1}$ )
$S_1$ Chlorure de sodium			$\sigma_1 =$
$S_4$ Nitrate de sodium			$\sigma_4 =$
$S_5$ Hydroxyde de sodium			$\sigma_5 =$

Conclure en classant les conductivités molaires ioniques  $\lambda$  des anions par valeurs décroissantes.

**La conductivité molaire ionique  $\lambda_{\text{HO}^-}$  des ions hydroxyde est ..... à celle des autres anions.**

#### V. Application: détermination indirecte de la conductivité $\sigma$ d'une solution

On dispose d'une solution  $S_6$  d'hydroxyde de potassium de concentration molaire  $c = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

- 1) Vérifier que l'on peut calculer sa conductivité  $\sigma_6$  en utilisant les mesures précédentes. On utilisera les expressions littérales de  $\sigma$  en fonction de  $\lambda$  pour montrer que  $\sigma_6 = \sigma_2 + \sigma_5 - \sigma_1$ .
- 2) Calculer  $\sigma_6$ .
- 3) Mesurer expérimentalement  $\sigma_6$ .
- 4) Calculer le pourcentage d'erreur relative sur la mesure de  $\sigma_6$ . Commenter le résultat obtenu.

$$\% \text{ d'erreur relative} = \frac{|\text{valeur mesurée} - \text{valeur de référence}|}{\text{valeur de référence}} \times 100$$