

OBJECTIFS

- Préparer par dissolution une solution aqueuse de composition proche de celle d'une eau de mer.
- Mesurer la salinité d'une eau de mer par deux méthodes : dosage conductimétrique et évaporation.

➔ Dosage par étalonnage en conductimétrie de la salinité d'une eau de mer

Informations

Une solution ionique, aussi appelée électrolyte, est conductrice de l'électricité. La présence d'ions, chargés électriquement, assure le caractère conducteur de la solution. La **conductimétrie** est une méthode d'électroanalyse qui permet de mesurer les propriétés conductrices d'une telle solution.

La conductivité d'une solution se mesure avec un conductimètre. Elle s'exprime en Siemens par mètre ($S.m^{-1}$ ou un sous-multiple $mS.cm^{-1}$) et sa valeur est liée à la concentration et à la nature des ions en solution.

Chaque ion est caractérisé par une conductivité molaire ionique λ (en $mS.m^2.mol^{-1}$), qui lui est propre, et caractérise sa capacité à participer au caractère conducteur de la solution.

Exemples de quelques λ : $H_3O^+ = 35$; $HO^- = 19,9$; $Cl^- = 7,63$; $Na^+ = 5,01$; $K^+ = 7,35$

La valeur de la conductivité σ d'une solution peut être calculée à partir des conductivités molaires ioniques λ_i des ions qui composent cette solution, ainsi que de leur concentration $[X_i]$:

$\sigma = \sum \lambda_i \cdot [X_i]$ Ceci constitue la **loi de Kohlrausch**, dans laquelle σ est en $S.m^{-1}$, λ_i en $S.m^2.mol^{-1}$ et $[X_i]$ en $mol.m^{-3}$.

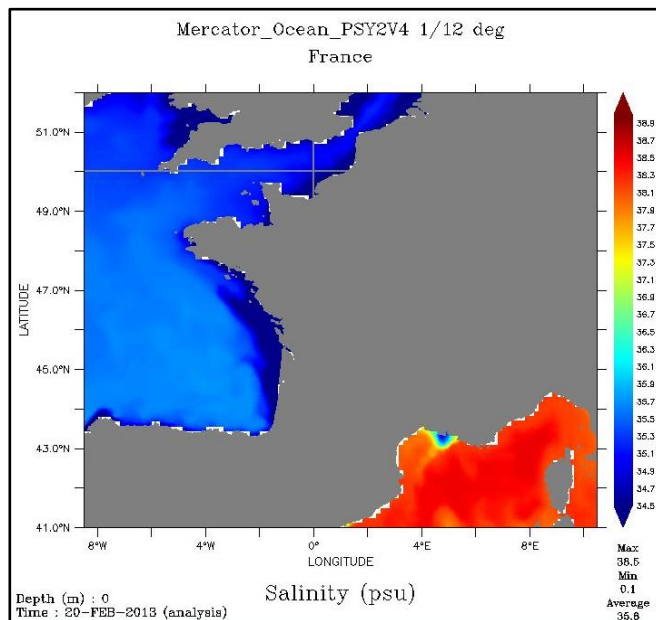
Exemple : la conductivité d'une solution de chlorure de sodium de concentration $c = [Cl^-] = [Na^+] = 2,00.10^{-3} mol.L^{-1}$ ou $2,00 mol.m^{-3}$ est égale à :
 $\sigma = \lambda_{Cl^-} \cdot [Cl^-] + \lambda_{Na^+} \cdot [Na^+]$
 $\sigma = 7,63.10^{-3} \times 2,00 + 5,01.10^{-3} \times 2,00$
 $\sigma = 2,53.10^{-2} mS.m^{-1}$ ou $2,530 mS.cm^{-1}$ ou $2,53.10^{-5} S.m^{-1}$

- ▲ Le « dosage » d'une solution aqueuse ionique consiste à déterminer la concentration en ions de cette solution. Cette concentration pourra être exprimée en $g.L^{-1}$ (massique) ou en $g.mol^{-1}$ (molaire).
- ▲ Un « dosage conductimétrique » est un dosage basé sur des mesures de conductivité de la solution.
- ▲ Le « dosage conductimétrique par étalonnage » consiste à tracer une courbe de référence, appelée courbe d'étalonnage, à partir des conductivités de solutions de concentrations connues puis à mesurer la conductivité de la solution inconnue et à déterminer sa concentration par lecture graphique sur la courbe d'étalonnage.

Problématique

Des échantillons d'eau de mer ont été prélevés, en France, dans l'océan Atlantique et dans la mer Méditerranée. Mais les étiquettes des flacons se sont décollées.

Comment identifier les deux échantillons par mesure de salinité ?



Résolution : Dosage par étalonnage en conductimétrie

Les ions sodium Na^+ et chlorure Cl^- représentent plus de 90% des ions présents dans l'eau de mer. Pour des mesures de conductimétrie, nous ferons l'hypothèse que le sel de l'eau de mer peut être simplement modélisé par du chlorure de sodium.

▲ Préparation des solutions pour réaliser la courbe d'étalonnage

- Préparer un volume $V_0 = 100$ mL de solution aqueuse de chlorure de sodium de concentration molaire $c_0 = 5,0 \cdot 10^{-2}$ mol.L⁻¹. Il faut calculer la masse de chlorure de sodium NaCl à dissoudre.
- Préparer, à partir de cette solution mère, une des cinq solutions filles présentées dans le tableau suivant :

Solution fille	Volume à préparer	Concentration désirée	Volume de solution mère à prélever
S ₁	V ₁ = 50 mL	c ₁ = 2,5 · 10 ⁻² mol.L ⁻¹	
S ₂	V ₂ = 50 mL	c ₂ = 1 · 10 ⁻² mol.L ⁻¹	
S ₃	V ₃ = 50 mL	c ₃ = 5 · 10 ⁻³ mol.L ⁻¹	
S ₄	V ₄ = 50 mL	c ₄ = 2 · 10 ⁻³ mol.L ⁻¹	
S ₅	V ₅ = 50 mL	c ₅ = 1 · 10 ⁻³ mol.L ⁻¹	

Il faut calculer le volume de solution mère à prélever pour préparer chaque solution fille.

▲ Mesures de conductivités

- On étalonne le conductimètre.
- Placer les 2 solutions préparées (la solution mère et la solution fille) dans des béchers.
- Mesurer la conductivité des 2 solutions en prenant soin de bien rincer l'électrode entre chaque mesure, et en allant de la solution la moins concentrée à la solution la plus concentrée.
- On mesure la conductivité de chaque échantillon d'eau de mer après les avoir dilués 100 fois.

▲ Détermination de la concentration de l'eau de mer

- Tracer la courbe d'étalonnage $\sigma = f(c)$.
- Modéliser, à l'aide d'une courbe de tendance, la relation entre la conductivité σ et la concentration « c » des solutions d'étalonnage.
- Calculer la salinité « s » de chaque eau de mer en g.mol⁻¹ puis en UPS (unité définie dans le document précédent).

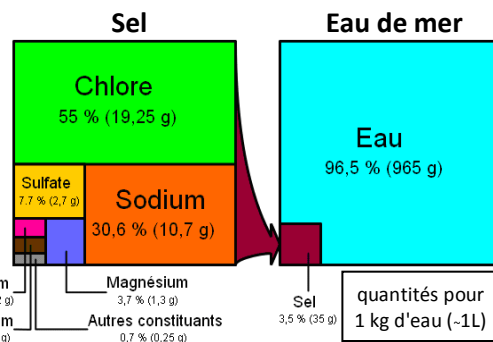
▲ Validation du résultat

- Préciser quelles peuvent être les sources d'erreur.

➔ Préparation d'une eau de mer artificielle et détermination par une méthode simple de sa salinité.

L'eau de mer contient de nombreuses espèces dissoutes, la majorité d'entre-elles sont sous forme d'ions. L'eau de mer de référence appelée « eau de mer normale » à la température de 15°C et à la pression atmosphérique normale de 1,0 bar, possède une salinité S de 35 g.kg⁻¹.

La densité de l'eau de mer normale d est égale à 1,02597.



- Quelle est la masse d'espèces dissoutes dans un m³ de cette eau de mer ?

Préparation de l'eau de mer artificielle

- Peser une fiole jaugée de 250 mL.
- Peser les masses suivantes de sels ioniques et les introduire dans la fiole jaugée.

Sels ioniques	NaCl	KCl	CaCl ₂	MgSO ₄
Masses (en g)	7,4	0,1	0,3	0,8

- La remplir au 3/4 d'eau distillée et agiter pour dissoudre les sels.
- Compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau et agiter.

- Déterminer expérimentalement la masse volumique de cette eau de mer et son incertitude, puis sa densité.
- Calculer sa salinité en UPS.

Détermination de la salinité de l'eau de mer artificielle par une méthode simple.

Lorsque l'on chauffe l'eau de mer, l'eau s'évapore mais les sels dissous restent dans le bécher et forment, en cristallisant, le « résidu à sec ». La masse du résidu à sec obtenu pour un litre d'eau de mer évaporée correspond à la salinité en g.L⁻¹.

- ▲ Proposer et mettre en œuvre une méthode simple.
- ▲ Validation du résultat : Comparer, par un calcul d'incertitude relative, la valeur expérimentale de la salinité avec la valeur théorique. Conclure sur la validité du résultat.