TP — Le sérum physiologique est-il bien à 0,9 % ?

Dosage par étalonnage conductimétrique · Démarche d'investigation

Niveau	Durée	Organisation	Compétences évaluées
Terminale Spécialité Physique-Chimie	2 h	Binômes · 2 appels professeur	APP · ANA · REA · VAL · COM

Nom(s) : …… Classe : …… Date : ……

I. Situation-problème

Le **sérum physiologique** est une solution aqueuse de chlorure de sodium, isotonique au plasma sanguin. Il est utilisé pour le lavage du nez et des yeux ou le nettoyage des plaies. Incolore, il contient des ions sodium Na^+ et chlorure Cl^-.

Vous êtes technicien(ne) dans un laboratoire de contrôle qualité. Un pharmacien vous confie du sérum physiologique et vous demande de **vérifier que sa teneur en chlorure de sodium respecte l'étiquette**, sans détruire l'échantillon.

Problématique

Comment vérifier, par une méthode physique, que la concentration en chlorure de sodium du sérum physiologique est conforme à celle indiquée sur l'étiquette ?

II. Documents

Document 1 — Extrait de l'étiquette

Composition pour 100 mL de solution : chlorure de sodium NaCl : 0,9 g ; eau pour préparations injectables.

Présentation : solution stérile, isotonique, à usage unique.

Document 2 — Le chlorure de sodium en solution

Le solide ionique NaCl se dissout dans l'eau selon : $NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$. Ainsi $[Na^+] = [Cl^-] = c$, la concentration en soluté apporté.

Donnée : $M(NaCl) = 58{,}5\ g{\cdot}mol^{-1}$.

Document 3 — Conductivité et loi de Kohlrausch

Une solution ionique conduit le courant électrique. Sa conductivité σ s'exprime en fonction des concentrations $[X_i]$ des ions présents :

$$\sigma = \Sigma\, \lambda_i \cdot [X_i]$$

où λ_i est la conductivité molaire ionique ($S{\cdot}m^2{\cdot}mol^{-1}$) et $[X_i]$ la concentration en $mol{\cdot}m^{-3}$. Cette loi n'est valable que pour des **solutions diluées : $c \lesssim 1{\times}10^{-2}\ mol{\cdot}L^{-1}$**.

À 25 °C : $\lambda(Na^+) = 5{,}01\ mS{\cdot}m^2{\cdot}mol^{-1}$; $\lambda(Cl^-) = 7{,}63\ mS{\cdot}m^2{\cdot}mol^{-1}$.

Conversions : $1\ mol{\cdot}L^{-1} = 1000\ mol{\cdot}m^{-3}$; $1\ mS{\cdot}cm^{-1} = 100\ mS{\cdot}m^{-1}$.

Document 4 — Utiliser un conductimètre

- Le conductimètre a été étalonné par le professeur.
- Rincer la cellule à l'eau distillée et l'essuyer délicatement entre deux mesures ; mesurer **du moins concentré au plus concentré**.
- Immerger complètement les électrodes, sans toucher le fond ni les parois, sans bulles ; attendre la stabilisation de l'affichage.
- La conductivité augmente d'environ 2 % par °C : **relever la température** et travailler à température identique.

Document 5 — Solution étalon disponible

Solution S_0 de chlorure de sodium : $\mathbf{c_0 = 1{,}00\times10^{-2}\ mol\cdot L^{-1}}$.

III. Matériel à disposition (par binôme)

Catégorie	Éléments
Mesure	1 conductimètre étalonné avec sa cellule conductimétrique ; 1 thermomètre ; 1 agitateur magnétique (facultatif)
Solutions	Solution étalon S_0 (100 mL) ; sérum physiologique (2 dosettes de 5 mL) ; eau distillée (pissette)
Verrerie	**1 fiole jaugée de 100,0 mL** avec bouchon ; **5 béchers de 50 mL** ; 2 pipettes graduées de 25 mL et 1 pipette graduée de 10 mL avec propipette ; 1 pipette compte-gouttes
Divers	Étiquettes et marqueur ; papier absorbant ; calculatrice ou tableur
Sécurité	Blouse et lunettes de protection. Essuyer toute projection d'eau autour du conductimètre.

Des aides sont disponibles sur demande auprès du professeur ; leur utilisation sera prise en compte dans l'évaluation.

IV. Travail à réaliser

A. S'approprier et analyser (≈ 25 min)

1. Calculer la concentration en masse ($g\cdot L^{-1}$) puis la concentration en quantité de matière $c_{étiq}$ ($mol\cdot L^{-1}$) en chlorure de sodium attendues d'après l'étiquette. **[APP]**

2. Le sérum est incolore : pourquoi la spectrophotométrie UV-visible ne convient-elle pas ? Quelle propriété physique des ions Na^+ et Cl^- peut-on exploiter ? Justifier le caractère « physique » de la méthode. **[APP]**

3. Comparer $c_{étiq}$ au domaine de validité de la loi de Kohlrausch (Doc. 3). Que faut-il faire avant de mesurer la conductivité du sérum ? Choisir un facteur de dilution F et justifier. **[ANA]**

4. Rédiger un **protocole** précisant : la dilution du sérum dans la fiole jaugée de 100,0 mL ; la gamme de **5 solutions étalon de 25,0 mL** préparées directement dans les béchers en mélangeant S_0 et de l'eau distillée, dont les concentrations encadrent celle du sérum dilué (compléter le tableau ci-dessous) ; l'ordre des mesures et les précautions à prendre. **[ANA]**

Dilution du sérum : $V_{sérum}$ = …… mL prélevés, complétés à 100,0 mL (F = ……).

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
c ($mol\cdot L^{-1}$)					
V(S_0) à prélever (mL)					
V(eau distillée) (mL)					

> ✋ **Appel n°1**
> Faire valider le protocole par le professeur avant de manipuler.

B. Réaliser (≈ 45 min)

5. Préparer les 5 solutions étalon dans les béchers numérotés, puis la solution de sérum diluée S_d. Mesurer la conductivité σ de chaque solution, de la moins concentrée à la plus concentrée, à la même température. Compléter le tableau. **[REA]**

Les 5 béchers étant occupés par les étalons, mesurer S_d en dernier : vider et rincer le bécher de S_1, puis le rincer avec un peu de S_d.

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_d
c (10^{-3} mol·L^{-1})						?
σ (mS·cm^{-1})						

Température de mesure : …… °C

> ✋ **Appel n°2**
> Montrer la courbe d'étalonnage σ = f(c) avant de passer à l'exploitation.

C. Exploiter (≈ 25 min)

6. Tracer σ = f(c) (tableur ou Regressi) et modéliser par une droite passant par l'origine. Les résultats sont-ils en accord avec la loi de Kohlrausch ? Comparer le coefficient directeur k à λ(Na^+) + λ(Cl^-) (attention aux unités). **[REA]**

7. Déterminer la concentration c_d de la solution diluée, puis la concentration c du sérum, sa concentration en masse (g·L^{-1}) et sa teneur en g pour 100 mL. **[REA]**

D. Valider et conclure (≈ 15 min)

8. Calculer l'écart relatif entre la teneur trouvée et celle de l'étiquette. Le sérum est-il conforme ? (Critère : conforme si l'écart relatif est inférieur à 10 %.) **[VAL]**

9. Citer au moins deux sources d'incertitude de la méthode et proposer une amélioration. **[VAL]**

10. Rédiger, en 5 lignes maximum, la réponse destinée au pharmacien (résultat chiffré, unité, conclusion). **[COM]**

E. Pour aller plus loin

11. Les ions chlorure peuvent aussi être dosés par un titrage avec les ions argent. Comparer les avantages et les limites de cette méthode chimique et de la méthode physique utilisée.

12. Estimer, avec la loi de Kohlrausch, la conductivité du sérum non dilué. Si le conductimètre le permet, la mesurer et interpréter l'écart.

V. Grille d'évaluation

Compétence	Attendus	A	B	C	D
APP — S'approprier	Extraire et exploiter les informations des documents (Q1, Q2)				
ANA — Analyser	Justifier la dilution ; construire un protocole cohérent : dilution, gamme, ordre des mesures (Q3, Q4)				
REA — Réaliser	Manipuler avec soin ; tracer et exploiter la droite d'étalonnage (Q5 à Q7)				
VAL — Valider	Écart relatif, sources d'incertitude, conclusion argumentée (Q8, Q9)				
COM — Communiquer	Réponse au pharmacien ; unités et chiffres significatifs ; qualité de rédaction (Q10)				