

Du sel dans la pharmacie (Il faut sauver Alexis ...)

CONTEXTE DU SUJET



Alexis souffre d'une conjonctivite. Le médecin lui prescrit du sérum physiologique pour effectuer des lavages oculaires. En fouillant dans son armoire à pharmacie, Alexis trouve un flacon de sérum physiologique sur lequel figure une date de péremption : 08/2019.



Ce sérum est-il encore efficace ?

QUELQUES DOCUMENTS

Document 1 : Le sérum physiologique

Le sérum physiologique est une solution pharmaceutique utilisée pour nettoyer les yeux, le nez ... Elle contient de l'eau et du chlorure de sodium.

Le pourcentage en masse de chlorure de sodium (Na^+, Cl^-) est indiqué sur chaque flacon : 0,9 % c'est-à-dire que 100 g de sérum physiologique contiennent 0,9 g de chlorure de sodium.

Données : $M(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g.mol}^{-1}$; $\rho_{\text{sérum}} = 1,00 \text{ g.mL}^{-1}$.

SERUM PHYSIOLOGIQUE

Hygiène nasale et ophtalmologique quotidienne

Solution de chlorure de sodium à 0,9% fabriquée en conditions stériles

30 unidoses de 5 mL

Document 2 : Dosage par étalonnage conductimétrique

Le **dosage par étalonnage** est une méthode qui repose sur l'utilisation de **solutions étalons** (de différentes concentrations connues) et d'un conductimètre. En reportant sur un graphique les valeurs mesurées de σ en fonction des valeurs de la concentration, $\sigma = f(C)$ et en modélisant ces résultats par une relation mathématique adéquate on obtient **une courbe d'étalonnage**.

La courbe d'étalonnage ainsi obtenue permet de déterminer avec précision la **concentration inconnue** d'une solution à partir de la valeur de la conductivité mesurée pour cette solution.

Document 3 : Conductivité et loi de Kohlrausch

La conductivité σ d'une solution ionique traduit sa capacité à conduire le courant électrique. Elle s'exprime en Siemens par mètre (S.m^{-1}). σ dépend de la nature et de la concentration des ions présents.

Loi de Kohlrausch

Pour des solutions suffisamment diluées la conductivité σ d'une solution, s'écrit : $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$

$[X_i]$ concentration en mol.m^{-3} de chaque ion X_i et λ_i conductivité molaire de l'ion X_i en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$.

Exemple :

Dissolution de chlorure de sodium dans de l'eau : $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$

$\sigma = \lambda_{\text{Na}^+} [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{Cl}^-} [\text{Cl}^-] = C_{\text{NaCl}} \times (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-})$, avec $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = C_{\text{NaCl}}$. Cette expression fait apparaître une proportionnalité entre la conductivité σ et la concentration C_{NaCl} notée plus simplement :

$$\sigma = k \times C_{\text{NaCl}}$$

Document 4 : Utilisation d'un conductimètre

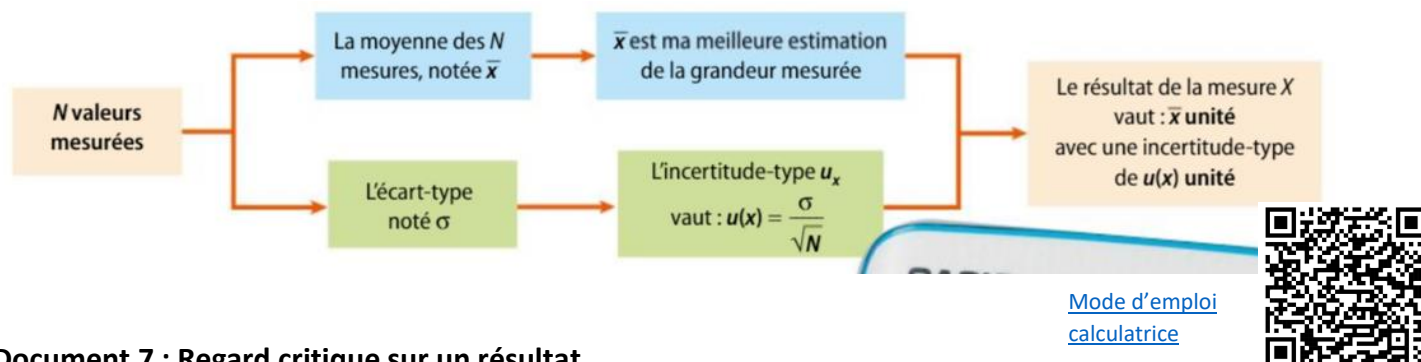
Lorsque l'on utilise un conductimètre, il faut respecter certaines règles :

- ✚ Laver la cellule de conductimétrie avec de l'eau distillée et essuyer la cellule
- ✚ Mesurer les conductivités des solutions par ordre croissant des concentrations

Document 5 : Matériel

- Bécher de 150 mL et fiole jaugée à 50 mL
- Pipettes jaugées à 5, 10 et 20 mL
- Solution mère S_0 de chlorure de sodium de concentration C_0 préparée par dissolution d'une masse $m = (1,461 \pm 0,001) \text{ g}$ de $\text{NaCl}_{(s)}$ ($M = (58,44 \pm 0,01) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) dans une fiole jaugée de volume $V_0 = (500,00 \pm 0,25) \text{ mL}$.
- Sonde conductimétrique + ordinateur

Document 6 : Incertitude de type A sur une série de mesures



Document 7 : Regard critique sur un résultat

Il arrive que l'on dispose d'une valeur de référence, par exemple une valeur théorique attendue, une indication du fabricant, etc ... La qualité de la mesure est évaluée à l'aide du z score:

$$Q = \frac{|x_{mes} - x_{ref}|}{U(x)}$$

[Capsule vidéo \(jusqu'à 2min45\)](#)

Si ce nombre est assez faible (typiquement en dessous de 2) la mesure est dite conforme à la valeur de référence. Sinon elle n'est pas conforme : il faut alors tenter d'expliquer pourquoi.



ANALYSER

La solution commerciale étant trop concentrée, le contrôle qualité sera réalisé sur la solution de sérum physiologique diluée 10 fois.

➔ Rédiger le protocole expérimental permettant de réaliser cette dilution.



➔ En vous appuyant sur les documents mis à disposition et à l'aide de vos connaissances, élaborer un protocole expérimental permettant de répondre à la problématique.

REALISER



- Calculer la concentration molaire C_0 de la solution mère S_0 .



Evaluation des incertitudes types

Ouvrir le programme « Co.py » qui permet de calculer l'**incertitude-type** de la concentration molaire de S_0 par la méthode de Monte-Carlo (méthode statistique)

- Renseigner les valeurs aux lignes 17, 18 et 19.
- Exécuter le programme. A partir de l'affichage de la console exprimer C_0 avec $u(C_0)$ en conservant le bon nombre de décimales. (on garde deux chiffres significatifs pour $u(C_0)$)

$$C_0 = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ mol.L}^{-1}$$



- Calculer C_{fille} pour les différentes solutions filles (remplir le tableau ci-dessous).
- Selon la même méthode que pour C_0 on peut déterminer l'incertitude-type pour chaque solution de la gamme étalon. Ouvrir le programme « Cf.py ». A l'aide du programme compléter le tableau ci-dessous (excepté la dernière ligne).

Attention : Exécuter le programme autant de fois qu'il y a de solutions filles en prenant soin de compléter au préalable les pointillés (**lignes 28, 31, 32, 33, 36 et 37** du script).

Solution étalon	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Facteur de dilution : $F = \frac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}}$					
$V_{\text{mère}}$ (mL)	5	10	15	20	25
V_{fille} (mL)	50	50	50	50	50
C_{fille} (mol.L ⁻¹)					
$u(C_{\text{fille}})$ (mol.L ⁻¹)					
σ (mS.cm ⁻¹)					



Mise en œuvre du protocole expérimental

- Mettre en œuvre le protocole expérimental. Compléter la dernière ligne du tableau précédent.
- Dans le fichier tableur fourni, entrer toutes les valeurs, modéliser la courbe d'étalonnage $\sigma = f(C)$ et indiquer l'équation de la droite obtenue. Imprimer la courbe



➔ La loi de Kohlrausch est-elle vérifiée ? Justifier

VALIDER

1. Mesurer la conductivité de l'échantillon de sérum physiologique dilué, $\sigma_{\text{dilué}}$ et déterminer par deux méthodes la concentration molaire de l'échantillon de sérum physiologique, celle-ci est notée $C_{\text{dilué}}$. (on attend un maximum de précision)



2. En déduire la concentration massique de la solution commerciale $C_{m,\text{exp}}$

3. Pour déterminer l'incertitude sur $C_{m,\text{exp}}$, mettre en commun et tous les résultats de la classe et exprimer $C_{m,\text{exp}}$ avec $u(C_{m,\text{exp}})$ en conservant le bon nombre de décimales

Groupe	1	2	3	4	5
$C_{m,\text{exp}}$ (g.L ⁻¹)					

$$C_{m,\text{exp}} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ mol.L}^{-1}$$



4. Calculer la concentration massique attendue $C_{m,\text{att}}$ (en g.L⁻¹) du sérum physiologique, calculer le Z score et conclure.

