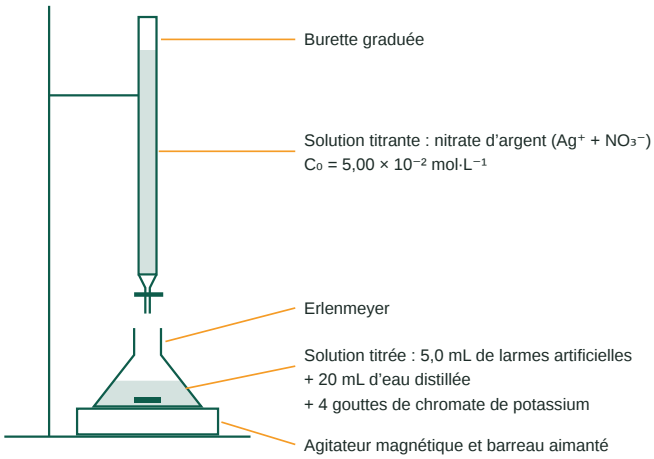
Spécialité : Le sel dans les larmes artificielles

Bac S 2011 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Faire un schéma légendé du dispositif de titrage en précisant toutes les solutions utilisées.

Le schéma comporte la burette graduée (solution titrante), l'erlenmeyer (solution titrée et indicateur) et l'agitateur magnétique avec son barreau aimanté.

Burette : nitrate d'argent $(Ag^+ + NO_3^-)$ à $C_0 = 5{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; erlenmeyer : 5,0 mL de larmes artificielles, 20 mL d'eau distillée et 4 gouttes de chromate de potassium.



1.1 · Dispositif de titrage des ions chlorure

PIÈGE
Un schéma sans le nom des solutions, ou sans la concentration de la solution titrante, ne répond pas à la question : « légendé » vaut pour la verrerie et pour le contenu.

COMPRENDRE
Ce titrage repose sur une réaction de précipitation : ce type de titrage n'est plus au programme actuel de spécialité. Le schéma, la notion d'équivalence et les calculs restent ceux de tout titrage.

1.2 Calculer la quantité de matière $n(Cl^-)$ d'ions chlorure présents dans une dose de 5,0 mL de larmes artificielles.

Données utiles $C_0 = 5{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 15{,}5\ \text{mL}$; $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) = AgCl(s)$

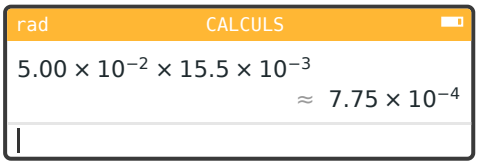
À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage (une mole de Ag^+ pour une mole de Cl^-) :

$$n(Cl^-) = n_E(Ag^+) = C_0\, V_E$$

$$n(Cl^-) = 5{,}00 \times 10^{-2} \times 15{,}5 \times 10^{-3}$$

$$n(Cl^-) = 7{,}75 \times 10^{-4}\ \text{mol}$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Diviser par un volume (5,0 mL ou 25 mL) : la question porte sur une quantité de matière, et toute la dose est dans l'erlenmeyer. L'eau distillée ajoutée ne change pas $n(Cl^-)$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_0 et V_E. Le volume de la dose (5,0 mL, deux chiffres) n'intervient pas dans ce calcul.

1.3 Calculer la masse $m(\mathrm{NaCl})$ de chlorure de sodium dissous contenu dans une dose de larmes artificielles et la comparer à celle indiquée sur l'étiquette.

Données utiles $n(\mathrm{Cl^-}) = 7{,}75 \times 10^{-4}$ mol (1.2) ; $M(\mathrm{Na}) = 23{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{Cl}) = 35{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; étiquette : 0,045 g

La dissolution $\mathrm{NaCl(s) = Na^+(aq) + Cl^-(aq)}$ est totale : $n(\mathrm{NaCl}) = n(\mathrm{Cl^-})$.

$M(\mathrm{NaCl}) = 23{,}0 + 35{,}5 = 58{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

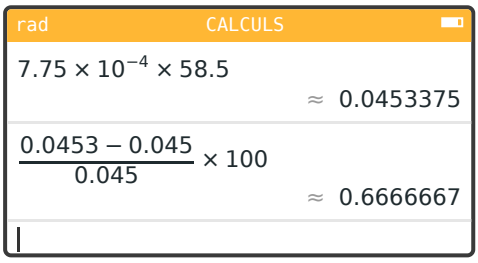
$m(\mathrm{NaCl}) = n(\mathrm{Cl^-}) \times M(\mathrm{NaCl}) = 7{,}75 \times 10^{-4} \times 58{,}5 = 4{,}53 \times 10^{-2}$ g

Écart relatif avec l'étiquette : $\dfrac{0{,}0453 - 0{,}045}{0{,}045} \approx 0{,}7\ \%$.

$m(\mathrm{NaCl}) = 4{,}53 \times 10^{-2}$ g, soit 0,045 g arrondi à deux chiffres : résultat en accord avec l'étiquette.

MÉTHODE
« Comparer » demande un argument chiffré : arrondir au même nombre de chiffres que la valeur de référence, ou calculer un écart relatif, puis conclure par une phrase.

À LA CALCULATRICE



2.1 Décrire le protocole détaillé permettant de préparer 50 mL de solution n° 1 à partir de la solution n° 5.

Données utiles $C_5 = 5{,}0\ \mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$; $C_1 = 1{,}0\ \mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$; $V_1 = 50$ mL

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $C_5\,V_5 = C_1\,V_1$, donc

$$V_5 = \frac{C_1\,V_1}{C_5} = \frac{1{,}0 \times 50}{5{,}0} = 10\ \mathrm{mL}$$

Protocole :

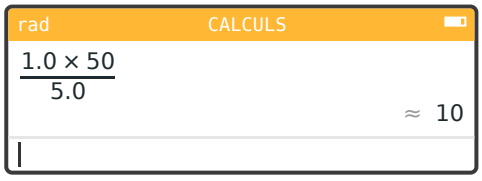
- verser un peu de solution n° 5 dans un bécher ;
- y prélever 10,0 mL avec une pipette jaugée de 10,0 mL munie d'une propipette ;
- les introduire dans une fiole jaugée de 50,0 mL ;
- ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher, agiter ;
- compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

On prélève $V_5 = 10$ mL de solution n° 5 (pipette jaugée) que l'on dilue dans une fiole jaugée de 50 mL.

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée (pipette et fiole) est assez précise pour préparer une solution étalon.

MÉTHODE
Facteur de dilution $F = C_5/C_1 = V_1/V_5 = 5$: le volume de la fiole vaut cinq fois celui de la pipette. Les concentrations peuvent rester en $\mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$ puisqu'on en fait le rapport.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Exprimer la conductivité σ d'une solution aqueuse de chlorure de sodium en fonction des concentrations et des conductivités molaires ioniques des espèces présentes.

Les ions présents en solution sont $\mathrm{Na^+}$ et $\mathrm{Cl^-}$. La relation $\sigma = \sum_i \lambda_i\,[X_i]$ donne :

$$\sigma = \lambda_{\mathrm{Na^+}}\,[\mathrm{Na^+}] + \lambda_{\mathrm{Cl^-}}\,[\mathrm{Cl^-}]$$

COMPRENDRE
Seuls les ions conduisent le courant : l'eau, molécule neutre, n'apparaît pas dans la somme. Les ions $\mathrm{H_3O^+}$ et $\mathrm{HO^-}$ de l'eau sont en quantité négligeable.

2.2.2 Sachant que la dissolution du chlorure de sodium est totale, montrer que l'expression précédente est en accord avec l'écriture $\sigma = k\,C$.

La dissolution $\mathrm{NaCl(s) = Na^+(aq) + Cl^-(aq)}$ étant totale, une mole de NaCl dissous donne une mole de chaque ion :

$$[\mathrm{Na^+}] = [\mathrm{Cl^-}] = C$$

Donc $\sigma = \lambda_{\mathrm{Na^+}}\,C + \lambda_{\mathrm{Cl^-}}\,C = (\lambda_{\mathrm{Na^+}} + \lambda_{\mathrm{Cl^-}})\,C$.

$\sigma = k\,C$ avec $k = \lambda_{\mathrm{Na^+}} + \lambda_{\mathrm{Cl^-}}$, constante à température donnée : σ est proportionnelle à C.

PIÈGE
S'arrêter à la factorisation sans dire que k est une constante : c'est ce qui justifie la proportionnalité, donc la droite passant par l'origine de la figure A6.

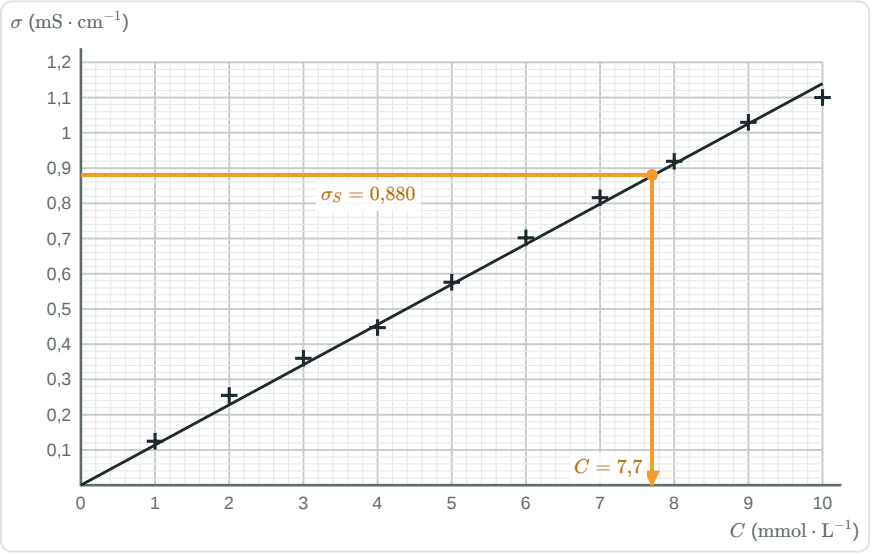
2.3 Déterminer la concentration molaire C en chlorure de sodium dans la solution diluée S.

Données utiles $\sigma_S = 0{,}880\ \mathrm{mS \cdot cm^{-1}}$; figure A6 de l'annexe

Sur la figure A6, on trace la droite passant par l'origine et au plus près des points expérimentaux.

On repère $\sigma_S = 0{,}880\ \mathrm{mS \cdot cm^{-1}}$ en ordonnée, on rejoint la droite puis on lit l'abscisse du point obtenu.

$C = 7{,}7\ \mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$

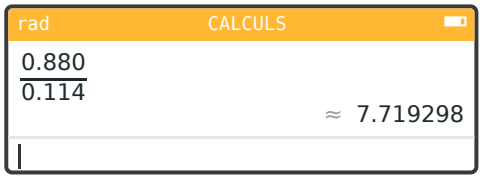


2.3 · Figure A6 complétée : droite d'étalonnage et lecture pour la solution S

PIÈGE
Relier les points un à un, ou lire C sur le point expérimental le plus proche : c'est la droite modèle qui sert à la lecture. Laisser les traits de construction sur l'annexe rendue.

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne ici deux chiffres significatifs. Vérification : la droite passe par $(10\,;1{,}14)$, donc $k = 0{,}114\ \mathrm{mS \cdot cm^{-1} \cdot L \cdot mmol^{-1}}$ et $C = \sigma_S / k$.

À LA CALCULATRICE



2.4 Calculer la masse $m(\mathrm{NaCl})$ de chlorure de sodium dissous dans une dose de larmes artificielles et la comparer à celle indiquée sur l'étiquette.

Données utiles $C = 7{,}7\ \mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$ (2.3) ; dilution d'un facteur 20 ; $V = 5{,}0$ mL ; $M(\mathrm{NaCl}) = 58{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; étiquette : 0,045 g

Les larmes ont été diluées 20 fois : leur concentration est $C_L = 20\,C = 20 \times 7{,}7 \times 10^{-3} = 0{,}154\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Dans une dose de volume $V = 5{,}0$ mL :

$$m(\mathrm{NaCl}) = C_L\,V\,M(\mathrm{NaCl}) = 0{,}154 \times 5{,}0 \times 10^{-3} \times 58{,}5$$

$m(\mathrm{NaCl}) = 4{,}5 \times 10^{-2}$ g : valeur identique à celle de l'étiquette (0,045 g).

PIÈGE
Oublier le facteur 20 (on trouve alors 2,3 mg) ou laisser C en $\mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$ et V en mL : pour une masse en grammes, il faut des $\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et des litres.

COMPRENDRE
Les deux méthodes (titrage et étalonnage) redonnent la masse annoncée : la composition indiquée par le fabricant est vérifiée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$20 \times 7.7 \times 10^{-3}$

≈ 0.154

$0.154 \times 5.0 \times 10^{-3} \times 58.5$

≈ 0.045045

2.5 Pourquoi a-t-on mesuré la conductivité d'une solution de larmes diluée par un facteur 20 et non par un facteur 10 ?

Données utiles $C_L = 0{,}154\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (2.4) ; solutions étalons de 1,0 à 10,0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

Diluées 10 fois, les larmes auraient une concentration $\frac{C_L}{10} = 15{,}4\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, supérieure à celle de la solution étalon la plus concentrée ($10{,}0\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$).

Le point serait hors du domaine étudié, où rien ne garantit que la relation $\sigma = k\,C$, valable pour des solutions diluées, s'applique encore.

Avec un facteur 20, $C = 7{,}7\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ se situe dans la gamme d'étalonnage ; avec un facteur 10, la concentration ($15{,}4\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) en sortirait.

MÉTHODE

Dans un dosage par étalonnage, la grandeur mesurée pour l'échantillon doit tomber entre celles des étalons extrêmes : on choisit le facteur de dilution pour cela, on n'extrapole pas la droite.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.154}{10} \times 1000$

≈ 15.4