Eau de Quinton

Bac 2025 Métropole Jour 2 · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Proposer un protocole pour préparer 100,0 mL d'eau de Quinton isotonique à partir de l'eau commerciale, en nommant la verrerie et ses volumes.

Données utiles dilution 5 fois ; volume à préparer $V_f = 100{,}0$ mL

Diluer 5 fois : le volume d'eau commerciale à prélever est $V_0 = \dfrac{V_f}{5} = \dfrac{100{,}0}{5} = 20{,}0$ mL.

- Verser un peu d'eau de Quinton commerciale dans un bécher.
- En prélever $20{,}0$ mL avec une pipette jaugée de $20{,}0$ mL munie d'une propipette.
- Les introduire dans une fiole jaugée de $100{,}0$ mL.
- Ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher, agiter.
- Compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher, homogénéiser.

Pipette jaugée de $20{,}0$ mL et fiole jaugée de $100{,}0$ mL.

PIÈGE
Prélever avec une éprouvette graduée ou préparer la solution dans un bécher : seule la verrerie jaugée garantit les volumes au dixième de millilitre annoncés par l'énoncé.

MÉTHODE
Facteur de dilution $F = \dfrac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{fille}}} = \dfrac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}}$: le volume à prélever est le volume final divisé par F.

Q2 Vérifier le caractère isotonique de la solution ainsi préparée.

Données utiles eau de mer bretonne : $C_m = 19{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ en ions chlorure ; $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; sang : entre 100 et 110 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

L'eau commerciale est une eau de mer bretonne. Sa concentration en quantité de matière en ions chlorure est :

$$C_0 = \frac{C_m}{M(\text{Cl})} = \frac{19{,}4}{35{,}5} = 0{,}546\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

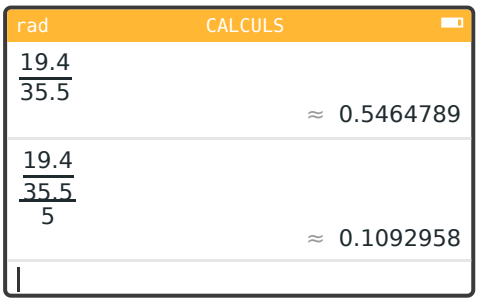
Après une dilution d'un facteur 5 : $C = \dfrac{C_0}{5} = \dfrac{0{,}546}{5} = 0{,}109\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, soit $109\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$100 < 109 < 110\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: la solution préparée est bien **isotonique**.

PIÈGE
Comparer directement des $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ à des $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Il faut d'abord diviser par la masse molaire, puis convertir les moles en millimoles.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme $19{,}4$ et $35{,}5$. L'eau commerciale, à $546\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, dépasse largement 110 : elle est bien hypertonique, comme l'annonce l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



Q3 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation mise en jeu au cours du titrage.

Les ions argent versés réagissent avec les ions chlorure pour former un précipité ; la transformation est totale.

$$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl}(\text{s})$$

PIÈGE
Faire figurer Na^+ ou NO_3^- dans l'équation : ce sont des ions spectateurs. Ne pas oublier les états physiques, ni la flèche simple d'une transformation totale.

Q4 Identifier, en justifiant, les espèces A, B, C et D parmi Na^+, Cl^-, NO_3^- et Ag^+.

Données utiles figure 2 : concentrations simulées en fonction du volume de solution titrante versé

- **A** : sa concentration décroît puis reste nulle après l'équivalence. C'est le réactif titré, consommé peu à peu : Cl^-.
- **B** : sa concentration est nulle avant l'équivalence puis augmente. C'est le réactif titrant, entièrement consommé tant qu'il reste des ions chlorure, puis en excès : Ag^+.
- **C** : sa concentration augmente dès le début, tout au long du titrage. C'est l'ion spectateur apporté par la burette : NO_3^-.
- **D** : sa concentration reste constante. C'est l'ion spectateur présent dès le départ dans le bécher : Na^+.

A : Cl^- ; B : Ag^+ ; C : NO_3^- ; D : Na^+

COMPRENDRE
La concentration de Na^+ reste constante parce que la simulation néglige la dilution : le volume du mélange est supposé ne pas changer.

MÉTHODE
Pour chaque ion d'un titrage, se poser deux questions : est-il dans le bécher ou dans la burette ? Réagit-il ou est-il spectateur ? Les quatre réponses donnent les quatre allures possibles.

Q5 Donner l'expression de la ligne 15 du programme Python calculant le volume à l'équivalence V_E en fonction de C_1, C_2 et V_1.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation (Q3), ici une mole pour une mole : $n(Ag^+)_{versé} = n(Cl^-)_{initial}$, soit $C_2 \times V_E = C_1 \times V_1$, donc $V_E = \dfrac{C_1 \times V_1}{C_2}$.

Ligne 15 : `V_E = C_1 * V_1 / C_2`

PIÈGE
Écrire la relation avec les notations mathématiques. On attend une ligne de Python : les noms de variables du programme (avec le tiret bas) et l'opérateur $*$ pour la multiplication.

Q6 En utilisant les résultats de la simulation de la figure 2, expliquer l'évolution de la conductivité mesurée au cours du dosage.

Données utiles $\lambda(Cl^-) = 7{,}63 \times 10^{-3}$; $\lambda(Ag^+) = 6{,}19 \times 10^{-3}$; $\lambda(NO_3^-) = 7{,}14 \times 10^{-3}$; $\lambda(Na^+) = 5{,}01 \times 10^{-3}$, en $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

Loi de Kohlrausch : $\sigma = \lambda(Na^+)[Na^+] + \lambda(Cl^-)[Cl^-] + \lambda(NO_3^-)[NO_3^-] + \lambda(Ag^+)[Ag^+]$.

Avant l'équivalence : $[Na^+]$ est constante et $[Ag^+]$ nulle. Chaque ion Cl^- consommé est remplacé par un ion NO_3^-, un peu moins conducteur ($7{,}14 \times 10^{-3} < 7{,}63 \times 10^{-3}$) : σ diminue faiblement.

Après l'équivalence : il n'y a plus d'ions Cl^-. Les ions Ag^+ et NO_3^- versés ne sont plus consommés et s'accumulent, $[Na^+]$ restant constante : σ augmente nettement.

σ décroît lentement jusqu'à l'équivalence, puis croît fortement : la rupture de pente repère l'équivalence.

PIÈGE
Dire seulement « des ions disparaissent donc σ diminue ». Il faut citer l'ion qui remplace Cl^- et comparer les deux conductivités molaires ioniques.

COMPRENDRE
Les pentes se comparent : avant, σ varie comme $\lambda(NO_3^-) - \lambda(Cl^-)$, faible et négatif ; après, comme $\lambda(Ag^+) + \lambda(NO_3^-)$, grand et positif. D'où la seconde droite bien plus pentue.

Q7 Exploiter les résultats expérimentaux pour déterminer la concentration en masse C_{Quinton} des ions chlorure dans l'eau de Quinton.

Données utiles $V_1 = 10{,}0$ mL ; $C_2 = 3{,}00 \times 10^{-1}$ mol · L^{-1} ; $M(\text{Cl}) = 35{,}5$ g · mol^{-1} ; figure A1 de l'annexe

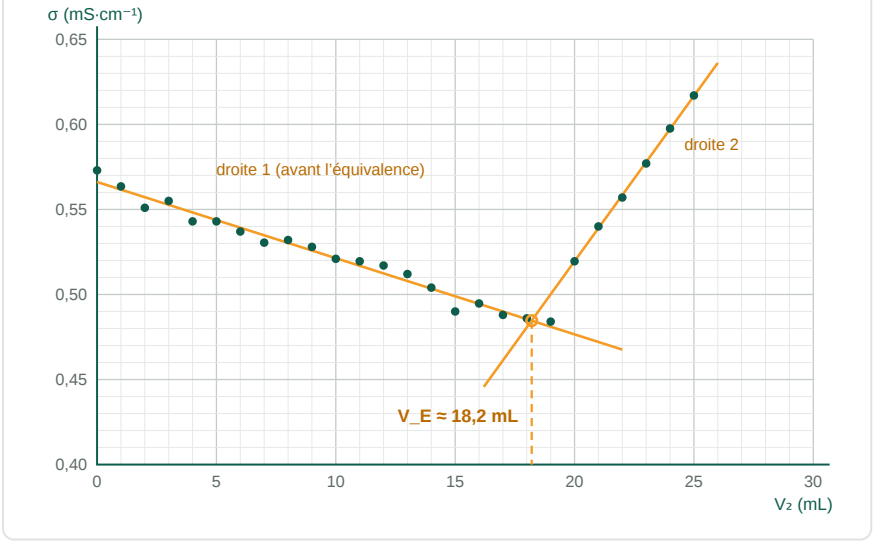
Sur la figure A1, on trace une droite moyenne pour chacune des deux portions. Leur point d'intersection donne le volume équivalent : $V_E \approx 18{,}2$ mL.

À l'équivalence, $n(\text{Cl}^-)_{\text{initial}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}}$. En notant C la concentration en quantité de matière des ions chlorure dans l'eau de Quinton, $C \times V_1 = C_2 \times V_E$, donc :

$$C = \frac{C_2 \times V_E}{V_1} = \frac{3{,}00 \times 10^{-1} \times 18{,}2}{10{,}0} = 0{,}546 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration en masse : $C_{\text{Quinton}} = C \times M(\text{Cl}) = 0{,}546 \times 35{,}5$

$$\boxed{C_{\text{Quinton}} = 19{,}4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}$$



Q7 · Figure A1 de l'annexe complétée : les deux droites tracées se coupent à l'équivalence

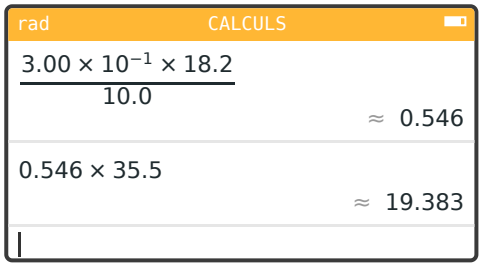
PIÈGE

Utiliser 210 mL comme volume titré. L'eau distillée ajoutée ne change pas la quantité d'ions chlorure : c'est $V_1 = 10{,}0$ mL qui intervient. Les deux volumes restent en mL, leur rapport est sans unité.

COMPRENDRE

La lecture dépend un peu du tracé : toute valeur entre $18{,}0$ et $18{,}5$ mL convient. Avec $V_E = 18{,}0$ mL, on obtient $19{,}2$ g · L^{-1} et la conclusion de la question suivante est la même.

À LA CALCULATRICE



Q8 Vérifier si la concentration trouvée est en accord avec la concentration en ions chlorure de l'eau de mer bretonne.

Données utiles $C_{\text{Quinton}} = 19{,}38\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et $V_E = 18{,}2$ mL (Q7) ; $u(V_E) = 0{,}5$ mL ; $u(V_1) = 0{,}02$ mL ; $u(C_2) = 2\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $C_{\text{réf}} = 19{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

Incertitude-type $u = u(C_{\text{Quinton}})$:

$$u = 19{,}38 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}02}{10{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5}{18{,}2}\right)^2 + \left(\frac{2\times10^{-3}}{3{,}00\times10^{-1}}\right)^2} = 0{,}55\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

Arrondie par excès à un chiffre significatif : $u(C_{\text{Quinton}}) = 0{,}6\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Quotient : $\dfrac{|C_{\text{Quinton}} - C_{\text{réf}}|}{u(C_{\text{Quinton}})} = \dfrac{|19{,}38 - 19{,}4|}{0{,}6} \approx 0{,}03$

Le quotient, voisin de $0{,}03$, est très inférieur à 2 : la concentration mesurée est **en accord** avec celle de l'eau de mer bretonne.

PIÈGE

Conclure en comparant seulement les deux valeurs « à l'œil ». L'énoncé fournit le quotient : il faut le calculer et le comparer à 2. Une incertitude se donne avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès.

COMPRENDRE

Le critère usuel : un quotient inférieur à 2 signifie que l'écart à la référence s'explique par l'incertitude de la mesure. Ici, le terme $\dfrac{u(V_E)}{V_E}$ domine : c'est la lecture du volume équivalent qui limite la précision.

À LA CALCULATRICE

