Qualité des eaux souterraines sur le littoral

Bac 2022 Nouvelle-Calédonie Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

A.1 Citer la concentration minimale en masse c_m en ion chlorure à partir de laquelle l'eau souterraine est considérée comme contaminée par l'eau de mer et non potable.

D'après le tableau, l'eau reste potable jusqu'à $200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; dans la classe suivante (200 à 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) elle ne peut plus servir à produire de l'eau potable et la teneur n'est plus naturelle.

$$c_m = 200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$$

PIÈGE
Répondre $500\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$: c'est le seuil de la contamination « importante », alors que l'eau cesse d'être potable dès la classe précédente.

A.2.1 Déterminer la concentration en quantité de matière $[\text{Cl}^-]$ des ions chlorure apportés par le chlorure de magnésium dans l'eau de mer.

Données utiles $\text{MgCl}_2\,(\text{s}) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}\,(\text{aq}) + 2\,\text{Cl}^-\,(\text{aq})$; $c = 4{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

D'après l'équation de dissolution, une mole de MgCl_2 dissoute libère deux moles d'ions Cl^- : $n(\text{Cl}^-) = 2\,n(\text{MgCl}_2)$. En divisant par le volume V de solution :

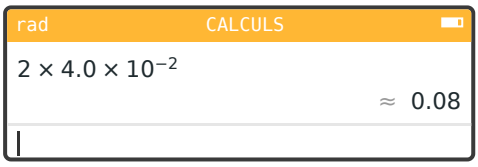
$$[\text{Cl}^-] = 2\,c = 2\times4{,}0\times10^{-2}$$

$$[\text{Cl}^-] = 8{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

PIÈGE
Écrire $[\text{Cl}^-] = c$ ou $c/2$: le nombre stœchiométrique 2 est devant Cl^-, il y a donc deux fois plus d'ions chlorure que de soluté apporté.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c : le coefficient 2 de l'équation est un nombre exact, il ne limite pas la précision.

À LA CALCULATRICE



A.2.2 Déterminer la concentration totale en masse en ions chlorure dans la mer Méditerranée.

Données utiles $[\text{Cl}^-] = 8{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (A.2.1) ; $M(\text{Cl}^-) = 35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; apport de NaCl : $c_m = 16{,}5\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

Concentration en masse des ions chlorure venant de MgCl_2 :

$$c_{m,\text{MgCl}_2} = [\text{Cl}^-]\times M(\text{Cl}^-) = 8{,}0\times10^{-2}\times35{,}5 = 2{,}8\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

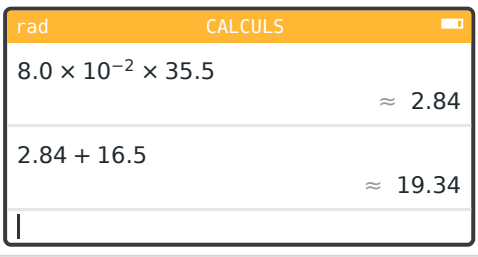
Les deux apports s'ajoutent : $c_{m,\text{tot}} = c_{m,\text{MgCl}_2} + c_{m,\text{NaCl}} = 2{,}8 + 16{,}5$

$$c_{m,\text{tot}} = 19{,}3\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

PIÈGE
Utiliser la masse molaire de MgCl_2 ou de NaCl : on cherche la masse d'ions chlorure, pas celle du sel dissous.

MÉTHODE
Passer d'une concentration en quantité de matière à une concentration en masse : $c_m = c\times M$, avec la masse molaire de l'espèce dont on parle, ici l'ion chlorure seul.

À LA CALCULATRICE



B.1 Identifier, parmi les courbes I, II et III de la figure 2, celle qui représente l'évolution de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de nitrate d'argent versé. Justifier.

Données utiles en $\mathrm{S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$: $\lambda_{Cl^-} = 76{,}3 \times 10^{-4}$; $\lambda_{Ag^+} = 71{,}4 \times 10^{-4}$; $\lambda_{NO_3^-} = 61{,}9 \times 10^{-4}$

La conductivité dépend des ions présents : $\sigma = \sum \lambda_i \, [X_i]$.

Avant l'équivalence ($V < V_E$) : les ions Ag^+ versés sont aussitôt consommés ; chaque ion Cl^- qui précipite est remplacé par un ion spectateur NO_3^-. Comme $\lambda_{NO_3^-} < \lambda_{Cl^-}$, σ diminue.

Après l'équivalence ($V > V_E$) : il n'y a plus d'ions Cl^- ; les ions Ag^+ et NO_3^- versés s'accumulent, donc σ augmente nettement.

La courbe cherchée décroît jusqu'à $V_E = 13{,}0\ \mathrm{mL}$, puis croît.

C'est la courbe **III**.

PIÈGE
Oublier l'ion spectateur NO_3^- : sans lui, impossible d'expliquer pourquoi la baisse est lente avant l'équivalence, ni de trancher entre les courbes.

COMPRENDRE
Les autres ions de l'eau douce ne réagissent pas : ils ajoutent un terme constant à σ sans modifier le sens de variation. La dilution est négligée.

MÉTHODE
Pour chaque domaine, lister les ions dont la concentration varie, puis comparer les conductivités molaires ioniques de ceux qui apparaissent et de ceux qui disparaissent.

B.2 Le volume versé à l'équivalence est $V_E = 13{,}0\ \mathrm{mL}$. En déduire si l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

Données utiles prélèvement $V_A = 50{,}0\ \mathrm{mL}$; solution titrante $c_B = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $M(Cl^-) = 35{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; seuil $200\ \mathrm{mg \cdot L^{-1}}$ (A.1)

Réaction support : $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$n(Cl^-)_{\text{initial}} = n(Ag^+)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad c_A\,V_A = c_B\,V_E$$

$$c_A = \frac{c_B\,V_E}{V_A} = \frac{1{,}00 \times 10^{-2} \times 13{,}0}{50{,}0} = 2{,}60 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

Concentration en masse : $c_m = c_A \times M(Cl^-) = 2{,}60 \times 10^{-3} \times 35{,}5 = 9{,}23 \times 10^{-2}\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$

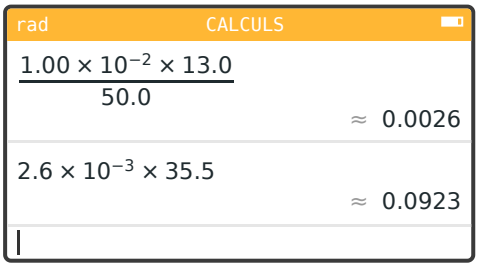
Cette valeur est comprise entre 50 et 200 $\mathrm{mg \cdot L^{-1}}$: concentration dite « naturelle ».

$c_m = 92{,}3\ \mathrm{mg \cdot L^{-1}} < 200\ \mathrm{mg \cdot L^{-1}}$: l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'eau potable.

PIÈGE
Comparer au seuil sans convertir : le calcul donne des $\mathrm{g \cdot L^{-1}}$, le tableau est en $\mathrm{mg \cdot L^{-1}}$. Le rapport V_E/V_A ne demande aucune conversion si les deux volumes sont en mL.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (relation à l'équivalence, concentration en quantité de matière, concentration en masse, comparaison au tableau) et terminer par une phrase qui répond à la question posée.

À LA CALCULATRICE



C.1 À l'aide de la figure 4, identifier en justifiant les espèces chimiques A, B et C dont les quantités de matière nA, nB et nC sont calculées par le programme.

- nA diminue dès le début et s'annule à $V_E = 13\ \text{mL}$: c'est le réactif titré, consommé peu à peu. A est l'ion Cl^-.
- nB est nulle jusqu'à l'équivalence puis augmente : c'est le réactif titrant, limitant avant V_E, en excès après. B est l'ion Ag^+.
- nC augmente jusqu'à l'équivalence puis reste constante : c'est le produit, qui ne se forme plus quand Cl^- est épuisé. C est AgCl.

A : $\text{Cl}^-\,(\text{aq})$; B : $\text{Ag}^+\,(\text{aq})$; C : $\text{AgCl}\,(\text{s})$

COMPRENDRE
La valeur initiale de nA, $0{,}13\ \text{mmol}$, est bien $c_A V_A = 2{,}60 \times 10^{-3} \times 50$: le graphique est cohérent avec le titrage de la partie B.

C.2 Compléter la ligne 15 du programme Python pour qu'il calcule la concentration en quantité de matière en ions chlorure.

La relation à l'équivalence établie en B.2, $c_A = \dfrac{c_B\, V_E}{V_A}$, s'écrit avec les variables définies aux lignes 10 à 12 :

```
cA = cB*VE/vA
```

PIÈGE
Python distingue majuscules et minuscules. Le volume est saisi sous le nom `vA` à la ligne 11 : écrire `VA` à la ligne 15 provoquerait une erreur, la variable n'étant pas définie.

COMPRENDRE
Le sujet n'est pas cohérent : les lignes 21, 29 et 30 utilisent `VA`, jamais défini. Pour que le programme s'exécute, il faudrait le même nom partout.