

A. L'eau salée de la mer Méditerranée

A.1. Citer la valeur de la concentration minimale en masse c_m en ion chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ à partir de laquelle on peut considérer que l'eau souterraine est contaminée par une intrusion d'eau de mer la rendant non potable.

Le tableau montre que lorsque la concentration en masse en ions chlorure est comprise entre 200 et 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, l'eau ne peut plus être utilisée pour la production d'eau potable.

La concentration en masse minimale en ion chlorure à partir de laquelle on peut considérer que l'eau souterraine est contaminée est donc $c_m = 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

A.2.1. Sachant que la concentration en quantité de matière de chlorure de magnésium $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$ dans l'eau de mer vaut $c = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, déterminer la concentration en quantité de matière en ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ apportés par $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$, notée $[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]$.

L'équation $\text{MgCl}_{2(\text{s})} \rightarrow \text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ montre que 1 mole de MgCl_2 forme 2 moles d'ions Cl^- soit $\frac{n(\text{MgCl}_2)}{1} = \frac{n(\text{Cl}^-)}{2}$.

Donc $\frac{c \times V}{1} = \frac{[\text{Cl}^-] \times V}{2}$ en notant V le volume de l'échantillon d'eau de mer.

Par conséquent : $[\text{Cl}^-] = 2c$

soit $[\text{Cl}^-] = 2 \times 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

A.2.2. La concentration en masse en ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ apportés par le chlorure de sodium $\text{NaCl}_{(\text{s})}$ dans l'eau a pour valeur $c_m = 16,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Déterminer alors la concentration totale en masse en ions chlorure dans la mer Méditerranée.

La concentration en masse en ions chlorure apportée par $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$ est :

$$c_m(\text{MgCl}_2) = [\text{Cl}^-] \times M(\text{Cl}^-)$$

$$\begin{array}{r} 8.0 \times 10^{-2} \times 35.5 \\ 16.5 + 2.8 \\ \hline 19.3 \end{array}$$

soit $c_m(\text{MgCl}_2) = 8,0 \times 10^{-2} \times 35,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 2,8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

La concentration en masse totale en ions chlorure dans la mer Méditerranée est alors :

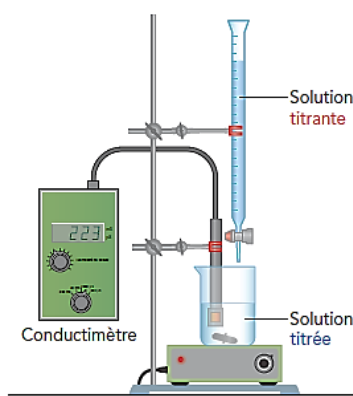
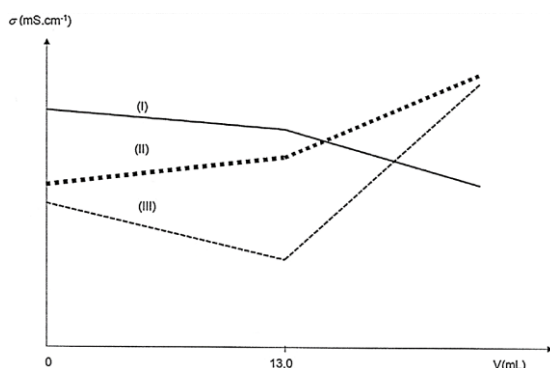
$$c_m(\text{MgCl}_2) + c_m(\text{NaCl}) = 2,8 + 16,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 19,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}.$$

B. Titrage des ions chlorure de l'eau douce des eaux souterraines

B.1. Identifier, parmi les trois courbes I, II et III proposées sur le graphique de la figure 2 suivante, celle qui représente l'évolution simulée de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent versé. Justifier votre réponse.

Le réactif titrant est l'ion $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$.

Le réactif titré est l'ion $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.



Nitrate d'argent
 $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$
 $c_1 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
 V_E en mL

Eau douce contenant
des ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$
 $c_2 = ? \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
 $V_2 = 50,0 \text{ mL}$

Avant l'équivalence	Après l'équivalence
<u>Ions présents dans le bécher :</u> Ions chlorure Cl^- . Ions nitrate NO_3^- spectateurs. Autres ions dans l'eau douce. <u>Évolution des concentrations :</u> $[\text{Cl}^-]$ diminue car les ions chlorure sont consommés. $[\text{NO}_3^-]$ augmente car les ions nitrate sont apportés et spectateurs. [Autres ions] constante. <u>Conductivité :</u> $\sigma = \lambda_{\text{Cl}^-} \times [\text{Cl}^-] + \lambda_{\text{NO}_3^-} \times [\text{NO}_3^-] + \sigma_{\text{autres ions}}$ $\searrow \quad \searrow \quad \nearrow \quad =$ Or NO_3^- est moins conducteur que Cl^- car $\lambda_{\text{NO}_3^-} < \lambda_{\text{Cl}^-}$. La conductivité σ diminue avant l'équivalence.	<u>Ions présents dans le bécher :</u> Ions argent Ag^+ . Ions nitrate NO_3^- spectateurs. Autres ions dans l'eau douce. <u>Évolution des concentrations :</u> $[\text{Ag}^+]$ augmente car Ag^+ est en excès et n'est plus consommé $[\text{NO}_3^-]$ augmente car les ions nitrate sont encore apportés et spectateurs. [Autres ions] constante. <u>Conductivité :</u> $\sigma = \lambda_{\text{Ag}^+} \times [\text{Ag}^+] + \lambda_{\text{NO}_3^-} \times [\text{NO}_3^-] + \sigma_{\text{autres ions}}$ $\nearrow \nearrow \quad \nearrow \quad \nearrow \quad =$ La conductivité σ augmente fortement après l'équivalence.

Seule la **courbe III (---)** correspond à l'évolution de la conductivité décrite dans le tableau.

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

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

L'équation de la réaction support du titrage est : $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(\text{s})}$.

À l'équivalence du titrage, on réalise un mélange stœchiométrique des réactifs titrant et titré soit :

$$\frac{n_2(\text{Cl}^-)}{1} = \frac{n_E(\text{Ag}^+)}{1}$$

$$\frac{c_2 \times V_2}{1} = \frac{c_1 \times V_E}{1}$$

donc $c_2 = \frac{c_1 \times V_E}{V_2}$.

$$c_2 = \frac{1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 13,0 \text{ mL}}{50,0 \text{ mL}} = 2,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

```

1.0E-2*13.0/50.0
Ans*35.5      .0026
               .0923

```

Concentration en masse en ions chlorure : $c_m = c_2 \times M(\text{Cl}^-)$

Soit $c_m = 2,6 \times 10^{-2} \times 35,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 9,2 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 92 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

$92 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ donc l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

C. Modélisation d'un titrage

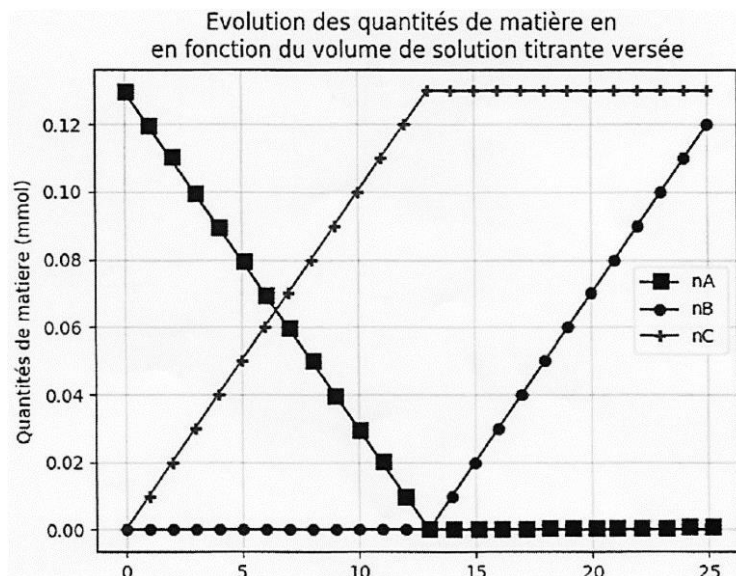
C.1. Les quantités de matière n_A , n_B et n_C , mentionnées et calculées aux lignes 21, 22, 23, 28, 29 et 30 du programme Python (figure 3) sont représentées sur la figure 4.

Grâce à cette dernière et avec justification, identifier les espèces chimiques A, B et C.

La quantité de matière n_A diminue avant l'équivalence et reste nulle après l'équivalence : n_A est donc la quantité d'ions chlorure Cl^- titrée.

La quantité de matière n_B est nulle avant l'équivalence et augmente après l'équivalence : n_B est donc la quantité d'ions argent Ag^+ .

La quantité de matière n_C augmente avant l'équivalence et reste constante après l'équivalence : n_C est donc la quantité de chlorure d'argent formé $AgCl$.



C.2. Compléter la ligne 15 du programme Python de la figure 3 afin qu'il calcule la concentration en quantité de matière en ions chlorure.

La réponse à la question B.2. a montré que $c_2 = \frac{c_1 \times V_E}{V_2}$

soit en adaptant les notations : $C_A = \frac{C_B \times V_E}{V_A}$

Et avec les notations du programme $cA = (cB * VE) / vA$