

TS Spécialité	Chimie	Titration des ions chlorure par la méthode de Mohr	Exercice résolu
--------------------------	--------	---	--------------------

Enoncé

On se propose de déterminer, par la méthode de Mohr, la concentration en ions chlorure dans un prélèvement d'eau de la mer Méditerranée.

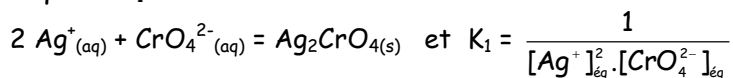
Dans un erlenmeyer, on mélange un volume $V = 45,0$ mL d'eau distillée avec un volume $V_1 = 5,00$ mL d'eau de mer. On ajoute quelques gouttes d'une solution jaune de chromate de potassium et on titre avec une solution incolore de nitrate d'argent de concentration $c_2 = 2,50 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹ en soluté apporté. Le milieu réactionnel prend une teinte rouge brique persistante correspondant à la formation d'un précipité de chromate d'argent pour un volume versé $V_E = 11,0$ mL de solution de nitrate d'argent.

1. a) Ecrire l'équation (1) de précipitation du chromate d'argent $\text{Ag}_2\text{CrO}_{4(s)}$ et donner l'expression de la constante d'équilibre K_1 de cette réaction.
 b) Ecrire l'équation (2) de précipitation du chlorure d'argent $\text{AgCl}_{(s)}$ et donner l'expression de la constante d'équilibre K_2 de cette réaction.
 c) Sachant que $K_2 = 1,78 \times 10^{10}$, déterminer la concentration $[\text{Ag}^+]$ en ions argent dans une solution dont la concentration en ions chlorure est $[\text{Cl}^-] = 1,0 \times 10^{-6}$ mol.L⁻¹. En déduire que la réaction de précipitation du chlorure d'argent est presque totale.
 d) Déterminer le sens d'évolution spontanée de la réaction de précipitation du chromate d'argent quand la concentration en ions argent est celle calculée à la question précédente et si celle des ions chromate est $[\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}] = 1,00 \times 10^{-5}$ mol.L⁻¹ ($K_1 = 2,57 \times 10^{12}$).
 e) En déduire une justification au fait que l'apparition du précipité rouge brique indique la fin du titrage.

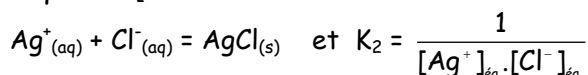
2. a) Faire la liste du matériel et des solutions nécessaires pour faire le titrage.
 b) Déterminer les concentrations molaire $c_1 = [\text{Cl}^-]$ et massique t en ions chlorure dans la solution initiale (masse atomique du chlore : $M = 35,5$ g.mol⁻¹).
 c) Une masse $m = 1,00$ t d'eau de mer de densité $d = 1,00$ contient une masse $m(\text{Cl}^-) = 20,4$ kg d'ions chlorure. A 5,00 % près, la valeur t trouvée à la question précédente est-elle cohérente avec cette dernière donnée ?

Corrigé

1. a) Ecrire l'équation (1) de précipitation du chromate d'argent $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$ et donner l'expression de la constante d'équilibre K_1 de cette réaction.



b) Ecrire l'équation (2) de précipitation du chlorure d'argent $\text{AgCl}(\text{s})$ et donner l'expression de la constante d'équilibre K_2 de cette réaction.



c) Sachant que $K_2 = 1,78 \times 10^{10}$, déterminer la concentration $[\text{Ag}^+]$ en ions argent dans une solution dont la concentration en ions chlorure est $[\text{Cl}^-] = 1,0 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$. En déduire que la réaction de précipitation du chlorure d'argent est presque totale.

$$K_2 = \frac{1}{[\text{Ag}^+]_{\text{éq}} \cdot [\text{Cl}^-]_{\text{éq}}} \Rightarrow [\text{Ag}^+]_{\text{éq}} = \frac{1}{K_2 \cdot [\text{Cl}^-]_{\text{éq}}}$$

$$\text{Soit : } [\text{Ag}^+]_{\text{éq}} = \frac{1}{1,78 \times 10^{10} \times 1,0 \times 10^{-6}} = 5,6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration en ions argent est très faible : presque tous les ions argent ont réagi et la réaction avec les ions chlorure est quasi-totale.

d) Déterminer le sens d'évolution spontané de la réaction de précipitation du chromate d'argent quand la concentration en ions argent est celle calculée à la question précédente et si celle des ions chromate est $[\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}] = 1,00 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ ($K_1 = 2,57 \times 10^{12}$).

$$Q_r = \frac{1}{[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]} \quad \text{soit :} \quad Q_r = \frac{1}{(5,6 \times 10^{-5})^2 \times 1,0 \times 10^{-5}} = 3,2 \times 10^{13}$$

$Q_r > K_1$: le système n'évolue pas dans le sens inverse de l'équation (1). Donc, tant qu'il reste des ions argent, les ions chromate ne réagissent pas avec ceux-ci.

e) En déduire une justification au fait que l'apparition du précipité rouge brique indique la fin du titrage.

Les ions argent réagissent avec les ions chromate quand il n'y a plus d'ions chlorure : le chromate d'argent (couleur rouge brique) n'apparaît donc qu'en fin de titrage (à l'équivalence).

2. a) Faire la liste du matériel et des solutions nécessaires pour faire le titrage.

Matériel : burette graduée de 25,0 mL - erlenmeyer - pipette jaugée de 5,00 mL - éprouvette graduée de 50 ou 100 mL - agitateur magnétique.

Solutions : eau distillée - eau de mer - solution de nitrate d'argent de concentration c_2 en soluté apporté - solution de chromate de potassium.

b) Déterminer les concentrations molaire $c_1 = [\text{Cl}^-]$ et massique t en ions chlorure dans la solution initiale (masse atomique du chlore : $M = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$).

A l'équivalence, la quantité d'ions argent apportée par le réactif titrant est égale à la quantité d'ions chlorure initialement présente dans le volume V_1 d'eau de mer : $n(\text{Ag}^+)_E = n(\text{Cl}^-)_i$

$$\Rightarrow c_2 \cdot V_E = c_1 \cdot V_1 \quad \text{et} \quad c_1 = \frac{c_2 \cdot V_E}{V_1} \quad \text{soit :} \quad c_1 = \frac{2,50 \times 10^{-1} \times 11,0}{5,00} = 5,50 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$t = c_1 \cdot M \quad \text{soit :} \quad t = 5,50 \times 10^{-1} \times 35,5 = 19,5 \text{ g.L}^{-1}$$