

I. OBJECTIFS :

- Déterminer la concentration molaire en ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ dans une eau minérale en utilisant la réaction de précipitation du chlorure d'argent.

II. PRINCIPE

- L'eau du robinet ainsi que les eaux minérales contiennent des espèces minérales dissoutes et notamment des ions chlorures $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$. La législation française fixe à 200 mg.L^{-1} la concentration massique maximale en ions chlorure d'une eau destinée à la consommation.

Il est donc important de savoir titrer les ions chlorure dans une eau.

- On dose une solution d'ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ de concentration C_1 à l'aide d'une solution d'ions $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$ de concentration C_2 connue en présence de chromate de potassium qui sert d'indicateur de fin de réaction.

1) Précipitation et complexation

Une réaction de précipitation est une réaction au cours de laquelle il se forme un précipité. Les réactifs sont liquides et le produit est solide ; les microcristaux qui se forment sont en suspension dans la solution.

Une réaction de complexation est une réaction au cours de laquelle il se forme un ion complexe : association de plusieurs édifices chimiques.

2) Compétition

- Lorsque deux précipités peuvent se former, c'est le moins soluble dans l'eau qui apparaît en premier.

- Lorsque deux ions complexes peuvent se former, c'est le plus stable qui apparaît en premier.

III. EXPERIENCES PRELIMINAIRES**1) Précipitation du chlorure d'argent**

- Introduire environ 1cm d'une solution de chlorure de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ dans un tube à essais, puis ajouter quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$.

a) Noter vos observations

b) écrire l'équation de la réaction

c) Donner l'expression de sa constante d'équilibre K .

2) Précipitation du chromate d'argent

- Introduire environ 1cm d'une solution de chromate de potassium $2 \text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ dans un tube à essais, puis ajouter quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$.

a) Noter vos observations.

b) Ecrire l'équation de la réaction en sachant qu'il se forme du chromate d'argent $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$

c) Donner l'expression de sa constante d'équilibre K' .

3) Précipitation préférentielle

- Préparer un tube à essais contenant 1 cm de solution de chromate de potassium $2\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ et 1cm de solution de chlorure de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.

- Ajouter goutte à goutte une solution de nitrate d'argent $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ jusqu'à l'apparition d'un précipité.

a) Quel est le premier précipité formé ?

b) Qu'observe-t-on si on continue à ajouter la solution de nitrate d'argent ?

Noter vos observations.

c) Lequel des deux précipités précédents est le moins soluble dans l'eau ?

IV. ELABORATION DU PROTOCOLE DE TITRAGE**1) Protocole expérimental**

- Rincer soigneusement la burette avec de l'eau distillée puis avec du nitrate d'argent.

- Remplir la burette de la solution de nitrate d'argent $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ de concentration $C_2 = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$.

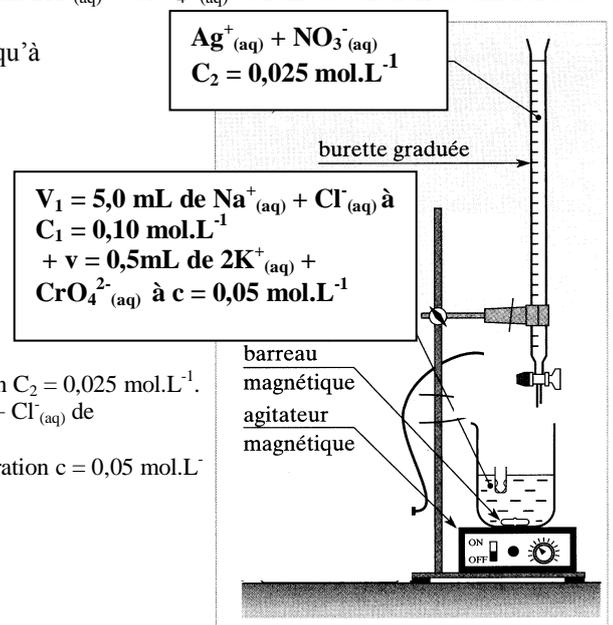
- Introduire dans un bécher $V_1 = 5,0 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ de concentration $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

- Ajouter $v = 0,5 \text{ mL}$ de solution chromate de potassium $2\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ de concentration $c = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$

- Ajoutez le nitrate d'argent : Dès qu'il n'y a plus d'ions $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$, le précipité rouge subsiste : On a atteint le point d'équivalence.

⚠ *Essayer de faire un dosage à la goutte près; Recommencer plusieurs fois si nécessaire.*

- Noter le volume V_2 de solution de nitrate d'argent $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ pour lequel le précipité rouge brique persiste.



2) Questions

- a) Calculer le nombre de moles d'ions chromate $n(\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}))$ que l'on a ajouté au départ
- b) Exprimer le volume total V_T en fonction de V_2 , V_1 et v
- c) Lorsque le précipité rouge apparaît, il y a encore tous les ions chromate en solution, on a donc fait une simple dilution. En sachant que pour une dilution, le nombre de moles reste constant, exprimer $n(\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}))$ en fonction de la concentration en ions chromate $[\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})]$ et du volume totale V_T .
- d) Calculer la concentration des ions chromate $[\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})]$ dans le bécher ?
- e) En utilisant la constante d'équilibre associée à la réaction de précipitation du chromate d'argent (**cf III. 2)c**) $K' = 6,3 \cdot 10^{11}$, déterminer la concentration en ions argent lorsque le précipité rouge apparaît.
- f) En déduire la concentration en ions chlorure $[\text{Cl}^-(\text{aq})]$ en utilisant la constante d'équilibre associée à la réaction de précipitation du chlorure d'argent $K = 5,0 \cdot 10^9$. (**cf III. 1)c**)
- d) Calculer la quantité de matière initiale d'ions chlorure $n_0(\text{Cl}^-(\text{aq}))$. On rappelle que l'on a introduit dans un bécher $V_1 = 5,0 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure de sodium $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ de concentration $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.
- e) Calculer la quantité de matière d'ions chlorure restante $n(\text{Cl}^-(\text{aq}))$ lorsque le précipité rouge de chromate d'argent apparaît.

Aide : Utiliser f) et le volume total

- f) Peut on dire que la réaction de précipitation est totale ? Justifier
- g) Justifier l'utilisation du chromate de potassium comme indicateur de fin de réaction.

V. TITRAGE DES IONS CHLORURE DANS UNE EAU MINERALE**1) Protocole expérimental**

- Verser dans un bécher $V'_1 = 20 \text{ mL}$ d'eau Vichy Saint Yorre (prélevée à la pipette jaugée) de concentration en ions chlorure C'_1 à déterminer.
- Ajouter dix gouttes de la solution chromate de potassium
- Doser avec le nitrate d'argent jusqu'au virage de la coloration jaune à une teinte rougeâtre. Noter le volume à l'équivalence V_{2E} .
- Effectuer un second dosage si nécessaire.

2) Questions

a) Ecrire la réaction de titrage. On rappelle que le chromate de potassium n'est qu'un indicateur de fin de réaction et qu'il n'intervient pas dans la réaction.

b) A l'équivalence, quelle est la relation entre C_1 , C_2 , V_1 et V_{2E} .

c) En déduire la valeur de la concentration en ions chlorure $[\text{Cl}^-(\text{aq})]$, puis la concentration massique t_m .

Données : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

d) Comparer les résultats avec l'indication de l'étiquette.

Calculer l'écart relatif :
$$P = \left| \frac{t_{\text{théo}} - t_m}{t_{\text{théo}}} \right| \cdot 100$$

Exercices

Exo résolu p 195 + exo p 196-198 n° 04-06 (+ le 07 si vous avez le temps)

MATERIEL AU BUREAU :

- Gants
- Lunettes de protection
- Marqueur
- 4 Bêchers de 250 mL

PRODUITS AU BUREAU :

- 1 L de solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$) à $0,025 \text{ mol L}^{-1}$
- 500 mL d'une solution de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) à $0,10 \text{ mol L}^{-1}$
- 500 mL de solution de chromate de potassium ($2\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) à $0,05 \text{ mol L}^{-1}$
- 1 L de Vichy St Yorre

MATERIEL PAR GROUPE :

- Des Tubes à essais
- 2 pipettes Pasteur en plastique
- 6 bêchers de 100 mL
- 1 Burette graduée
- 1 Agitateur magnétique + barreau magnétique
- 1 Pipette jaugée de 5 mL + pipeteur
- 1 pipette jaugée de 20 mL
- 1 pipette graduée de 2 mL

PRODUITS PAR GROUPE :