

**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  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  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  $C_2 = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$ .

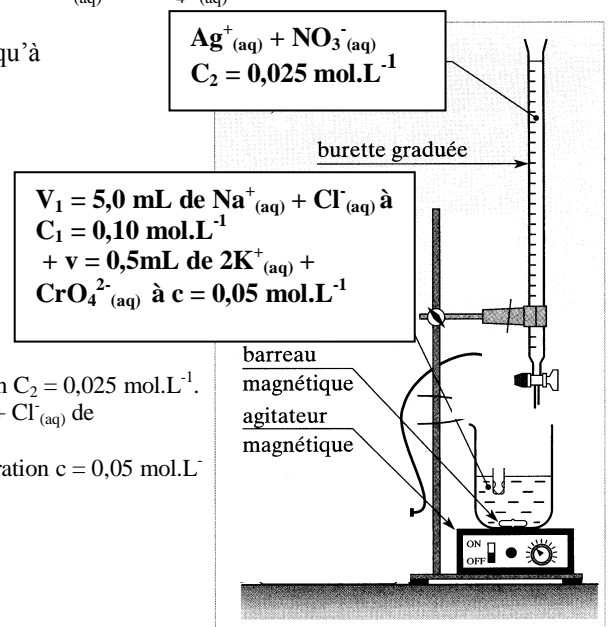
- Introduire dans un bécher  $V_1 = 5,0 \text{ mL}$  d'une solution de chlorure de sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  de concentration  $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

- 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 :**