

TP III: Titrage par précipitation. Méthode de MOHR

I. But du TP : Déterminer la teneur en ions chlorure de l'eau de robinet.

Méthode : C'est un dosage par précipitation en milieu neutre. On utilise une solution titrée de nitrate d'argent. L'indicateur de fin de réaction est une solution de chromate de potassium.

II. Mode opératoire : Préparer d'abord une solution étalon S_0 de chlorure de sodium de concentration précise - aux environs de $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ - qui servira à titrer la solution de nitrate d'argent S_1 par la méthode de Mohr. Puis, par la même méthode, la solution S_1 servira à doser l'eau de robinet.

a) préparer la solution S_0 :

- Calculer la masse à peser pour avoir 50 mL de solution.
- Peser une masse précise m , voisine ou égale à la masse calculée. Noter m .
- Fabriquer la solution.
- Calculer la concentration molaire C_0 de cette solution étalon avec 3 chiffres significatifs.

b) doser la solution de nitrate d'argent S_1 par la solution d'eau salée S_0 .

Burette : solution S_1 de nitrate d'argent à doser. $C_1 = ?$

Erlenmeyer : $E = 5 \text{ mL}$ de solution étalon de chlorure de sodium S_0 , $C_0 = \dots\dots\dots$

+ 1 mL de solution saturée de chromate de potassium à 50 g.L (pipette graduée). La solution prend une couleur jaune.

Verser la solution de nitrate d'argent tout en agitant jusqu'à formation du précipité de chromate d'argent (coloration rouge orangée persistante). Il faut effectuer le dosage assez rapidement. (2 essais précis).

c) dosage des ions Cl^- dans l'eau de robinet.

Burette : solution S_1 de nitrate d'argent étalonnée $C_1 = \dots\dots\dots$

Erlenmeyer : $E' = 25 \text{ mL}$ d'eau de robinet à doser $C_{\text{Cl}^-} = ?$

+ 2 ml de solution de chromate de potassium.

Même technique que précédemment.

Compte rendu.

-Donner les résultats expérimentaux et calculer la concentration des solutions.

-Calculer aussi le titre massique en Cl^- de l'eau de robinet. Comparer à l'indication de l'étiquette qui donne un résultat à 10 %.

Réponse aux questions

1) Equations chimiques

-Ecrivez les deux équilibres de solubilité puis donnez l'expression de chaque produit de solubilité :

a) chlorure d'argent

b) chromate d'argent.

2) prévisions des réactions : Quelle est la condition de précipitation?

Le mélange réactionnel initial du bécher = $\dots\dots\dots$, renferme des ions Cl^- et des ions CrO_4^{2-} - dont vous devez calculer la concentration initiale - et qui vont précipiter quand la concentration des ions Ag^+ dans le milieu atteindra une certaine valeur .

-Calculez la concentration de Ag^+ - notée $[\text{Ag}^+]_i$ - qui fait précipiter :

- a) les ions Cl^- ($K_{s,\text{AgCl}} = 1,6 \cdot 10^{-10}$) b) les ions CrO_4^{2-} ($K_{s,\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-12}$)

-Quel est le précipité qui va se former en premier ? (pourquoi ?)

3) Concentration des ions chlorures restant en solution au moment de l'équivalence. Ce calcul doit vous permettre de constater que la quantité de chlorure qui n'a pas disparu dans le dosage sous forme de solide AgCl est très faible.

Calcul préliminaire de $[\text{CrO}_4^{2-}]$ dû à la dilution du milieu réactionnel : $V = \dots\dots\dots$

Il se forme le précipité de chromate d'argent. Quelle est alors la concentration en Ag^+ dans cette solution saturée :

$$[\text{Ag}^+] =$$

Comme la solution est aussi saturée en chlorure d'argent, vous pouvez aussi calculer la concentration des ions Cl^- restant $[\text{Cl}^-]_f$ dans la solution et la comparer à la valeur initiale $[\text{Cl}^-]_i$.

$$[\text{Cl}^-]_f =$$

$$[\text{Cl}^-]_i =$$

Conclusion.

SOLUTION

TP III. DOSAGE D'UNE EAU PAR LA METHODE DE MOHR. REACTION DE PRECIPITATION

1.PRINCIPE.

On dose une solution d'ions chlorure Cl^- de concentration molaire c_1 à l'aide d'une solution d'ions Ag^+ de concentration molaire c_2 connue, en présence d'une solution de chromate neutre de potassium servant d'indicateur de fin de réaction.

2.EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES

2.1 Première expérience. Dans un tube à essai, verser:

*1 mL d'une solution incolore de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

** quelques gouttes d'une solution incolore de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$).

Qu'observe-t-on ? On observe un précipité blanc de chlorure d'argent AgCl .

Un précipité est un solide peu soluble dans l'eau.

Ecrire l'équation de la réaction. $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} = \text{AgCl}_{(\text{s})}$

2.2 Deuxième expérience. Dans un tube à essais, verser 10 mL d'eau distillée, ajouter quelques gouttes d'une solution jaune de chromate de potassium ($2K^+_{(aq)} + CrO_4^{2-}_{(aq)}$). Introduire quelques gouttes de solution de nitrate d'argent.

Qu'observe-t-on ?

On observe un précipité rouge de chromate d'argent Ag_2CrO_4

Ecrire l'équation de la réaction. $2 Ag^+_{(aq)} + CrO_4^{2-}_{(aq)} = Ag_2CrO_4 (s)$

2.3 Troisième expérience. Dans un tube à essais, verser 1 mL de solution de chlorure de sodium, ajouter quelques gouttes de solution de chromate de potassium. Ajouter **progressivement** la solution de nitrate d'argent.

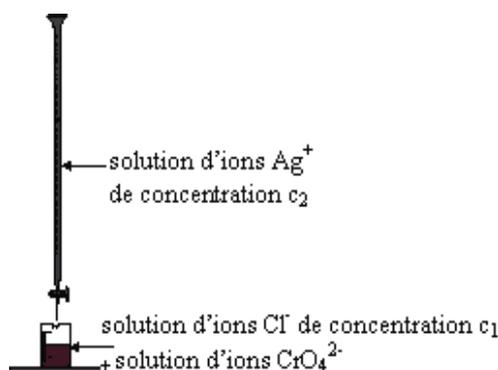
Qu'observe-t-on?

On observe d'abord un précipité blanc de chlorure d'argent (précipité coloré en jaune dû aux ions CrO_4^{2-}) puis un précipité rouge de chromate d'argent. *Interpréter.*

Quand 2 précipités peuvent se former, c'est le moins stable dans l'eau qui apparaît en premier : le chlorure d'argent $AgCl$ précipite avant le chromate d'argent Ag_2CrO_4 , donc $AgCl$ est moins soluble dans l'eau que Ag_2CrO_4 (c'est le phénomène de précipitation préférentielle).

3. DOSAGES

3.1 Principe du dosage. On veut titrer la concentration en ions chlorure d'une solution. On verse un peu de chromate neutre de potassium dans la solution, puis on dose en versant progressivement une solution titrée de nitrate d'argent.



Faites un schéma du dispositif employé pour le dosage.

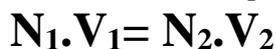
Qu'observera-t-on initialement ? (avant l'équivalence). Avant l'équivalence, les ions argent Ag^+ (réactif limitant) réagissent avec les ions chlorure Cl^- : au fur et à mesure que l'on verse des ions Ag^+ , il se forme du précipité $AgCl$ blanc.

Que se passe-t-il après l'équivalence ? Après l'équivalence, il ne reste plus d'ions Cl^- en solution ; les ions argent Ag^+ versés en excès réagissent avec les ions chromate CrO_4^{2-} : précipité Ag_2CrO_4 rouge.

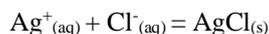
Quel est l'indicateur d'équivalence?, l'apparition de la coloration rouge persistante indique la fin du dosage des ions Cl^- : c'est l'équivalence.

On réalise un dosage direct par précipitation. Quels sont les critères auxquels doit répondre une réaction de précipitation pour qu'elle puisse être utilisée pour faire un dosage ?

Pour réaliser un dosage, une réaction doit être unique, totale et rapide. Dans ce cas on peut écrire .



3.2 Etude théorique. Ecrire l'équation de la réaction de dosage.



Déterminer la relation entre les concentrations molaires en ions chlorure Cl^- (c_1) et en ions Ag^+ (c_2) et les volumes des solutions d'ions chlorure Cl^- (V_1) et d'ions Ag^+ versés à l'équivalence (V_{2E}). A l'équivalence, $n_{(Ag^+)E} = n_{(Cl^-)}$, $c_2 \times V_{2E} = c_1 \times V_1$

3.3 Mode opératoire. Remplir la burette avec la solution de nitrate d'argent.

1) Dosage d'une eau salée de concentration c_1 connue. Verser 5 mL d'eau salée dans un bécher. Ajouter 1 mL de solution de chromate de potassium. Doser à l'aide de la solution de nitrate d'argent (faire un dosage rapide, puis un dosage précis). Noter le volume de solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence.

En déduire la concentration expérimentale en ions chlorure Cl^- ($c_{1,exp}$) et la comparer à c_1 .

$c_2 = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$, $V_1 = 5 \text{ mL}$, $V_{2E} = 20,2 \text{ mL}$

$$c_1 = \frac{c_2 \times V_{2E}}{V_1} = \frac{0,025 \times 20,2 \cdot 10^{-3}}{5,0 \cdot 10^{-3}} = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$$

Donc la concentration correspond à la concentration connue ($c_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$)

2) Dosage de l'eau du robinet . Verser 100 mL d'eau du robinet dans un erlenmeyer de 250 mL. Ajouter 2 à 3 mL de solution de chromate de potassium. Doser avec la solution de nitrate d'argent. Noter le volume de solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence. En déduire la concentration en ions chlorure Cl^- de l'eau du robinet.

$c_2 = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$, $V_1 = 100 \text{ mL}$, $V_{2E} = 1,2 \text{ mL}$.

$$c_1 = \frac{0,025 \times 1,2 \cdot 10^{-3}}{100,0 \cdot 10^{-3}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

3) Dosage d'une eau minérale. Verser 20 mL d'eau de Saida dans un bécher. Ajouter 1 mL de solution de chromate de potassium. Doser à l'aide de la solution de nitrate d'argent. Noter le volume de solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence. En déduire la concentration massique en ions chlorure Cl^- et la comparer à celle indiquée sur l'étiquette de la bouteille.

$c_2 = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$, $V_1 = 20 \text{ mL}$, $V_{2E} = 7,3 \text{ mL}$.

$$c_1 = \frac{0,025 \times 7,3 \cdot 10^{-3}}{20,0 \cdot 10^{-3}} = 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Or: $M(Cl^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$, donc la concentration massique:

$C_m = 9,1 \cdot 10^{-3} \times 35,5 = 3,2 \cdot 10^1 \text{ g.L}^{-1}$ sur l'étiquette, Cl^- : 322 mg.L^{-1} . La valeur trouvée par dosage correspond bien à la valeur indiquée par l'exploitant de l'eau minérale.