TP : Produit de solubilité

Matériel : pH-mètre et sonde pH-métrique, barreau aimanté et agitateur magnétique, burette de 25 mL, fiole jaugée de 100 mL, 2 pipettes jaugées de 5 mL, 2 béchers de 250 mL, 3 béchers de 100 mL, logiciel DOZZZAQUEUX, solution de $Cu(NO_3)_2$ à $10^{-1}\,mol\cdot L^{-1}$, solution de HNO_3 à $10^{-1}\,mol\cdot L^{-1}$, solution de NaOH à $10^{-1}\,mol\cdot L^{-1}$.

I. Principe du dosage

On souhaite déterminer le produit de solubilité K_s de l'hydroxyde de cuivre (II) de formule $Cu(OH)_{2(s)}$. Pour cela, on réalise le dosage d'une solution contenant un mélange d'ions hydronium $H^+_{(aq)}$ et d'ions cuivre $Cu^{2+}_{(aq)}$ par de la soude avec un suivi pH-métrique.

II. Étude expérimentale

On souhaite préparer un volume $V_1 = 100\,mL$ d'une solution contenant un mélange d'ions hydronium $H^+_{(aq)}$ à la concentration $C_1 = 5{,}0.10^{-3}\,mol\cdot L^{-1}$ et d'ions cuivre $Cu^{2+}_{(aq)}$ à la concentration $C_1 = 5{,}0.10^{-3}\,mol\cdot L^{-1}$. On dispose pour cela d'une solution d'acide nitrique HNO_3 et d'une solution de nitrate de cuivre (II) $Cu(NO_3)_2$ à la concentration $C_0 = 1{,}0.10^{-1}\,mol\cdot L^{-1}$.

1. Proposer un protocole expérimental permettant de réaliser cette solution.

ATTENTION ! Porter des gants pour manipuler les solutions d'acide nitrique et de soude.

- Appeler le professeur afin de confirmer votre protocole, puis réaliser la solution.

Nous allons réaliser deux fois le même dosage : le premier dosage sera « rapide » afin d'identifier les zones où le pH évolue fortement, et le second dosage sera « précis » afin de réaliser de nombreux points de mesure dans ces zones.

- Verser la solution préparée dans un bécher de 250 mL, puis ajouter un barreau aimanté qui permet d'agiter la solution à vitesse constante tout au long du dosage.

ATTENTION ! Les sondes pH-métriques doivent toujours être immergées dans l'eau pour éviter qu'elles se dessèchent, il ne faut donc pas les laisser à l'air libre. Il faut également penser à les rincer à l'eau distillée entre chaque série de mesures.

- Rincer la sonde du pH-mètre à l'eau distillée, puis l'immerger entièrement dans la solution.
- Remplir une burette avec une solution de soude NaOH à la concentration $C_b = 1{,}0.10^{-1}\,mol\cdot L^{-1}$.
- Réaliser le dosage « rapide » de la solution en mesurant l'évolution du pH en fonction du volume V_b de soude versé. On pourra réaliser une mesure tous les 2 mL de soude versés et jusqu'à 20 mL.
- Recommencer la préparation d'une nouvelle solution et réaliser cette fois le dosage « précis » en ajoutant la soude au goutte à goutte à proximité des deux zones où le pH évolue fortement. On notera également les changements d'aspect ou de couleur de la solution au cours du dosage.

III. Exploitation des résultats

- À l'aide d'un code Python, tracer l'évolution du pH en fonction du volume V_b versé pour le dosage « précis » uniquement.
- Imprimer la courbe, et la joindre à votre compte-rendu.

Les ions hydroxyde $HO^-_{(aq)}$ de la soude réagissent d'abord avec les ions $H^+_{(aq)}$, puis avec les ions $Cu^{2+}_{(aq)}$ de la solution.

2. Écrire les équations-bilans de ces deux réactions de dosage.

3. Relever les volumes équivalents $V_{éq,1}$ et $V_{éq,2}$ correspondant aux deux sauts de pH.

Il apparait un point anguleux sur la courbe à la fin du premier saut de pH. Celui-ci correspond à l'apparition du précipité $Cu(OH)_{2(s)}$ en solution, et il permet de déterminer la valeur de son produit de solubilité K_s.

4. Relever le pH correspondant au point anguleux sur votre courbe.

5. Rappeler la définition du produit de solubilité K_s, puis l'exprimer en fonction du pH au point anguleux.

6. Calculer le produit de solubilité K_s obtenu expérimentalement, puis le comparer à la valeur tabulée $pK_s = 19$.

IV. Utilisation d'un logiciel de simulation

Le logiciel `DOZZZAQUEUX` permet de réaliser la simulation d'un dosage.

- Réaliser la simulation du dosage effectué en traçant l'évolution du pH en fonction du volume versé afin de retrouver votre courbe expérimentale.
- Imprimer la courbe, et la joindre à votre compte-rendu.
- Tracer ensuite l'évolution des concentrations en ions en fonction du volume versé.

7. À l'aide de cette courbe, justifier que les ions $HO^-_{(aq)}$ réagissent d'abord avec les ions $H^+_{(aq)}$, puis avec les ions $Cu^{2+}_{(aq)}$.

- Réaliser une nouvelle simulation en remplaçant le nitrate de cuivre (II) par du nitrate d'argent $AgNO_3$.

8. Déterminer graphiquement le produit de solubilité K'_s de l'hydroxyde d'argent $AgOH_{(s)}$.