

TP1 : Titrage avec suivi pH-métrique

Le vinaigre contient de l'acide éthanoïque, de formule CH_3COOH . Cet acide est notamment utilisé pour le détartrage des robinets ou de certains appareils électroménagers.

Au laboratoire, on a retrouvé une bouteille de vinaigre portant l'indication « vinaigre à 8° ». Cette bouteille étant ancienne, on se demande si sa concentration est toujours la même.

Comment peut-on vérifier la concentration d'une solution, comme celle du vinaigre ?

Document 1 Le pourcentage massique ou titre massique

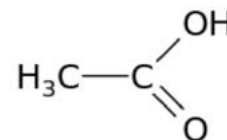
Le **titre massique** t d'une solution correspond à la **proportion de soluté** présente dans la solution. Il est défini comme le **rapport entre la masse de soluté** et la **masse totale de la solution** : $t = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}}$

Le titre massique est **sans unité**. On l'exprime souvent en **pourcentage** : $t(\%) = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} \times 100$

Exemple : Un sérum physiologique à 0,9 % de NaCl signifie qu'il contient 0,9 g de chlorure de sodium pour 100 g de solution.

Document 2 Vinaigre blanc

La molécule responsable de l'acidité du vinaigre blanc est l'acide éthanoïque. Le degré d'acidité d'un vinaigre est lié à son titre massique : un vinaigre à X° correspond à un vinaigre à X % d'acide éthanoïque (en masse).



Document 3 Données

Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,000 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

Masses molaires : $M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Densité : $d_{\text{vinaigre}} = 1,049$

Document 4 Protocole de titrage pH-métrique et conductimétrique

- A l'aide d'une pipette jaugée, prélever le volume V souhaité de solution à titrer et le verser dans un bécher de 150 mL.
- Ajouter 10 gouttes de l'indicateur coloré Rouge de Crésol dans le titré
- Remplir la burette de la solution titrante. Chasser l'air du robinet et ajuster le niveau de zéro.
- Plonger la sonde pH-métrique mps dans le bécher, puis ajouter le barreau aimanté.
- Mettre en route l'agitation magnétique et vérifier que la sonde ne touche pas le barreau aimanté pendant la rotation.
- Mesurer le pH initial du mélange réactionnel.
- Ajouter la solution titrante progressivement, millilitre par millilitre.
- À l'approche du volume d'équivalence, réduire le pas d'ajout à 0,5 mL afin d'améliorer la précision.
- relever à chaque ajout le pH et la conductivité.
- Tracer, à l'aide du logiciel Regressi, les courbes $\text{pH} = f(V)$, **en parallèle** des mesures expérimentales.

Étude préalable

1. Déterminer la concentration molaire théorique $c_{\text{théorique}}$ en acide éthanoïque du vinaigre commercial à 8°.
2. On souhaite préparer 50 mL d'une solution de vinaigre diluée de concentration molaire $c_A = 1,40 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à partir du vinaigre commercial. Quelles verreries faut-il utiliser pour réaliser cette dilution et quelles contenances choisir ?
3. Donner l'équation support du titrage à réaliser. Préciser les trois caractéristiques que doit vérifier une équation de support de titrage ?

4. Estimer le volume d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence V_{BE} , si le titrage est effectué sur un échantillon de volume $V_A = 10,0$ mL de vinaigre dilué.
5. Lors de la mise en place du titrage, on constate que 10,0 mL de solution dans le bécher ne suffisent pas à immerger correctement la sonde pH-métrique ou conductimétrique. Les élèves ajoutent alors de l'eau distillée dans le bécher. Cet ajout d'eau modifie-t-il le volume à l'équivalence V_{BE} ? Justifier.

Expérience

Réaliser simultanément le titrage ph-métrique d'une volume $V_A = 10,0$ mL de vinaigre dilué, en utilisant comme solution titrante une solution d'hydroxyde de sodium HO^- de concentration $c_B = 0,10$ mol. L^{-1}

Exploitation des données

Voir la vidéo : Regressi et titrage pH-métrique <https://www.youtube.com/watch?v=NiUULBcLf-0>

6. À l'aide de Regressi, déterminer le volume à l'équivalence V_{BE} pour le titrage pH-métrique par la méthode des tangentes puis par la méthode du maximum de la dérivée de pH.
7. En déduire la concentration du vinaigre dilué, puis celle du vinaigre commercial de départ.

Données d'incertitudes

- Incertitude sur la concentration de la solution titrante : $U(c_B) = 2 \times 10^{-2}$ mol. L^{-1} .
- Incertitudes sur les volumes mesurés $U(V) = 0,2$ mL.

L'incertitude $U(c)$ sur la concentration c_A est donnée par la relation : $\frac{U(c)}{c} = \sqrt{\left(\frac{U(V_{BE})}{V_{BE}}\right)^2 + \left(\frac{U(c_B)}{c_B}\right)^2 + \left(\frac{U(V_A)}{V_A}\right)^2}$.

8. Calculer $U(c)$.
9. Calculer le z-score $z = \frac{|c - c_{théorique}|}{U(c)}$. Commenter le résultat (cohérence ou non avec la valeur attendue).

Document 4 Exemples d'Indicateur coloré

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 – 4,4	Jaune
Bleu de bromotymol	Jaune	6,0 – 7,6	Bleu
Rouge de crésol	Jaune	7,2 – 8,8	Rouge - violet

10. Expliquer pourquoi l'indicateur coloré rouge de crésol est adapté à un titrage colorimétrique d'un vinaigre à 8°.