

TP1 : Titrage avec suivi pH-métrique et conductimétrique

Le vinaigre contient de l'acide éthanóique, 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

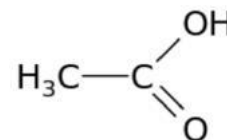
Le **titre massique** t d'une solution correspond à la **proportion de soluté** présente dans la solution. Il est défini comme le **rapport entre la masse de soluté** et la **masse totale de la solution** : $t = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}}$

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 éthanóique. 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 éthanóique (en masse).



Document 3 Données

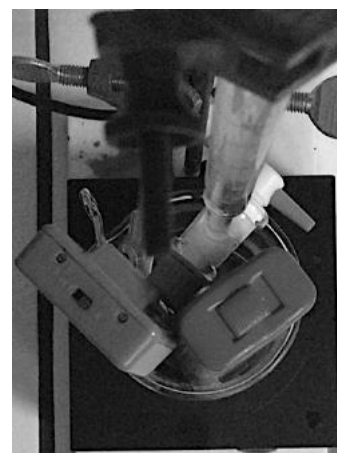
Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,000 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

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
- Remplir la burette de la solution titrante. Chasser l'air du robinet et ajuster le niveau de zéro.
- Plonger la sonde pH-métrique et la sonde conductimétrique en même temps dans le bécher, puis ajouter le barreau aimanté.
- Mettre en route l'agitation magnétique et vérifier que les sondes ne touchent pas le barreau aimanté pendant la rotation.
- Mesurer le pH initial et la conductivité initiale 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 $\text{pH} = f(V)$ et $\sigma = f(V)$, **en parallèle** des mesures expérimentales.



Étude préalable

1. Déterminer la concentration molaire théorique $c_{\text{théorique}}$ en acide éthanóique du vinaigre commercial à 8°.
2. On souhaite préparer 50 mL d'une solution de vinaigre diluée de concentration molaire $c_{\text{A}} = 1,40 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 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 et conductimétrique 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 $c_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$

Exploitation des données

Voir les vidéos :

- Regressi et titrage pH-métrique <https://www.youtube.com/watch?v=NiUULBcLf-0>
 - Regressi et titrage conductimétrique. <https://www.youtube.com/watch?v=DdiUfTaAQR0>
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. De la même manière, utiliser Regressi pour déterminer V_{BE} lors du titrage conductimétrique, à l'aide de la méthode des droites tangentes.
 8. 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 : $U(c_B) = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- Incertitudes sur les volumes mesurés $U(V) = 0,2 \text{ mL}$.

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

9. Calculer $U(c)$.
10. 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

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