

TP

TITRAGE DU VINAIGRE SUIVI PAR PH-MÉTRIE

Objectifs : vérifier le dosage d'une espèce chimique à l'aide d'un titrage



Problématique : Le vinaigre est une solution aqueuse contenant principalement de l'acide acétique (CH_3COOH), généralement titré à 8 %. Il est produit par la fermentation de l'éthanol et est couramment utilisé comme condiment, conservateur alimentaire, et pour ses propriétés nettoyantes et désinfectantes. On souhaite vérifier que le vinaigre utilisé est bien titré à 8 % en acide acétique, comme indiqué sur l'emballage.

Comment vérifier le titre d'une solution par un suivi pH-métrique ?



Données



- Masse volumique du vinaigre à 8 % : $1050 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Masse molaire de l'acide acétique : $60,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- Couples acide/base : $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) / \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ et $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) / \text{HO}^-(\text{aq})$.

Principe d'un titrage suivi par pH-métrie

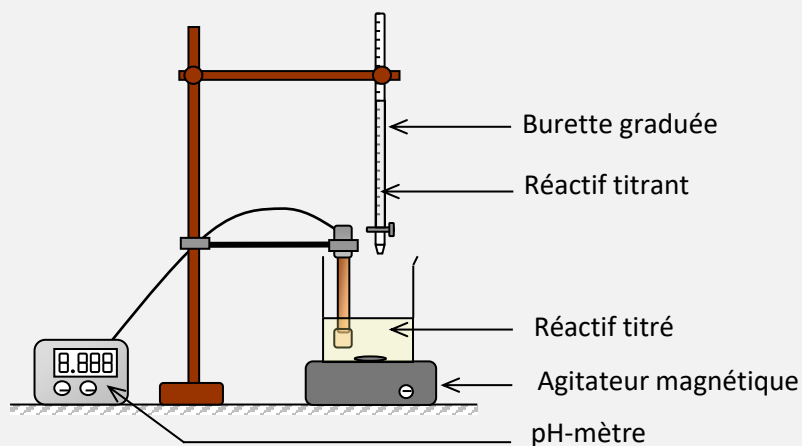


Le but d'un dosage est de déterminer la quantité de matière d'une espèce présente en solution.

Lors d'un dosage par titrage, ou titrage, une réaction chimique a lieu. Cette réaction doit être rapide, totale et unique (c'est-à-dire que seule cette réaction a lieu).

On appelle :

- réactif titré : l'espèce chimique dont la concentration ou la quantité est inconnue,
- réactif titrant : l'espèce chimique dont la concentration est connue.



La solution notée S_A , de concentration c_A en acide acétique, a été réalisée en diluant 20 fois la solution commerciale de vinaigre. L'expérience consiste alors à réaliser le titrage d'un volume $V_A = (20,0 \pm 0,1) \text{ mL}$ de solution S_A par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_B = (10 \pm 1) \text{ cmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

ANALYSER

Exploiter les données de l'énoncé

A B C D

1. Donner le nom de l'acide acétique en nomenclature systématique.
2. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

Protocole



- Démarrer LatisPro et activer la voie dédiée au pH-mètre ;
 - suivre les instructions d'étalonnage du pH-mètre (la stabilisation du pH peut parfois être longue) ;
 - dans les paramètres d'acquisition, sélectionner « Pas à pas » et cocher « Titrage » ;
 - réaliser le montage du titrage et faire vérifier par le professeur. **APPEL** 🙌
 - verser quelques gouttes de rouge de crésol dans le bécher ;
 - démarrer l'acquisition (touche F10 du clavier) ;
 - verser le volume de base V_B correspondant à la valeur affichée dans le logiciel, attendre que la valeur du pH se stabilise (c'est-à-dire lorsque la valeur du centième met plus d'une seconde à varier) puis valider. En parallèle, consigner sur sa feuille la valeur de V_B et la couleur du système ;
 - construire la représentation graphique du pH en fonction du volume de base versé, $\text{pH} = f(V_B)$;
- Dans une deuxième phase :
- réaliser un clic droit dans la zone du graphique et sélectionner « méthode des tangentes » ;
 - sélectionner le menu Traitements > Calculs spécifiques > Dérivée et tracer la dérivée du pH par rapport à V_B .

RÉALISER

Suivre un protocole

A B C D

3. Réaliser la première phase du protocole.

Équivalence d'un titrage



Soit A le réactif titré et B le réactif titrant. L'équation support du dosage est notée $a A + b B \rightarrow c C + d D$ où a, b, c et d sont les nombres stœchiométriques associés aux espèces chimiques A, B, C et D.

Au cours d'un titrage, le réactif titrant est versé jusqu'à ce que le réactif titré ait totalement réagi : l'équivalence est alors atteinte et le volume de réactif titrant introduit est noté V_E et appelé volume équivalent ou volume à l'équivalence. À l'équivalence, les quantités de matières introduites dans le système vérifient l'égalité suivante :

$$\frac{n_{\text{initiale}}(A)}{a} = \frac{n_{\text{versé à l'équivalence}}(B)}{b}$$

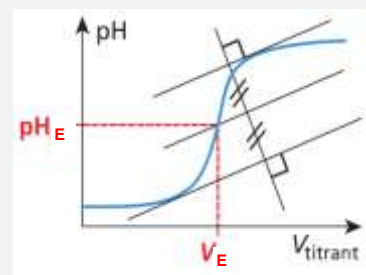
Suivi d'un titrage par pH-métrie



Le graphe $\text{pH} = f(V_B)$, représentant le pH de la solution en fonction du volume de solution titrante versé, fait apparaître une brusque variation du pH au point d'équivalence : on parle de saut de pH.

Deux méthodes permettent d'obtenir une valeur précise du volume à l'équivalence :

- la méthode des tangentes : on trace deux tangentes à la courbe, parallèles entre elles et placées de part et d'autre du saut de pH. La droite parallèle et équidistante à ces deux tangentes coupe la courbe de titrage au point équivalent E, d'abscisse V_E (voir ci-contre) ;
- la méthode de la dérivée : la courbe représentative de la dérivée du pH par rapport au volume de solution titrante $\frac{d\text{pH}(V)}{dV}$ présente un extremum dont l'abscisse est V_E .



4. Réaliser la deuxième phase du protocole.

ANALYSER

Exploiter des résultats expérimentaux

A B C D

5. Exploiter les courbes tracées et déterminer V_E .
6. Établir la relation entre la quantité n_A d'acide acétique présente initialement dans le système et la quantité n_E d'hydroxyde de sodium versée à l'équivalence. En déduire une relation entre c_A , V_A , c_B et V_E . Enfin, calculer c_A .
7. Calculer la concentration c_0 en acide acétique dans la solution commerciale. En déduire la concentration en masse c_{m0} .
8. Déterminer le titre massique t de la solution commerciale de vinaigre.

L'incertitude-type sur le titre massique d'acide, $u(t)$ s'exprime selon l'égalité suivante :

$$u(t) = t \cdot \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2} \text{ avec } u(V_E) = 0,03 \cdot V_E$$

VALIDER

Confronter une valeur de référence aux résultats expérimentaux

A B C D

9. Calculer $u(t)$.
10. Vérifier l'adéquation entre la valeur de référence du titre massique et sa valeur mesurée expérimentalement à l'aide du calcul du z-score $z = \left| \frac{t_{\text{exp}} - t_{\text{ref}}}{u(t)} \right|$.

Indicateurs colorés et zones de virage

Indicateur coloré	Héliantine	Rouge de crésol	Phénolphthaléine
Couleur de la forme acide	rouge	jaune orangé	incolore
Zone de virage	3,1 – 4,4	7,0 – 8,8	8,2 – 10,0
Couleur de la forme basique	jaune	Violet	rose violacé

11. Justifier le choix du rouge de crésol comme indicateur coloré pour ce titrage.

TP Titrage de l'aspirine suivi par pH-métrie – Éléments de correction

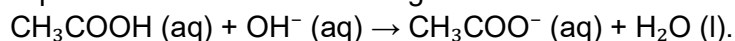
- Volume de la solution d'acide acétique (SA) : $V_a = 20,0 \text{ mL} \pm 0,1 \text{ mL}$
- Volume à l'équivalence : $V_e = 14,95 \text{ mL}$
- Concentration de la solution de soude : $C_b = 0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- Masse molaire de l'acide acétique : $M = 60,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Masse volumique du vinaigre : $\rho = 1050 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$
- Facteur de dilution : 20

1.

Nom systématique de l'acide acétique : Acide éthanoïque.

2.

Équation de la réaction de titrage :



5.

En utilisant les tangentes et la dérivée, on trouve $V_e = 14,95 \text{ mL}$

6.

À l'équivalence : $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{OH}^-) \Rightarrow c_a \cdot V_a = C_b \cdot V_e$

Calcul de la concentration en acide dans la solution diluée (SA) :

$$c_a = (C_b \times V_e) / V_a = (0,100 \times 0,01495) / 0,0200 = 0,07475 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Concentration dans la solution commerciale :

$$c_0 = 20 \times c_a = 1,495 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

7.

Concentration massique :

$$c_m = c_0 \times M = 1,495 \times 60,1 = 89,85 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$$

Titre massique :

$$t = (c_m / \rho) \times 100 = (89,85 / 1050) \times 100 = 8,56 \%$$

8.

Les incertitudes relatives sont :

$$u(C_b)/C_b = 0,10$$

$$u(V_e)/V_e = 0,03$$

$$u(V_a)/V_a = 0,005$$

$$u(t)/t = \sqrt{(0,10^2 + 0,03^2 + 0,005^2)} = 0,1046$$

$$u(t) = 0,1046 \times 8,56 = 0,90 \%$$

$$t = (8,56 \pm 0,90) \%$$

9/10.

Valeur de référence : $t_{ref} = 8,00 \%$

$$z = (t_{ref} - t_{mes}) / u(t) = (8,00 - 8,56) / 0,90 = -0,62$$

Comme $|z| < 3$, la valeur mesurée est compatible avec la valeur de référence.

La concentration de la solution commerciale de vinaigre est de :

$$- c_0 = 1,495 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$- \text{Titre massique} : t = (8,56 \pm 0,90) \%$$

Ce résultat est conforme à la valeur commerciale de 8 %.

11.

L'équivalence se fait autour d'un pH de 8,5, ce qui se trouve dans la zone de virage du rouge de crésol, entre 7,0 et 8,8.

