MADEMOISELLE PHYSIQUE · Terminale Spécialité Physique-Chimie

TP – Chapitre 3 : Méthodes chimiques d'analyse

Dosage conductimétrique de l'acide éthanoïque d'un vinaigre blanc

Nom : …… Prénom : …… Classe : …… Date : ……

Durée : 2 h

Objectifs

- Mettre en œuvre un titrage avec suivi conductimétrique.
- Utiliser **LatisPro** pour tracer σ = f(V) et modéliser les deux parties de la courbe.
- Exploiter l'équivalence pour déterminer une quantité de matière, une concentration, un titre massique.
- Évaluer l'incertitude du résultat et le comparer à la valeur du fabricant (z-score).

Sur la paillasse

- Pipettes jaugées de 10,0 mL et 20,0 mL ; poire à pipeter ; pipette plastique
- Fiole jaugée de 100,0 mL ; éprouvette graduée de 250 mL
- 2 béchers de 50 mL ; 1 bécher de 400 mL
- Burette graduée de 25 mL
- Vinaigre blanc à 4 ° ; solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration $C_B = 1{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1}
- Conductimètre et sa cellule ; agitateur magnétique et barreau aimanté
- Pissette d'eau distillée, gants, lunettes de protection
- Un ordinateur avec le logiciel **LatisPro**

Lors de cette séance, on détermine la concentration en acide éthanoïque (ou acide acétique) d'un vinaigre blanc à 4 °, on en déduit son degré d'acidité, puis on compare la valeur trouvée à celle indiquée par le fabricant.

Document 1 – L'acide éthanoïque, composant essentiel du vinaigre

• Le vinaigre est une solution contenant essentiellement de l'acide éthanoïque, à la concentration C_0 = 0,675 mol·L^{-1}.

• Le fabricant indique sur l'étiquette le **degré d'acidité** du vinaigre : c'est le pourcentage massique d'acide éthanoïque contenu dans 100 g de vinaigre.

Document 2 – Données

• Masse molaire de l'acide éthanoïque : M = 60,0 g·mol^{-1}. Densité du vinaigre : d = 1,01. Masse volumique de l'eau : ρ_0 = 1000 g·L^{-1}.

• Couples acide/base : $CH_3COOH_{(aq)}$ / $CH_3COO^-_{(aq)}$ et $H_2O_{(l)}$ / $HO^-_{(aq)}$.

• Conductivités molaires ioniques à 25 °C (mS·m^2·mol^{-1}) : λ(HO^-) = 19,8 ; λ(H_3O^+) = 35,0 ; λ(CH_3COO^-) = 4,1 ; λ(Na^+) = 5,0.

• Conductivité : σ = Σ $\lambda_i \cdot [X_i]$ (σ en S·m^{-1}, $[X_i]$ en mol·m^{-3}).

1 Protocole expérimental

Le vinaigre est **dilué 10 fois** : on prélève 10,0 mL de vinaigre à la pipette jaugée, que l'on place dans une fiole jaugée de 100,0 mL complétée avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On dose un volume V_A = 20,0 mL de cette solution diluée ; on note $C_{1,exp}$ sa concentration en acide éthanoïque.

1. À l'aide des documents et de vos connaissances, proposer un protocole pour doser par conductimétrie l'acide éthanoïque présent dans V_A = 20,0 mL de vinaigre dilué 10 fois.

2. Schématiser le montage expérimental (légender : burette, solution titrante, bécher, solution titrée, barreau aimanté, agitateur, conductimètre).

✋ **Appel 1** *Appeler le professeur pour lui présenter le protocole et le schéma du montage.*

2 Mise en œuvre et acquisition avec LatisPro

3. Mettre en œuvre le protocole en respectant les consignes suivantes.

- Dans un bécher de 400 mL, introduire avec précision V_A = 20,0 mL de vinaigre dilué 10 fois, puis ajouter 200 mL d'eau distillée.
- Rincer la burette à l'eau distillée, puis avec la solution de soude. La remplir, chasser les bulles d'air et ajuster au zéro.
- Essuyer la cellule du conductimètre avec du papier absorbant et la plonger dans la solution (le barreau aimanté ne doit pas la toucher).
- Mettre l'agitation en route, à vitesse modérée.
- Verser la soude **millilitre par millilitre** jusqu'à 22 mL et relever la conductivité σ après chaque ajout (attendre que la valeur se stabilise).

Traitement avec LatisPro (les intitulés de menus peuvent varier légèrement selon la version) :

- Ouvrir LatisPro et créer un tableau de données en **saisie manuelle** avec deux grandeurs : V (mL) et σ ($\mu S \cdot cm^{-1}$).
- Saisir les couples (V ; σ) mesurés ; en parallèle, les reporter dans le tableau ci-dessous.

- Dans la fenêtre graphique, placer V en abscisse et σ en ordonnée (points non reliés).
- Sélectionner la plage de points **avant** l'équivalence et faire une **modélisation affine** ; recommencer pour les points **après** l'équivalence.
- Relever les équations $\sigma = a_1 \cdot V + b_1$ et $\sigma = a_2 \cdot V + b_2$, puis déterminer l'abscisse de leur intersection (lecture sur le graphique ou résolution de $a_1V + b_1 = a_2V + b_2$).
- Imprimer ou enregistrer le graphique, nom du fichier : TP_dosage_NOM.

V (mL)	σ (µS·cm⁻¹)	V (mL)	σ (µS·cm⁻¹)
0		12	
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	
9		21	
10		22	
11			

Q4. Lire le volume équivalent à l'intersection des deux droites : V_E = …… mL.

✋ **Appel 2** *Appeler le professeur pour la validation du graphique et de la lecture de V_{E}.*

3 Résultats

5. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

6. Pourquoi les ions sodium Na^+ de la soude n'apparaissent-ils pas dans l'équation de la réaction ?

7. Quelles propriétés doit présenter une réaction chimique utilisée pour réaliser un titrage ?

8. Pourquoi la conductivité de la solution est-elle faible au début du titrage ?

9. Pourquoi la conductivité augmente-t-elle dès les premiers ajouts de soude ?

10. Indiquer, qualitativement, la composition du bécher (espèces ioniques majoritaires) avant l'équivalence, à l'équivalence et après l'équivalence.

11. En déduire l'expression de la conductivité σ de la solution dans chacun des trois cas, en fonction des concentrations molaires des ions.

12. Justifier l'allure de la courbe σ = f(V). Pourquoi a-t-on ajouté de l'eau distillée dans le bécher ?

13. Déterminer la concentration $C_{1,exp}$ en acide éthanoïque du vinaigre dilué, puis la concentration $C_{0,exp}$ du vinaigre commercial. Exprimer aussi $C_{0,exp}$ en $g \cdot L^{-1}$.

4 Questions supplémentaires

14. Déterminer le degré d'acidité du vinaigre dosé, c'est-à-dire le pourcentage massique d'acide éthanoïque dans 100 g de vinaigre.

Document 3 – Incertitude sur le degré d'acidité

On néglige l'incertitude liée à la préparation de la solution diluée. L'incertitude-type sur le degré d'acidité d vérifie :

$$u(d)/d = \sqrt{[\ (u(V_A)/V_A)^2 + (u(C_B)/C_B)^2 + (u(V_E)/V_E)^2 + (u(V_p)/V_p)^2 + (u(V_f)/V_f)^2\ ]}$$

avec V_A = 20,0 mL le volume dosé (pipette jaugée), C_B la concentration de la soude, V_E le volume équivalent, V_p = 10,0 mL le volume de vinaigre prélevé pour la dilution (pipette jaugée) et V_f = 100,0 mL le volume de la fiole jaugée.

• Pour la verrerie jaugée : u(V) = tolérance / √3. Tolérances : pipette de 20,0 mL : ±0,03 mL ; pipette de 10,0 mL : ±0,02 mL ; fiole de 100,0 mL : ±0,08 mL.

• On prendra $u(C_B)/C_B$ = 5 % et $u(V_E)$ = 0,2 mL.

15. Calculer l'incertitude-type u(d) sur le degré d'acidité.

16. Le résultat est-il en accord avec l'indication de l'étiquette (4,00 °) ? Utiliser le z-score.

17. Citer deux sources d'erreur possibles de ce TP et proposer une amélioration.