

TP27 : Titrage conductimétrique de l'acide acétique dans un vinaigre

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES TRAVAILLÉES :

- ▷ Exploiter la réaction support d'un titrage unique (recenser les espèces présentes dans le milieu au cours du titrage, repérer l'équivalence, justifier qualitativement l'allure de la courbe).
- ▷ Justifier le protocole d'un titrage à l'aide de données.
- ▷ Utiliser un appareil de mesure de conductance.
- ▷ Mettre en oeuvre un protocole expérimental correspondant à un titrage direct.
- ▷ Mettre en œuvre une réaction acide-base pour réaliser une analyse quantitative en solution aqueuse.
- ▷ Exploiter une courbe de titrage pour déterminer la concentration en espèce titrée.

MATÉRIEL :

Burette graduée (25mL × 1), pipette jaugée (10mL × 1), propipette, béchers (100mL × 2, 250mL × 1), vinaigre à 8°, solution d'hydroxyde de sodium à 0,10 mol·L⁻¹, conductimètre, dispositif d'agitation, ordinateur avec Python et les logiciels Logger Pro et Regressi

Bactéricide, antiseptique, économique, le vinaigre blanc a bien des avantages. On lui prête depuis longtemps des vertus médicinales, mais il est aussi très utile pour nettoyer. Il permet de détartrer, récurer, désodoriser, détacher, etc...

Tout produit ménager classique présente un risque d'ingestion ou de pollution ; le vinaigre blanc, quant à lui, ne présente aucun danger et est extrêmement efficace. C'est le parfait nettoyeur biologique.

Le vinaigre est une solution aqueuse d'acide éthanoïque CH₃COOH.

Sur l'étiquette de la bouteille, on peut lire son **degré d'acidité** ; il correspond à la masse, exprimée en gramme, d'acide éthanoïque pur contenu dans 100 g de vinaigre. La masse volumique du vinaigre est $\rho = 1,02 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Le degré d'acidité indiqué sur la bouteille de vinaigre blanc est de 8°.

PROBLÉMATIQUE :

L'indication de l'étiquette est-elle correcte ?

1 Documents mis à disposition

1.1 Conductivité et cellule de conductimétrie

Une solution ionique est un **électrolyte** : elle peut conduire l'électricité par migration d'ions en son sein.

Une **cellule de conductimétrie**, schématisée ci-dessous, permet de mesurer la **conductance**

$$G = \frac{I}{U}$$

de la portion d'électrolyte comprise entre les deux plaques de platine de la cellule.

La conductance s'exprime en siemens (S), avec $1\text{S} = 1\text{A}/\text{V} = 1\Omega^{-1}$. Elle a l'inconvénient de ne pas dépendre uniquement de la nature de l'électrolyte, mais également

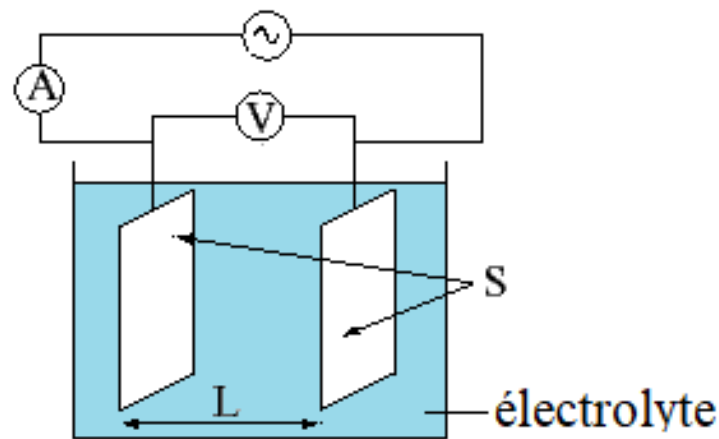


FIGURE 1 – Schéma de principe d'une cellule de conductimétrie

des paramètres géométriques que sont la distance L entre les plaques de la cellule de conductimétrie ainsi que de leur surface en regard S .

La **conductivité**, définie par

$$\sigma = \frac{GL}{S}$$

et exprimée en siemens par mètre (S/m), caractérise l'électrolyte.

Comme la cellule est indéformable, on peut calibrer le conductimètre pour qu'il affiche directement la conductivité de la solution contenue entre ses plaques.

1.2 Loi de Kohlrausch

La conductivité σ d'une solution ionique peu concentrée vérifie la **loi de Kohlrausch** :

$$\sigma = \sum_{i=1}^N \lambda_i [X_i],$$

où N est le nombre d'ions différents dans la solution, $[X_i]$ la concentration effective de l'ion X_i en $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ et λ_i la conductivité molaire ionique de cet ion en $\text{S}\cdot\text{m}^2$, qui est une grandeur qui mesure sa capacité à conduire le courant.

Les valeurs des **conductivités molaires ioniques** des ions sont tabulées.

Ion	H_3O^+	HO^-	Na^+	CH_3COO^-
λ ($\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$)	34,98	19,86	5,01	4,09

FIGURE 2 – Conductivités molaires ioniques de différents ions

1.3 Principe d'un titrage conductimétrique

Un **titrage conductimétrique** repose sur le même principe qu'un titrage pH-métrique par exemple, à ceci près que la grandeur physique dont on fait le suivi au cours du titrage afin de déterminer le volume à l'équivalence est la conductivité, mesurée à l'aide d'un conductimètre.

Cette méthode ne fonctionne que si les solutions titrantes et titrées contiennent des ions, et d'autant mieux que ces derniers ont des conductivités molaires ioniques différentes.

En remplaçant des ions par d'autres et en ajoutant de nouveaux ions, on modifie la conductivité au cours du titrage.

Typiquement, la courbe représentative de $\sigma = f(V)$, où V désigne le volume de solution titrante versé, est approximativement affine par morceaux. Les tangentes à la courbe avant et après l'équivalence se croisent en un point d'abscisse égale au volume à l'équivalence V_E .

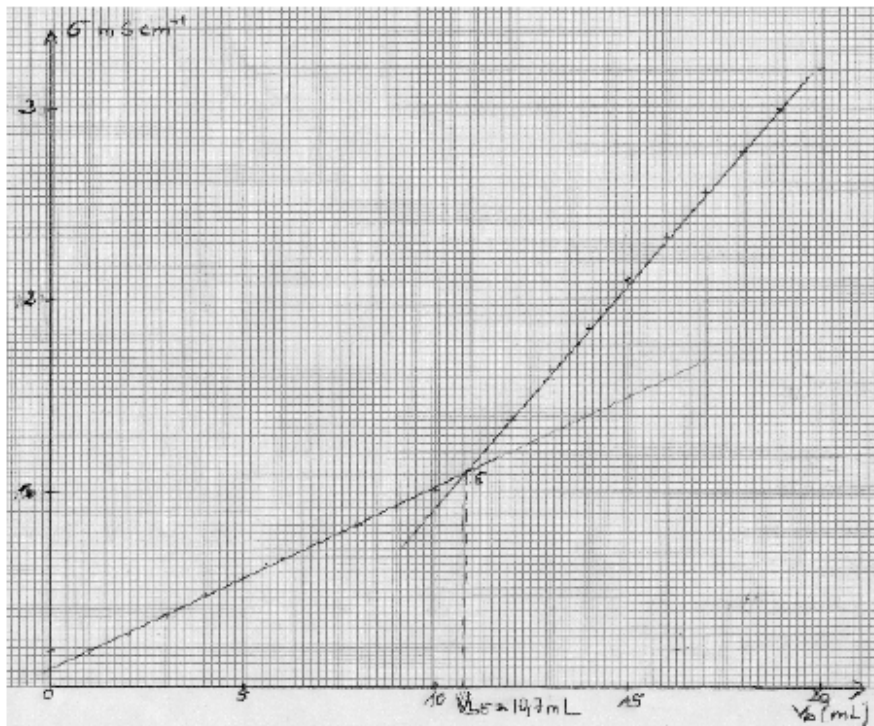


FIGURE 3 – Exemple de construction pour exploiter un titrage conductimétrique

1.4 Traitement et propagation des incertitudes

Concernant le volume V_A de solution prélevé, son incertitude est indiquée sur le matériel utilisé (sous l'hypothèse qu'il est utilisé correctement).

Concernant la solution d'hydroxyde de sodium, nous estimerons que l'incertitude relative sur sa concentration vaut 1%.

L'incertitude sur le volume à l'équivalence V_E provient de la lecture graphique et est à estimer par vos soins.

La valeur théorique de la concentration inconnue est de la forme $C_A = \frac{C_B V_E}{V_A}$.
L'incertitude sur C_A est donnée par la **formule de propagation des incertitudes** :

$$\frac{u(C_A)}{C_A} = \sqrt{\left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2}$$

2 Préparation et mise en œuvre du titrage

Q1. Proposer un protocole pour effectuer un titrage conductimétrique du vinaigre, en justifiant la possibilité de mettre en œuvre cette technique de titrage et en précisant l'équation support de la réaction de titrage. Le faire valider par l'enseignant.

Données : $pK_A(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,8$; $pK_e = 14,0$.

Q2. Calculer la concentration en acide acétique théorique du vinaigre en supposant qu'il respecte le cahier des charges. En déduire le volume de solution titrante qu'il faudrait verser pour atteindre l'équivalence pour un volume de prise d'essai de 10 mL de vinaigre. En quoi cela pose-t-il problème ? En déduire qu'une dilution d'un facteur 10 du vinaigre avant titrage permet a priori de résoudre le problème.

Q3. Décrire le protocole permettant de diluer le vinaigre d'un facteur 10 et le faire valider par l'enseignant.

Q4. Schématiser le montage du titrage conductimétrique, en précisant la nature de la solution titrante et de la solution titrée.

Protocole :

- ▷ Verser la solution titrante dans la burette et ajuster le zéro.
- ▷ Diluer le vinaigre d'un facteur 10 puis verser 10,0 mL de la solution diluée dans un grand bécher avec le matériel adapté.
- ▷ Ajouter de l'eau distillée jusqu'à atteindre un volume de solution titrée de 200 mL environ.
- ▷ Mettre en place le bécher contenant la solution titrée et le conductimètre, mettre en marche l'agitation magnétique.
- ▷ Verser la solution titrante dans la solution titrée par pas de 1 mL et mesurer à chaque étape la conductivité de la solution (attendre la stabilisation de la valeur). Remplir un tableau de valeurs.

Q5. Expliquer l'intérêt de l'ajout d'eau distillée dans la solution titrée, et pourquoi cela n'a pas d'impact sur la valeur du volume à l'équivalence.

3 Exploitation

Q6. Représenter graphiquement (sur un logiciel par exemple) la courbe $\sigma = f(V)$. En déduire la valeur du volume à l'équivalence V_E .

Q7. Expliquer qualitativement l'allure du graphique.

Q8. Exploiter les données expérimentales pour en déduire la concentration en quantité de matière d'acide acétique dans le vinaigre. Si le temps le permet, vous prendrez en compte les incertitudes.

Q9. Répondre à la problématique.