

# Transformations de la matière

## TP

### TP 19 : Dosage conductimétrique d'un mélange d'acides

**Matériel (par groupe) :** béchers de 50 mL et de 250 mL, pipette jaugée de 20 mL, le mélange d'acides, solution d'hydroxyde de sodium (ou soude,  $\text{Na}_{(\text{aq})}^+ + \text{HO}_{(\text{aq})}^-$ ,  $c_B = 0,1 \text{ mol/L}$ ), burette graduée 25 mL, agitateur magnétique, conductimètre, lunettes.

## Introduction

On dispose d'une solution préparée en utilisant trois acides :

- de l'acide éthanoïque (aussi appelé acide acétique) (concentration en acide apporté  $c_{03}$ ),
- des ions ammonium (concentration en ions apportés  $c_{02}$ ),
- de l'acide chlorhydrique (concentration en acide apporté  $c_{01}$ ).

Malheureusement les valeurs des trois concentrations ont été perdues... et vous allez devoir les retrouver.

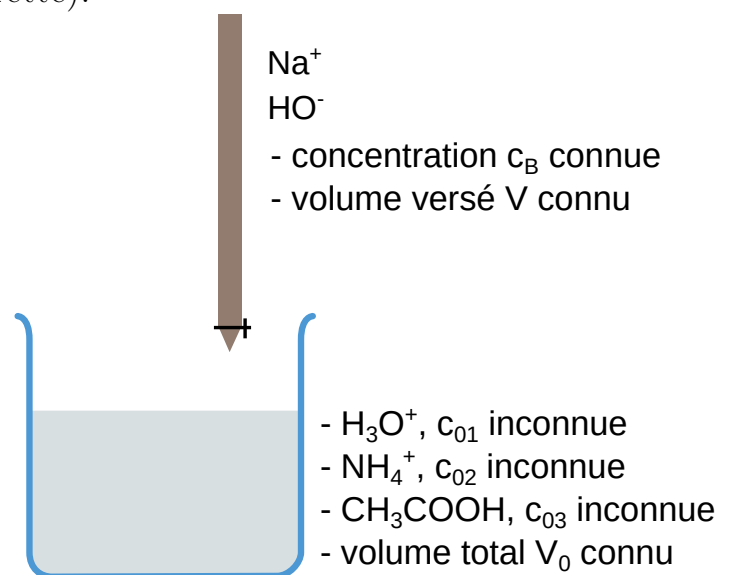
## I Étude théorique

On utilise un suivi par conductimétrie, car dans ce cas un titrage pH-métrique ne permet pas de visualiser toutes les équivalences. La solution servant à titrer (et donc présente dans la burette) est une solution d'hydroxyde de sodium (ou soude,  $\text{Na}_{(\text{aq})}^+$  et  $\text{HO}_{(\text{aq})}^-$ ), de concentration connue notée  $c_B$  (B pour burette).

On donne :

- Couple acide base impliquant l'acide acétique :  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{pK}_{a1} = 4.8$ .
- Couple acide base impliquant l'ion ammonium :  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ ,  $\text{pK}_{a2} = 9.2$ .
- L'acide chlorhydrique est constitué d'ions  $\text{H}^+$  et d'ions  $\text{Cl}^-$ .

Valeurs des conductivités molaires, à  $25^\circ\text{C}$ , de certains ions en solution aqueuse : voir fiche sur la conductimétrie.



(il y a aussi présence **minoritaire** des bases  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  et  $\text{NH}_3$ , et présence des ions spectateurs  $\text{Cl}^-$  qui proviennent de la préparation de l'acide chlorhydrique  $\text{HCl}$  et du chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )

L'étude théorique a déjà été faite en **TD** (exercice III) : ressortez ce TD pour répondre sans calculs aux questions suivantes :

- 1 – Quelles sont les trois réactions qui vont avoir lieu successivement à mesure que l'on verse  $\text{HO}^-$  depuis la burette ? Dans quel ordre ?
- 2 – Rappeler l'allure attendue de la courbe de conductivité en fonction du volume versé, et indiquer où seront les volumes équivalents.

## II Étude expérimentale

---

**Attention** : la soude à 0,1 mol/L est dangereuse pour les yeux. De même pour la solution d'acides à titrer. Port des lunettes obligatoire pendant toutes les manipulations.

- 3 – **Proposer un protocole** permettant titrer par conductimétrie le mélange d'acides. On décrira les différentes étapes, les volumes prélevés et le matériel et la verrerie utilisés (indication : vous n'avez qu'un matériel limité à disposition).

Appeler le professeur pour lui expliquer votre protocole.

- 4 – **Réaliser le protocole, puis exploiter vos mesures** pour en déduire les différents volumes équivalents. Lien pour Capytale : 5406-1403363.

Estimer la précision  $\Delta$  de ces mesures (c'est-à-dire  $\Delta$  tel qu'on soit quasiment certain que le volume équivalent est dans l'intervalle  $[V_{\text{éq}} - \Delta, V_{\text{éq}} + \Delta]$ ).

- 5 – Enfin, déterminer les différentes concentrations inconnues (se référer aux résultats du TD).

On estimera aussi l'incertitude-type associée à chaque concentration. Cf pour cela la partie ci-dessous sur les incertitudes, à compléter.

## Concernant le traitement des incertitudes :

Ne pas hésiter à revoir le petit poster sur les incertitudes.

### Estimation des incertitudes :

- Concernant le volume prélevé  $V_0$ , la précision est celle indiquée sur le matériel utilisé (s'il est utilisé correctement).

La noter ici :  $\Delta(V_0) =$  D'où l'incertitude-type  $u(V_0) = \frac{\Delta(V_0)}{\sqrt{3}} =$

Calculer l'incertitude-type relative  $\frac{u(V_0)}{V_0} =$

- Concernant la solution de soude, l'incertitude-type sur  $c_B$  est liée à sa préparation. On donne l'incertitude-type relative  $\frac{u(c_B)}{c_B} = 1\%$ .

- Concernant les volumes équivalents  $V_{\text{éq}1}$ ,  $V_{\text{éq}2}$ , et  $V_{\text{éq}3}$ , la précision associée est à estimer en fonction de votre lecture du graphique. On prendra la même incertitude pour les trois.

La noter ici : précision  $\Delta(V_{\text{éq}}) =$  D'où l'incertitude-type  $u(V_{\text{éq}}) = \frac{\Delta(V_{\text{éq}})}{\sqrt{3}} =$

En prenant  $V_{\text{éq}1} \simeq V_{\text{éq}2} \simeq V_{\text{éq}3} \simeq 10$  mL pour avoir une estimation approchée, calculer l'incertitude-type relative  $\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}} =$

**En conclusion :** étant donné les valeurs des trois incertitudes relatives ci-dessus, celle qui domine largement est celle sur  $V_{\text{éq}}$ . Donc on ne prendra en compte que celle sur  $V_{\text{éq}}$  pour les calculs de propagation des incertitudes.

### Propagation des incertitudes :

La valeur théorique des concentrations inconnues est du type  $c_{01} = \frac{c_B V_{\text{éq}1}}{V_0}$ . L'incertitude sur  $c_{01}$  est alors donnée par la formule de propagation des incertitudes correspondante :

$$\frac{u(c_{01})}{c_{01}} = \sqrt{\left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{éq}1})}{V_{\text{éq}1}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_0)}{V_0}\right)^2},$$

dans laquelle on ne prend en compte que l'incertitude sur  $V_{\text{éq}}$  (donc il n'y a plus qu'un seul terme sous la racine).

Pour simplifier on supposera que les incertitudes sur  $c_{02}$  et  $c_{03}$  sont les mêmes que celle sur  $c_{01}$ .

### III Expression de la conductivité de la solution en fonction du volume versé \_\_\_\_\_

(À faire à la fin s'il reste du temps)

On souhaite trouver l'expression théorique de la conductivité  $\sigma$  en fonction du volume versé  $V$  depuis la burette.

6 – Pour la première réaction on considère le tableau ci-dessous, qui réalise un bilan de matière pour le contenu du bécher. Le compléter.

	$\text{HO}_{(\text{aq})}^- +$	$\text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+ =$	$2 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
$V = 0$	0	$c_{01} V_0$	excès
$V < V_{\text{éq1}}$			
$V = V_{\text{éq1}}$			
$V > V_{\text{éq1}}$	c'est la réaction 2 qui a lieu		

7 – En utilisant la formule donnant la conductivité,  $\sigma = \sum_i \lambda_i^0 [A_i]$ , ainsi que le tableau d'avancement ci-dessus, donner l'expression de la conductivité  $\sigma$  pour  $V < V_{\text{éq1}}$ .

**Remarque :** On pourrait obtenir l'expression de  $\sigma$  pour  $V > V_{\text{éq1}}$  également, mais pour cela il faut dresser un tableau d'avancement pour la seconde et la troisième réaction également. On ne le fera pas.

8 – On voudrait, pour simplifier l'exploitation des mesures, que la conductivité soit une fonction affine par morceaux.

Que faut-il faire expérimentalement pour que  $\sigma$  soit une fonction approximativement affine en  $V$  ?