

C04 – TP 2 : Titrage par conductimétrie

Partie 1 : Chaufferette défectueuse (1 heure)

CONTEXTE DE LA SITUATION

Une chaufferette chimique est un dispositif de chauffage. Même neuve, certaines chaufferettes sont défectueuses. Leur composition peut être mise en cause.

Le but de cette séance est d'expliquer l'origine du défaut d'une chaufferette.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION

Principe d'une chaufferette

Une chaufferette chimique contient une solution d'éthanoate de sodium ($\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})}$, $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$) de pourcentage massique minimal en éthanoate de sodium égal à 20 %.



La solution reste liquide à une température inférieure à sa température de fusion. La solidification s'amorce grâce à la déformation d'un disque craquelé contenu dans la chaufferette. Les craquelures microscopiques renferment des grains d'éthanoate de sodium qui sont éjectés lors d'une déformation du disque. Ces grains induisent une solidification rapide de la solution et un transfert d'énergie thermique.

D'après *La physique buissonnière* J-M Courty, E Kierlik, éditeur Belin / Pour la science.

Protocole expérimental

La solution contenue dans une chaufferette défectueuse a été diluée 25 fois afin d'obtenir 250 mL de solution diluée notée S_f .

On réalise un titrage par suivi conductimétrique :

- Prélever un volume $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ de solution S_f , à l'aide d'une pipette jaugée, et les introduire dans un bécher.
- Rajouter environ 150 mL d'eau distillée dans le bécher et placer la sonde conductimétrique.
- Mettre en place l'agitation magnétique.
- Dans la burette, introduire une solution S_A d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$, $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) à la concentration $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,10 \text{ mol/L}$.
- Verser le contenu de la burette mL par mL dans le bécher et relever la valeur de la conductivité σ en fonction du volume V_A versé dans un tableau.

Données utiles

Les couples mis en jeu sont : $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} / \text{CH}_3\text{CO}_2^-$ et $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$

Masse molaire $M(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}) = 82,0 \text{ g/mol}$

Masse volumique de la solution contenue dans la chaufferette $\rho = 1,15 \pm 0,03 \text{ g.mL}^{-1}$

Incertitudes-types :

- $u(V_E) = 0,03 \text{ mL}$
- $u([\text{H}_3\text{O}^+]) = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$
- $u(V_0) = 0,05 \text{ mL}$

La formule permettant de calculer l'incertitude-type sur le pourcentage massique t est donnée par :

$$u(t) = t \times \sqrt{\left(\frac{u([\text{H}_3\text{O}^+])}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho)}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{u(V_0)}{V_0} \right)^2}$$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Étude de la réaction

- 1.1. Écrire l'équation support de titrage.
- 1.2. Écrire la relation à l'équivalence permettant de trouver la concentration en quantité de matière c_f de la solution S_f .

APPEL n°1

	Appeler le professeur pour lui présenter les relations ou en cas de difficulté	
---	---	---

2. Réalisation du titrage

- 2.1. Faire le schéma légendé du montage expérimental.
- 2.2. Réaliser le protocole expérimental et imprimer la courbe du titrage $\sigma = f(V_A)$
- 2.3. À l'aide de la FM9, déterminer la valeur du volume de solution titrante V_E versé à l'équivalence grâce à LatisPro et à la main

APPEL n°2

	Appeler le professeur pour lui présenter le volume équivalent ou en cas de difficulté	
---	--	---

3. Origine du défaut de la chauffette

- 3.1. Calculer la concentration de la solution S_f c_f , ainsi que celle de la chauffette.
- 3.2. Calculer le pourcentage massique d'éthanoate de sodium dans la chauffette.
- 3.3. Estimer l'incertitude-type sur ce pourcentage massique et écrire le résultat sous la forme $t \pm u(t)$.
- 3.4. Formuler une hypothèse expliquant la défaillance de la chauffette

APPEL FACULTATIF

	Appeler le professeur en cas de difficulté	
---	---	---

Partie 2 : Python au service des titrages

L'étude de l'évolution des quantités de matière des réactifs impliqués dans la transformation chimique support d'un titrage peut se faire à l'aide d'une simulation numérique. Ici, on cherche à retrouver la valeur du volume équivalent, connaissant la concentration de l'espèce titrée.

La solution titrée est une solution d'acide méthanoïque S_A :

$$V_A = 20,0 \text{ mL et } c_A = 1,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

La solution titrante est une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^{+}_{(\text{aq})}$, $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$) S_B :

$$C_B = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

1. Écrire l'équation de la réaction support de titrage.

- Depuis le site, télécharger le programme *C04_TP2.py*. nommé « Programme Python titrage TP2 »
- Ouvrir Pyzo depuis le dossier *Autres raccourcis* du bureau.
- Exécuter le programme.

2. Déterminer à l'aide du programme la valeur du volume de solution d'hydroxyde de sodium à verser pour atteindre l'équivalence.
3. Analyse du programme fourni
 - a. Quelles sont les lignes du programme qui permettent le calcul des quantités de matière présentes avant et après l'équivalence ?
 - b. Justifier ces lignes par la construction d'un tableau d'avancement.
 - c. Expliquer le rôle de la boucle for du programme.
4. Application à une autre transformation : On simule le titrage de 10 mL d'acide citrique $\text{H}_3\text{Cit}_{(\text{aq})}$ de concentration 0,10 mol/L par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,25 mol/L. L'équation support du titrage est : $\text{H}_3\text{Cit}_{(\text{aq})} + 3 \text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Cit}^{3-}_{(\text{aq})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
 - a. Modifier le programme précédent pour qu'il calcule le volume équivalent associé à cette transformation.
 - b. Vérifier par la relation à l'équivalence que le volume équivalent trouvé par le programme est le bon.

À la fin de la séance, reprendre la grille d'auto-évaluation du début du chapitre pour la remplir.