

Compétences : Effectuer un suivi conductimétrique d'une réaction chimique pour tracer un graphique et calculer la vitesse volumique de disparition d'un réactif.

TP2 : Suivi cinétique par conductimétrie

L'objectif de ce TP est d'étudier la cinétique de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle. Il s'agit de déterminer expérimentalement :

- le temps de demi-réaction,
- la vitesse de réaction,
- et de vérifier si la réaction est d'ordre 1 par rapport au chlorure de tertiobutyle.

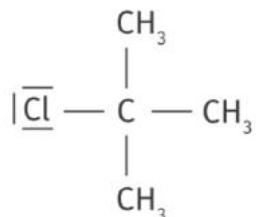
Document 1 Chlorure de tertiobutyle

Le chlorure de tert-butyle est une molécule organique portant un groupe halogène.

Il est utilisé en chimie comme précurseur dans certaines synthèses, notamment pour la fabrication du MTBE, un additif pour carburant. Son odeur caractéristique est bien connue dans les stands de Formule 1.

Sa densité vaut $d = 0,85$ et sa masse molaire vaut $M = 92,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Ce composé n'est pas stable dans en solution aqueuse et se décompose. Son hydrolyse forme des ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}$, des ions chlorure $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ et le 2-méthylpropan-2-ol. Au final, le groupement chlorure est remplacé par un groupement hydroxyle.



On notera le chlorure de tertiobutyle $(\text{CH}_3)_3\text{-Cl}_{(\text{aq})}$ par la suite tBuCl.

Données : $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 34,9 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ et $\lambda(\text{Cl}^-) = 7,60 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

1. Donner le nom officiel (selon la nomenclature IUPAC) du chlorure de tertiobutyle.

Les conductivités mesurées sont en mS.cm^{-1} . Les conductivités molaires ioniques sont exprimées en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$. Il faut donc transformer les mS.cm^{-1} en S.m^{-1}

2. Transformer 1 mS.cm^{-1} en S.m^{-1}

Protocole expérimental

- ① Préparation de la solution S : dans une fiole jaugée de 25,0 mL, introduire **0,5 mL** de chlorure de tertiobutyle prélevé avec une pipette graduée, puis compléter avec de l'éthanol pur ou à 90% jusqu'au trait de jauge.
- ② Prélever **5,0 mL** de cette solution S avec une pipette jaugée et les verser dans un grand bêcher.
- ③ Insérer le conductimètre éteint dans le bêcher puis mettre sous agitation magnétique.
- ④ Prélever 200 mL d'eau distillée froide à l'aide avec une éprouvette graduée
- ⑤ Ajouter rapidement ces 200 mL d'eau dans le bêcher, allumer le conductimètre et commencer immédiatement les mesures des conductivités à intervalle très courts au début (voir tableau ci-dessous).
- ⑥ Relever la conductivité du mélange pendant 20 minutes, inscrire les valeurs dans le tableau (en S.m^{-1}) et rentrer les valeurs de $\sigma = f(t)$ dans Regressi. (⚠ ATTENTION : ne pas indiquer les unités dans Regressi)

Temps (min)	0	1/3	2/3	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
$\sigma (\text{S.m}^{-1})$															
Temps (min)	7	7,5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\sigma (\text{S.m}^{-1})$															

3. Décrire et justifier l'allure expérimentale de l'évolution temporelle de la conductivité $\sigma(t)$.

Étude de la réaction

4. Exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations $[H_3O^+]$ et $[Cl^-]$ et des conductivités molaires ioniques $\lambda(H_3O^+)$, et $\lambda(Cl^-)$
5. Justifier que $[H_3O^+] = [Cl^-]$. En déduire σ en fonction de $[H_3O^+]$, $\lambda(H_3O^+)$, et $\lambda(Cl^-)$.
6. Soit V le volume de tBuCl introduit pour fabriquer la solution S (0,5 mL). Exprimer le nombre de moles n de tBuCl présent dans la solution S en fonction du volume V , de sa masse molaire M , sa densité d (Cf. document 1) et de la masse volumique de l'eau ρ_{eau} .

On prélève le volume $V_{S_preleve}$ (**5 mL**) de la solution S de la fiole de volume V_{fiole} (**25 mL**). La solution S est une solution homogène en soluté tBuCl. La quantité de matière de chlorure tertiobutyle présente à l'état initial ($t=0$) dans le mélange réaction, notée n_0 , est égale à :

$$n_0 = \frac{V \times d \times \rho_{eau}}{M} \times \frac{V_{S_preleve}}{V_{fiole}}$$

Avec V volume de tBuCl introduit pour fabriquer la solution S, d densité de tBuCl, ρ_{eau} masse volumique de l'eau, M masse molaire de tBuCl, $V_{S_preleve}$ volume de solution S prélevé et V_{fiole} le volume de la fiole jaugée.

7. En déduire l'expression de la concentration initiale c_0 de tBuCl dans le bêcher. On notera V_{Total} le volume total de la solution dans le bêcher (200 mL + 5 mL). Calculer c_0 en mol.L⁻¹.
8. Montrer, à l'aide d'un tableau d'avancement et de l'expression de σ la question 5, que l'on obtient

$$\frac{x}{V_{Total}} = \frac{\sigma(t)}{\lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-)} \quad \text{avec } x \text{ l'avancement en moles de la réaction}$$

9. Montrer que la concentration de chlorure tertiobutyle à un instant t est égale à :

$$C_{tBuCl}(t) = c_0 - \frac{\sigma(t)}{\lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-)}$$

10. Calculer le facteur $\frac{1}{\lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-)}$ en précisant la bonne unité afin que multiplié par $\sigma(t)$ (en S.m⁻¹), le résultat soit exprimé en mol.L⁻¹.

11. Ajouter une colonne calculée dans Régessi pour la grandeur $C_{tBuCl}(t)$ puis tracer son allure à l'aide de Régessi.

Document 2 Temps de demi-réaction $t_{1/2}$: c'est le temps nécessaire pour que la moitié de la quantité de matière du réactif limitant soit consommée, lorsqu'on suit l'évolution de sa concentration au cours du temps.

12. Déterminer le temps de demi-réaction de cette réaction.

13. A l'aide de l'outil « Dérivée » dans Régessi, faire en sorte que la vitesse de disparition du tertiobutyle, notée $v_d(t)$, soit calculée automatiquement

Document 3 Cinétique d'ordre 1 et constante de réaction

Pour vérifier si une réaction est d'ordre 1, on peut tracer l'évolution de la vitesse volumique de disparition d'un réactif X, notée V_D en fonction de sa concentration $[X]$.

Si la courbe est linéaire, de la forme $V_D = k \cdot [X]$ alors la réaction est d'ordre 1. (k est la constante de vitesse)

14. Montrer que l'hydrolyse du tBuCl suit une cinétique d'ordre 1.
15. En déduire une valeur approchée de la constante de vitesse k , en précisant son unité.

