

TP C9



Titration d'une solution d'ions oxonium par conductimétrie

Étalonner le conductimètre

La sonde doit être parfaitement propre et sèche pour être plongée dans la solution étalon.

I. Comprendre le principe d'un titrage par conductimétrie :

1) Expérience 1:

Dans un verre à pied, verser à l'aide d'une fiole jaugée, 100 mL d'eau distillée.

Ajouter, à l'aide d'une pipette jaugée, $V_A = 10,0$ mL de solution d'acide chlorhydrique $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-(\text{aq})$, de concentration molaire $c_A = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.



1.1. Mesurer la conductivité σ_1 de cette solution.

1.2. Quels sont les ions présents en solution qui assurent le passage du courant ?

Toujours bien agiter la solution avec la sonde.

Le conductimètre mesure la conductivité exprimée en mS.cm^{-1}

2) Expérience 2:



Remplir la burette avec une solution d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$ de concentration $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Verser dans la solution précédente, $V_B = 1,0$ mL de soude.

2.1. Mesurer la conductivité σ_2 de cette solution. *Toujours bien agiter la solution avec la sonde.*

2.2. Comment a évolué la conductivité σ de la solution après l'ajout d'un peu de soude ?

3) Interprétation 1: Pourquoi σ diminue ?

à faire à la maison avant le TP

Lorsqu'on ajoute une solution d'hydroxyde de sodium dans une solution d'acide chlorhydrique, il se produit la transformation chimique dont l'équation simplifiée est : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (l)$

Il s'agit d'une réaction acido-basique, rapide et totale.

3.1. Quel ion joue le rôle d'acide? (capable de céder un proton H^+). Indiquer le couple acide 1 / base 1 correspondant.

3.2. Quel ion joue le rôle de base? (capable de gagner un proton H^+). Indiquer le couple acide 2 / base 2 correspondant.

3.3. Quels sont les ions présents en solution qui peuvent être considérés comme spectateurs ?

3.4. Écrire l'équation de la transformation chimique en indiquant tous les ions y compris spectateurs.



 **3.5.** Dans un verre à pied, on verse 100 mL d'eau distillée. On ajoute $V_A = 10,0$ mL de solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $c_A = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Puis on rajoute $V_B = 1,0$ mL de solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Compléter les deux tableaux d'avancement décrivant la situation.


tableau d'avancement en littéral avec c_A , V_A , c_B , V_B et x


équation chimique		$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$		
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
État initial (la soude est présente et n'a pas encore réagi)	0	$n_A =$	$n_B =$	beaucoup
En cours de transformation	x			beaucoup


tableau d'avancement avec les valeurs pour un ajout de $V_B = 1,0$ mL de soude.

équation chimique		$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$		
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
État initial	0			beaucoup
En cours de transformation	x			beaucoup
État final	$x_{\max} =$			beaucoup

 **3.6.** Quel est le réactif limitant la transformation? Justifier brièvement. Compléter alors la dernière ligne du tableau.

 **3.7.** Lors de l'ajout de soude, quels ions initialement présents en solution ont été en partie consommés ? en quelle quantité ?

 **3.8.** Quels ions sont apparus de manière définitive en solution ? en quelle quantité ?

 **3.9.** Recopier et compléter la phrase suivante:


Au niveau microscopique, à chaque fois qu'un anion HO^- et qu'un cation Na^+ arrivent dans le milieu réactionnel, un ion oxonium est

Tout se passe comme si l'ion Na^+ apporté remplaçait l'ion dans la solution.

Rappel: Expression de la conductivité σ en fonction des concentrations molaires effectives $[X_i]$ des espèces ioniques X_i en solution : $\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$ où λ_i est la conductivité molaire ionique des ions X_i .

Soit appliqué à notre exemple: $\sigma = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda(\text{Cl}^-) \cdot [\text{Cl}^-] + \lambda(\text{Na}^+) \cdot [\text{Na}^+]$

L'ajout d'un volume d'un millilitre de soude étant faible face au volume de la solution (110 mL), on peut considérer que le volume du milieu réactionnel est resté constant et égal à 110 mL.

 **3.10.** Comment évoluent les concentrations suivantes au cours de l'ajout de soude : $[\text{H}_3\text{O}^+]$? $[\text{Cl}^-]$? $[\text{Na}^+]$?

 **3.11.** On donne les conductivités molaires ioniques des ions suivants: (en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$)

$$\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 349,8 \times 10^{-4} \quad \lambda(\text{Na}^+) = 50,1 \times 10^{-4}$$

Comment évolue la conductivité σ du milieu réactionnel après l'ajout de soude ?


4) Notion d'équivalence:

 **à faire à la maison avant le TP**

Expérience 3:


À l'aide de la burette, ajouter encore 9,0 mL d'hydroxyde de sodium dans la solution mL par mL, ainsi on aura versé en tout $V_B = 10,0$ mL.

4.1. Comment a évolué la conductivité σ de la solution ?

 4.2. Compléter numériquement le tableau d'avancement pour $V_B = 1,0+1,0+\dots+1,0 = 10,0$ mL de soude versée.

Ajout de 10,0mL de soude $c_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ dans 10,0 mL d'acide chlorhydrique $c_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ (+100mL eau)

équation chimique		$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$		
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
État initial	0			beaucoup
En cours de transformation	x			beaucoup
État final	$x_{\max} =$			beaucoup

 4.3. Un des réactifs est-il en excès ? Quel adjectif qualifie les proportions de réactifs atteintes pour $V_B = 10,0$ mL ?

On dira qu'on a atteint **l'équivalence** du titrage. Le volume versé pour atteindre l'équivalence est appelé le **volume équivalent**.

Ici les coefficients stœchiométriques des réactifs étant de 1, on a versé autant d'ions HO^- qu'il y avait d'ions H_3O^+ dans la solution initiale.

5) Au delà de l'équivalence:

Expérience 4:

Ajouter encore de l'hydroxyde de sodium dans la solution mL par mL jusqu'à un ajout de $V_B = 15,0$ mL.

5.1. Comment évolue la conductivité de la solution ?

5.2. Compléter un tableau d'avancement pour $V_B = 1,0+1,0+\dots+1,0 = 15,0$ mL de soude versée.

Ajout de 15,0mL de soude $c_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ dans 10,0 mL d'acide chlorhydrique $c_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ (+100mL eau)

équation chimique		$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$		
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
État initial	0			beaucoup
En cours de transformation	x			beaucoup
État final	$x_{\max} =$			beaucoup

5.3. Quel est le réactif limitant ?

5.4. Recopier et compléter la phrase suivante:

Lorsque l'équivalence est, il y a changement de réactif limitant.

6) Interprétation 2: Pourquoi σ augmente au delà de l'équivalence?

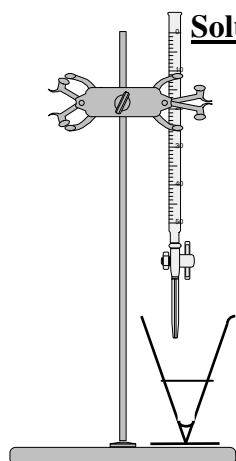
6.1. Que deviennent les ions HO^- et Na^+ ajoutés lorsque l'équivalence est dépassée ?

6.2. Cette réponse est-elle en accord avec l'évolution de la conductivité constatée ? Justifier.

II. Titration d'une solution d'acide chlorhydrique par une solution d'hydroxyde de sodium:

L'objectif est de déterminer la quantité de matière inconnue d'ions oxonium présente dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique, en la titrant par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration connue.

Mettre en place le dispositif du titrage :



Solution titrante : $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$

$$c_B = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$$

V_B

Attention, rincer la burette avec la solution titrante avant de procéder au titrage (la concentration a changé par rapport au I.)

Solution titrée: $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-(\text{aq})$
qui contient n_A mol d'ions H_3O^+

c_A inconnue

$V_A = 50,0 \text{ mL}$ (prélevé à la fiole jaugée)
et ajouter environ 150mL d'eau distillée.

Réaliser le titrage, pour cela :

- Ajouter progressivement la solution d'hydroxyde de sodium. (voir tableau ci-dessous)
- Après chaque ajout, **agiter** et mesurer la conductivité σ de la solution. (la sonde reste immergée tout du long du titrage)
- Poursuivre les mesures jusqu'à atteindre $V_B = 25,0 \text{ mL}$

V_b (en mL)	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
σ (en mS.cm^{-1})											

V_b (en mL)	11	12	13	14	15	16	17	19	21	23	25
σ (en mS.cm^{-1})											

a) A l'aide de Regressi (ou sur papier millimétré), obtenir $\sigma = f(V_B)$. Imprimer ce graphe. (titre, tracé de grille)

b) Décrire l'allure du graphe obtenu.

c) Interpréter l'évolution de la conductivité σ pour les différentes parties du graphe.

d) Déterminer graphiquement la valeur du volume équivalent noté V_{eq} .

e) À l'équivalence, quelle est la relation entre $n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ initiale}}$ et $n_{\text{HO}^- \text{ versée}}$?

f) Exprimer littéralement la concentration en ions oxonium c_A de la solution en fonction de c_B , V_{eq} et V_A . Calculer sa valeur.