

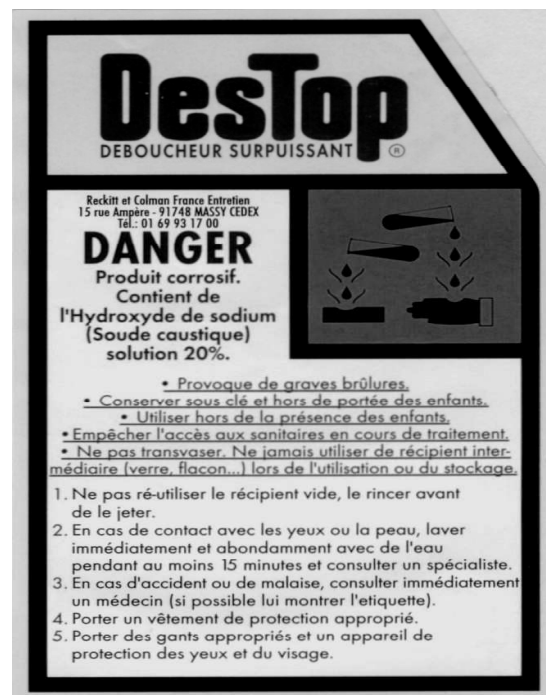
TP : TITRAGE D'UNE SOLUTION DE DESTOP® PAR CONDUCTIMETRIE

Objectifs : Effectuer un titrage d'un produit de la vie courante par conductimétrie afin de vérifier les indications données par le fabricant.

Données:

- Sur l'étiquette d'un flacon de Destop, on peut lire: «Destop, déboucheur surpuissant, danger, produit corrosif, contient de l'hydroxyde de sodium (soude caustique) solution à 20 %».
- La solution de Destop a une densité de 1,22.
- $M(\text{NaOH}) = 40,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

La solution commerciale Destop est trop concentrée pour être dosée directement, il est nécessaire de la diluer. La solution diluée, notée S_B , a été préparée en diluant 100 fois la solution commerciale.



I) Préparation du dispositif expérimental



- Rincer la burette graduée avec de l'eau distillée puis avec la solution d'acide chlorhydrique S_A de concentration en soluté apporté $C_A = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Remplir la burette avec S_A , veiller à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air sous le robinet.
- Prélever un volume $V_B = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution de Destop diluée S_B , introduire cette solution S_B dans le bécher de 250 mL, ajouter environ 100 mL d'eau distillée dans le bécher.
- Mettre le barreau aimanté dans le bécher et placer ce dernier sur l'agitateur magnétique. Placer la burette au dessus de bécher.
- Rincer la sonde du conductimètre avec de l'eau distillée (au dessus d'un bécher poubelle), essuyer délicatement la sonde, la placer dans le bécher de façon à ce que le trou de la sonde soit totalement immergé mais à une hauteur telle que le barreau en tournant ne frappe pas la sonde.
- Régler la température du conductimètre à la température des solutions.

Vérification:

1) Justifier l'utilisation des gants et des lunettes.

2) Faire un schéma annoté du dispositif expérimental. Préciser le nom des matériels utilisés pour prélever S_B et pour introduire l'eau distillée.

II) Mesures

- La solution S_A sera versée millilitre par millilitre, ce volume versé sera noté V_A . Après chaque ajout, il faudra mettre sous agitation puis **arrêter l'agitation** avant chaque mesure. On choisira le calibre le plus adapté.

1) Reporter les valeurs mesurées dans un tableau pour $0 \leq V_A \leq 25 \text{ mL}$.

Vérification:

2) Tracer le graphe de $\sigma = f(V_A)$. Optimiser les échelles de façon à ce que la courbe recouvre la totalité de la feuille prise horizontalement. Ne pas relier les points.

III) Exploitation des résultats

1) Equation de la réaction se produisant lors du titrage

Lorsque l'on verse la solution titrante, une réaction chimique se produit dans le mélange réactionnel.

S_A est une solution d'acide chlorhydrique, S_B est une solution d'hydroxyde de sodium.

a) *Quels sont les ions présents dans la solution d'acide chlorhydrique et dans la solution de d'hydroxyde de sodium ?*

b) *Etablir l'équation de la réaction se produisant lors du titrage sachant qu'il s'agit d'une réaction acido-basique.*

Vérification:

c) *Parmi les 4 ions mis en jeu, quels sont les deux ions ayant la plus grande conductivité molaire ionique λ ?*

2) Etude de la première partie du titrage (avant l'équivalence)

a) *Préciser le nom du réactif limitant.*

b) *Pour chacun des 4 ions à priori présents dans le MR, préciser l'évolution de sa quantité de matière présente dans le MR au cours du titrage. En déduire quelle serait l'influence de cette évolution sur la conductivité du MR.*

c) *Quelle est l'évolution réelle de la conductivité du MR ? Justifier alors cette évolution.*

3) Etude de la deuxième partie du titrage (après l'équivalence)

Mêmes questions

4) Dilution

Il faut noter que, en plus de la réaction, une dilution du mélange réactionnel se produit. La dilution a donc une influence sur la forme de la courbe de titrage.

Quelle précaution a-t-on prise pour que le phénomène de dilution du MR au cours du titrage soit négligeable et qu'il n'ait finalement qu'une faible influence sur la forme de la courbe ?

5) Détermination de la concentration C_{exp} en hydroxyde de sodium de la solution commerciale

a) Le graphique présente 2 parties linéarisables (les points expérimentaux sont pratiquement alignés).

Modéliser la partie rectiligne correspondant à la fin de la première partie de la courbe par une droite. Modéliser la partie rectiligne correspondant au début de la deuxième partie de la courbe par une autre droite.

A l'intersection des 2 droites, se situe le point d'équivalence qui correspond à la conductivité minimale du mélange.

Pour quelle valeur, notée $V_{A(E)}$, de V_A ces droites se coupent-elles ? $V_{A(E)}$ est appelé le volume équivalent.

b) *Construire un tableau d'avancement associé à la réaction de titrage à l'équivalence.*

c) *Donner une définition de l'équivalence.*

d) *Etablir une relation, à l'équivalence, entre les quantités de réactifs apportés.*

e) *Ecrire une relation liant la concentration C_A , le volume d'acide chlorhydrique versé à l'équivalence $V_{A(E)}$, la concentration C_B de la solution de destop diluée S_B et V_B .*

f) *Calculer la concentration C_B en soluté apporté dans la solution diluée S_B puis la concentration C_{exp} en soluté apporté dans la solution commerciale de Destop.*

g) *Les résultats sont-ils en accord avec les indications de l'étiquette ?*

Aide: Calculer la concentration théorique $C_{théo}$ en hydroxyde de sodium de la solution commerciale avec les indications de l'étiquette (pourcentage massique en hydroxyde de sodium = 20 % et $d = 1,22$) et comparer avec C_{exp} .

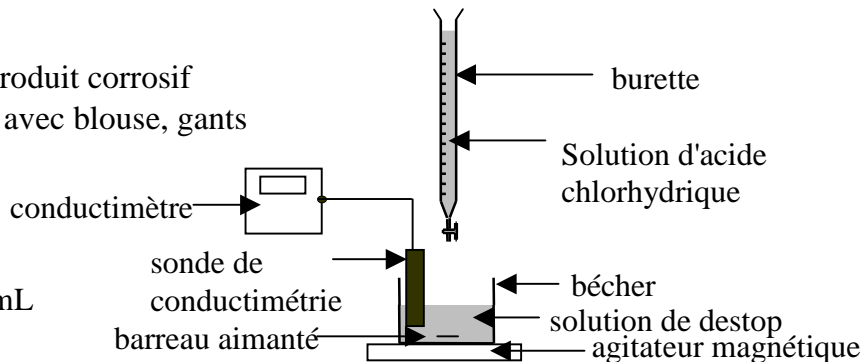
I) Préparation du dispositif expérimental

1) D'après le pictogramme, le Destop est un produit corrosif
 ⇒ provoque de graves brûlures ⇒ protection avec blouse, gants et lunettes

2) Schéma annoté du montage:

Pour prélever S_B : pipette jugée de 20 mL

Pour prélever l'eau distillée: éprouvette de 100 mL

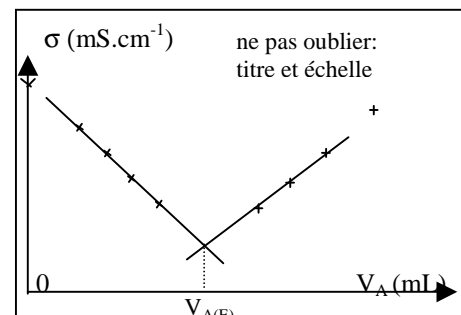


II) Mesures

V_A (mL)	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
σ (mS.cm ⁻¹)	2,44	2,31	2,18	2,04	1,92	1,79	1,67	1,55	1,43	1,33	1,24

V_A (mL)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0
σ (mS.cm ⁻¹)	1,26	1,32	1,45	1,18	2,10	2,40	2,71	3,02	3,32	3,60	3,87

V_A (mL)	22,0	23,0	24,0	25,0
σ (mS.cm ⁻¹)	4,17	4,42	4,70	4,95



III) Exploitation des résultats

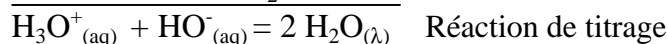
1) Equation de la réaction

a) ions présents dans la solution d'acide chlorhydrique: $H_3O^+_{(aq)}$ et $Cl^-_{(aq)}$

ions présents dans la solution de soude: $Na^+_{(aq)}$ et $HO^-_{(aq)}$

b) H_3O^+ cède un proton $H_3O^+ = H_2O + H^+$

HO^- capte un proton $HO^- + H^+ = H_2O$



c) Les ions oxonium H_3O^+ et les ions hydroxyde HO^- ont la plus grande conductivité molaire ionique

2) Etude de la 1^{ère} partie du titrage

a) Le réactif limitant est le réactif titrant soit l'ion oxonium H_3O^+

b) * Les ions Na^+ sont spectateurs $\Rightarrow n(Na^+)$ ne varie pas dans le MR \Rightarrow ne modifie pas σ

* Au fur et à mesure que l'on ajoute la solution d'acide chlorhydrique, on apporte de plus en plus des ions chlorure $Cl^- \Rightarrow n(Cl^-)$ augmente $\Rightarrow \sigma$ devrait augmenter

* Les ions oxonium introduits sont consommés $\Rightarrow n(H_3O^+) = 0 \Rightarrow$ ne modifie pas σ

* Les ions hydroxyde HO^- (espèce titrée) sont consommés peu à peu par les ions oxonium H_3O^+ pour former des molécules d'eau $\Rightarrow n(HO^-)$ diminue $\Rightarrow \sigma$ devrait diminuer

c) Evolution réelle de σ : Dans la 1^{ère} partie de la courbe, on observe que σ_{MR} diminue. En effet, les ions chlorure remplacent les ions hydroxyde ayant réagi mais la conductivité molaire ionique des ions chlorure Cl^- est plus petite que celle des ions HO^- , les ions Cl^- apportés sont donc moins conducteurs que les ions HO^- disparus donc la conductivité de la solution diminue.

3) Etude de la 2^{ème} partie du titrage

a) Réactif limitant = réactif titré soit l'ion hydroxyde HO^-

b) * $n(Na^+)$ ne varie toujours pas \Rightarrow ne modifie pas σ

* On apporte toujours des ions $Cl^- \Rightarrow n(Cl^-)$ augmente au cours de la 2^{ème} phase $\Rightarrow \sigma$ devrait augmenter

* Les ions HO^- ont été totalement consommés $\Rightarrow n(HO^-) = 0 \Rightarrow$ ne modifie pas σ

* On apporte des ions H_3O^+ qui ne peuvent plus réagir $\Rightarrow n(H_3O^+)$ augmente $\Rightarrow \sigma$ devrait augmenter

c) Evolution de σ : Dans la 2^{ème} partie de la courbe, on observe que σ_{MR} augmente. Après l'équivalence, on ajoute des ions chlorure Cl^- et des ions oxonium qui s'accumulent dans le mélange réactionnel donc la conductivité σ_{MR} augmente.

4) Dilution

Pour que la dilution ait finalement une faible influence sur la forme de la courbe, il faut pouvoir négliger le volume d'acide versé V_A par rapport au V_{MR} . (V_{MR} quasi-constant malgré les ajouts de la solution d'acide).

Pour cela, on a ajouté un grand volume d'eau distillée.

5) Détermination de la concentration C_{exp} en hydroxyde de sodium de la solution commerciale

a) L'intersection des deux segments de droite conduit à $V_{A(E)} = 11,7$ mL

b) tableau

c) Définition de l'équivalence: A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

d) A l'équivalence, les réactifs sont donc totalement consommés donc

$$n_f(\text{HO}^-) = n_i(\text{HO}^-) - x_{\max} = 0 \quad \Rightarrow x_{\max} = n_i(\text{HO}^-)$$

$$n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = n_{\text{versé}}(\text{H}_3\text{O}^+) - x_{\max} = 0 \quad \Rightarrow \boxed{n_{\text{versé}}(\text{H}_3\text{O}^+) = x_{\max} = n_i(\text{HO}^-)}$$

$$\text{e) } C_A \cdot V_{A(E)} = C_B \cdot V_B$$

$$\text{f) } C_B = (C_A \cdot V_{A(E)}) / V_B = (0,100 \times 11,7) / 20,0 = 5,85 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad (3 \text{ chiffres significatifs})$$

$$C_{\text{exp}} = N \times C_B = 100 \times 5,85 \cdot 10^{-2} = 5,85 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{g) } C_{\text{théo}} = \frac{n_{\text{soluté}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{m_{\text{soluté}}}{M_{\text{soluté}} \times V_{\text{sol}}} \quad \text{or } P = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} \quad \text{donc } C_{\text{théo}} = \frac{P \times m_{\text{solution}}}{M_{\text{soluté}} \times V_{\text{sol}}} = \frac{P \times \rho_{\text{solution}}}{M_{\text{soluté}}} = \frac{P \times d \times v_{\text{eau}}}{M_{\text{soluté}}}$$

$$C_{\text{théo}} = \frac{0,20 \times 1,22 \times 1,00 \cdot 10^3}{40,0} = 6,1 \text{ mol.L}^{-1}$$

On retrouve la valeur indiquée sur l'étiquette. La petite différence peut provenir:

- de la valeur sur le flacon qui est approximative
- de la présence d'ammoniac dans le destop.

Remarque: $\sigma_{\text{MR}} = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_f + \lambda(\text{HO}^-) \cdot [\text{HO}^-]_f = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \times \frac{C_A V_A}{V_B + V_A + V_{\text{eau}}} + \lambda(\text{HO}^-) \times \frac{C_B V_B}{V_B + V_A + V_{\text{eau}}}$

Pour que $V_A + V_B + V_{\text{eau}}$ soit constant malgré les ajouts d'acide, on ajoute une grande quantité d'eau. On néglige les effets de la dilution et σ peut-être alors une fonction affine de V_A (au lieu de courbe)

