

Les objectifs du TP :

Ce TP avait pour objectifs de comprendre le principe d'un dosage acido-basique par suivi conductimétrique et la notion d'équivalence, de repérer l'équivalence sur la courbe de dosage et enfin de déterminer la concentration de l'espèce chimique contenue dans un produit déboucheur de canalisations.

II-A) Étude préliminaire :**1) Précautions à prendre pour manipuler le DESTOP :**

Le pictogramme présent sur le flacon de DESTOP nous indique qu'il est corrosif. Il doit donc être manipulé avec précautions, et le port de gants et de lunettes de protection est indispensable.

2) Éléments chimiques présents dans le DESTOP ?

Le DESTOP est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium à 20%, elle donc constituée d'ions hydroxyde $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ et d'ions sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$.

3) On en déduit donc que le DESTOP est une solution basique du fait de la présence des ions hydroxydes $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$.

4) Si on cherche à doser les ions hydroxydes $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ contenus dans le DESTOP, il faudra titrer ce dernier avec une solution contenant des ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$, afin de réaliser un titrage acido-basique.

5) Calcul de la concentration du DESTOP :

L'étiquette sur le flacon nous indique que le pourcentage massique en hydroxyde de sodium (NaOH) est de 20%.

On en déduit alors que $m_{\text{NaOH}} = 0,20 \times m_{\text{solution}}$

Or on sait que $m_{\text{solution}} = \rho_{\text{solution}} \times V_{\text{solution}}$

Sachant que la densité du DESTOP vaut $d = 1,23$ on en déduit que $\rho_{\text{solution}} = 1,23 \times \rho_{\text{eau}}$

On obtient alors $m_{\text{solution}} = 1,23 \times \rho_{\text{eau}} \times V$

D'où $m_{\text{NaOH}} = 0,20 \times 1,23 \times \rho_{\text{eau}} \times V$

Et donc
$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{0,20 \times 1,23 \times \rho_{\text{eau}} \times V}{M_{\text{NaOH}}}$$

Ce qui nous donne
$$C_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V} = \frac{0,20 \times 1,23 \times \rho_{\text{eau}}}{M_{\text{NaOH}}}$$

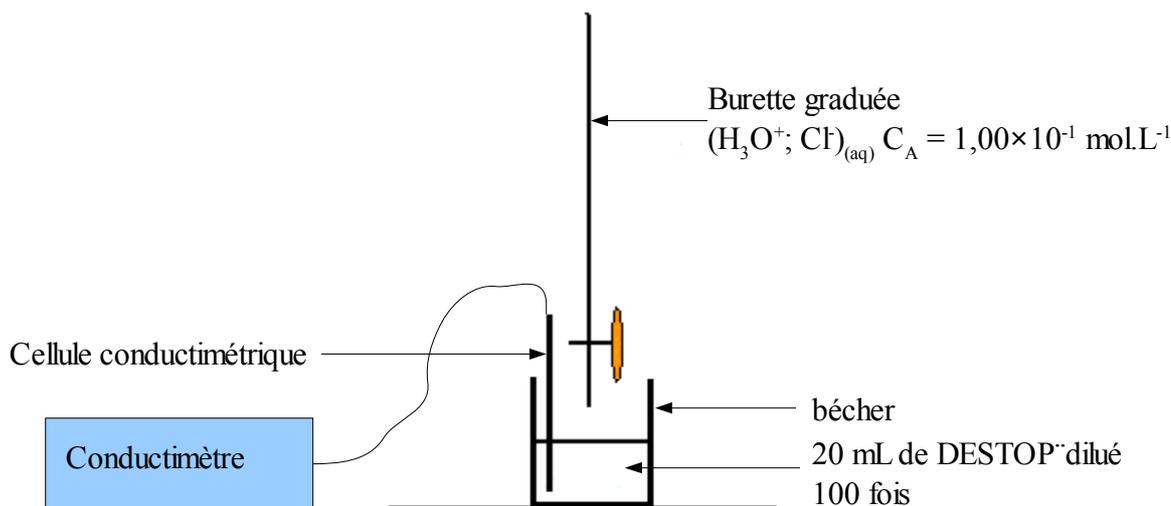
Soit
$$C_{\text{NaOH}} = \frac{0,20 \times 1,23 \times 1000}{23,0 + 16,0 + 1,00}$$

$$\underline{\underline{C_{\text{NaOH}} = 6,15 \text{ mol.L}^{-1}}}$$

II-B) Protocole du dosage du DESTOP :

On réalise le dosage d'une solution commerciale de DESTOP diluée 100 fois, par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ ; \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C_A = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le dosage est suivi par conductimétrie.



On mesure la conductivité de la solution après divers ajouts d'acide chlorhydrique dans le bécher.

Résultats expérimentaux :

V_A (mL)	0	1	2	3	4,1	5	6	7,1	8	9	10	
σ (mS.cm ⁻¹)	1,418	1,357	1,287	1,217	1,143	1,084	1,020	0,950	0,886	0,822	0,765	
11	12	13,1	14	15	16	17	18	19	20	21	21	23
0,722	0,706	0,746	0,852	1,064	1,239	1,413	1,598	1,782	1,956	2,138	2,304	2,476

III-C) Exploitation des résultats du dosage :

1- Équation bilan de la réaction du titrage :



2-a) Bilan de matière avant l'équivalence :

	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$	+	$\text{HO}^-_{(\text{aq})}$	\longrightarrow	$2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
État initial	$n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})}$		$n_{(\text{HO}^-, \text{initial})}$		excès
État intermédiaire	$n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} - X$		$n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} - X$		excès
État final	$n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} - X_{\text{max}}$		$n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} - X_{\text{max}}$		excès

Avant l'état d'équivalence, le réactif limitant est l'ion oxonium H_3O^+ :

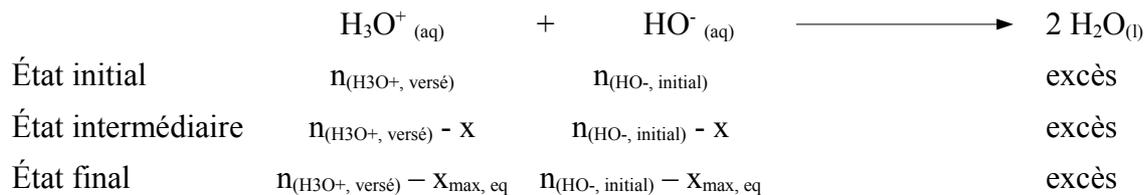
Soit $n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} - x_{\text{max}} = 0$ et $n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} - x_{\text{max}} > 0$

D'où $n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} = x_{\text{max}}$ et $n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} > n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})}$

Ainsi à l'état final :

$n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{final})} = 0 \text{ mol}$	$n_{(\text{HO}^-, \text{final})} = n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} - n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})}$
$n_{(\text{Na}^+, \text{final})} = n_{(\text{Na}^+, \text{initial})} = n_{(\text{HO}^-, \text{initial})}$	$n_{(\text{Cl}^-, \text{final})} = n_{(\text{Cl}^-, \text{versé})} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})}$

b) Bilan de matière à l'équivalence :



A l'état d'équivalence, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ et $\text{HO}^-_{(aq)}$ sont introduits en proportions stoechiométriques.

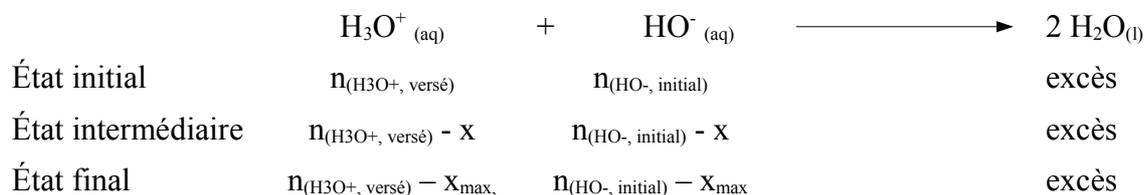
Soit $n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} - X_{\text{max, eq}} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} - X_{\text{max, eq}} = 0$

Et donc $n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} = X_{\text{max, eq}}$

Soit à l'état final :

$n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{final})} = 0 \text{ mol}$	$n_{(\text{HO}^-, \text{final})} = 0 \text{ mol}$
$n_{(\text{Na}^+, \text{final})} = n_{(\text{Na}^+, \text{initial})} = n_{(\text{HO}^-, \text{initial})}$	$n_{(\text{Cl}^-, \text{final})} = n_{(\text{Cl}^-, \text{versé})} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})}$

c) Bilan de matière après l'équivalence :



Après l'équivalence, c'est l'ion hydroxyde HO^- qui est limitant :

Soit $n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} - X_{\text{max}} = 0$ et $n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} - X_{\text{max}} > 0$

D'où $X_{\text{max}} = n_{(\text{HO}^-, \text{initial})}$ et $n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} > n_{(\text{HO}^-, \text{initial})}$

Soit l'état final :

$n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{final})} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})} - n_{(\text{HO}^-, \text{initial})}$	$n_{(\text{HO}^-, \text{final})} = 0 \text{ mol}$
$n_{(\text{Na}^+, \text{final})} = n_{(\text{Na}^+, \text{initial})} = n_{(\text{HO}^-, \text{initial})}$	$n_{(\text{Cl}^-, \text{final})} = n_{(\text{Cl}^-, \text{versé})} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})}$

3- Expression de la concentration C'B du DESTOP dilué :

D'après le tableau d'avancement établi à l'état d'équivalence, on sait que l'on a à l'équivalence :

$$n_{(\text{HO}^-, \text{initial})} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+, \text{versé})}$$

Soit $n_A = n_B$

D'où $C_A \times V_A = C'_B \times V_B$

On en déduit donc que :

$$C'_B = \frac{C_A \times V_A}{V_B}$$

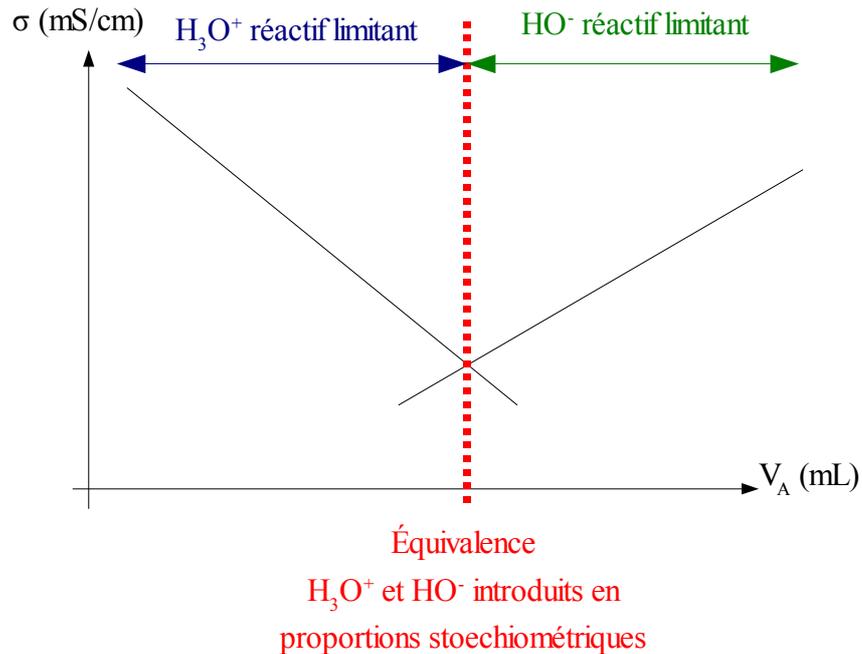
C'_B est la concentration inconnue de la solution titrée.

C_A est la concentration de la solution titrante.

V_A est le volume de la solution titrante versé pour atteindre l'état d'équivalence.

V_B est le volume de solution titrée que l'on a dosé.

4- Interprétation de la courbe de dosage :



La courbe met clairement en évidence deux domaines :

- Dans le premier domaine, les ions H_3O^+ (aq) sont intégralement consommés lors de chaque transformation chimique correspondant à chaque ajout de la solution d'acide chlorhydrique (les ions H_3O^+ sont le réactif limitant). Dans ce domaine, la composition chimique du système évolue. Les ions HO^- (aq) sont remplacés par des ions Cl^- (aq) en même quantité et dont la conductivité molaire ionique est beaucoup plus faible que celle de HO^- (aq). C'est pour cela que la conductivité de la solution diminue linéairement.
- Dans le second domaine, la totalité de l'espèce titrée (HO^-) a été consommée et elle devient alors le réactif limitant. La composition chimique du système évolue en raison des ajouts de réactifs titrant sans donner lieu à une transformation chimique. L'addition d'ions H_3O^+ et Cl^- dans la solution se traduit par une augmentation de la conductivité de la solution.
- Un point singulier sépare les deux domaines précédents, il s'agit de l'équivalence. En ce point $n_{(HO^-, initial)} = n_{(H_3O^+, versé)}$. Il devient désormais possible de repérer l'équivalence sur la courbe expérimentale (ainsi que le volume d'acide versé pour atteindre l'équivalence) et en conséquence, de déterminer la concentration molaire inconnue de l'hydroxyde de sodium à titrer.

5- Volume d'acide versé pour atteindre l'équivalence :

De la courbe de dosage, on déduit le volume d'acide chlorhydrique versé pour atteindre l'équivalence :

$$\underline{V_{A,eq} = 12,49 \text{ mL}}$$

6- En déduire la concentration du DESTOP :

On a à l'équivalence :

$$C'_B = \frac{C_A \times V_{Aeq}}{V_B} = \frac{0,100 \times 12,49}{20} = 6,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

Sachant que le DESTOP a été dilué 100 fois, on en déduit sa concentration :

$$C_B = 100 \times C'_B = 100 \times 6,2 \cdot 10^{-2} = 6,2 \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration du DESTOP est donc d'environ $6,2 \text{ mol.L}^{-1}$ ce qui est conforme à la valeur donnée par le fabricant ($6,15 \text{ mol.L}^{-1}$).