

Un déboucheur est un produit ménager est corrosif. Il s'agit d'une solution concentrée d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) à laquelle ont été ajoutés un colorant et de l'ammoniaque (pour l'odeur), afin de bien l'identifier comme un produit dangereux.

Le but de ce TP est de réaliser un contrôle qualité du déboucheur en vérifiant le titre massique indiqué grâce à un titrage avec suivi conductimétrique.



Données :

- Titre massique du déboucheur : $w_{\text{NaOH}} = 20 \%$
- Densité de la solution : $d = 1,21$
- Masse molaire de l'hydroxyde de sodium $M = 40,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

On va utiliser une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) comme solution titrante.

Préliminaires :

1. Déterminer la concentration théorique C_B en hydroxyde de sodium de la solution du déboucheur.
2. On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Déterminer la valeur du volume équivalent si on dose par titrage un volume de 10,0 mL de la solution du déboucheur.
3. Commenter le résultat précédent et proposer une solution au problème rencontré.

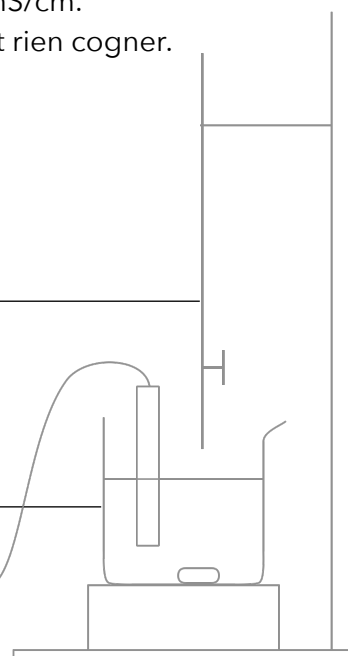
- ✏ Mettre en place le montage schématisé ci-contre.
Le conductimètre est supposé étalonné et placé sur le calibre 0-2 mS/cm.
L'agitation doit être sans éclaboussure et le barreau aimanté ne doit rien cogner.


Burette graduée contenant une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

Bécher contenant :

- $V_B = 10,0 \text{ mL}$ de solution du déboucheur diluée 500 fois ;
- Un volume $V_{\text{eau}} = 100 \text{ mL}$;
- un barreau aimanté qui ne doit pas cogner la sonde conductimétrique !!


Conductimètre




 Réaliser le titrage en remplissant le tableau suivant. Entrer les valeurs dans Régressi au fur et à mesure (voir notice).

$V_A(\text{mL})$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
$\sigma(\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1})$												
$V_A(\text{mL})$	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0
$\sigma(\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1})$												

 Tracer avec Régressi $\sigma = f(V_A)$.

 Modéliser les deux morceaux distincts de la courbe par des droites en utilisant les « bornes » dans l'onglet « Modélisation » (exclure les points trop près de la rupture de pente).

 Déterminer le volume équivalent :

$$V_E = \dots$$

Exploitation

1. Déterminer la concentration C_B en ions hydroxyde du déboucheur.

Détermination de l'incertitude (type B) par une méthode de Monte-Carlo

La variabilité de C_B est expliquée par différentes incertitudes qui s'accumulent tout au long du protocole :

- incertitude sur le volume V_f de la fiole jaugée de 1000 mL ayant permis de faire la dilution de facteur 500 : $u(V_f) = 0,4 \text{ mL}$
- incertitude sur le volume V_p de la pipette jaugée de 2,00 mL ayant permis de faire la dilution de facteur 500 : $u(V_p) = 0,010 \text{ mL}$
- concentration du titrant C_A : $u(C_A) = 0,01 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- volume de la pipette jaugée V_B de 10,0 mL utilisée pour prélever la solution titrée : $u(V_B) = 0,04 \text{ mL}$
- volume équivalent V_E : $u(V_E) = 0,1 \text{ mL}$

La formule de composition d'incertitudes donne :

$$u(C_B) = C_B \times \sqrt{\left(\frac{u(V_f)}{V_f}\right)^2 + \left(\frac{u(V_p)}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{u(C_A)}{C_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_B)}{V_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2}$$

Plutôt que d'utiliser cette formule, on peut réaliser une **simulation Monte-Carlo** :

il s'agit de tirer au hasard un jeu de données (V_f , V_p , C_A , V_B , V_E) choisies dans les intervalles d'incertitude indiqués. On calcule ensuite C_B à partir des valeurs choisies. Et on répète la procédure 500 000 fois !

L'incertitude-type sur C_B est alors calculée comme l'écart-type expérimental des valeurs de C_B obtenues.

2. En utilisant le programme dans le notebook Python lié au TP, vérifier que l'incertitude-type ainsi obtenue est bien la même que celle donnée par la formule. Il faut pour cela compléter le volume équivalent à la ligne 15 et entrer les formules permettant d'obtenir C_B à la ligne 47 et $u(C_B)$ à la ligne 48.

3. Donner le résultat final obtenu pour la concentration C_B du déboucheur.

Est-ce compatible avec le titre massique indiqué ?