

**Activité Expérimentale 1**« Dosage colorimétrique et conductimétrique d'une solution d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ »

Nom :

Nom :

Introduction

L'entreprise chimique Allabase- Cétainasside demande à un laboratoire d'analyses de déterminer le plus précisément possible la concentration notée C_b d'une solution S_1 d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ qu'elle utilise régulièrement.

Loris Quaigrand, le directeur du Laboratoire confie à une stagiaire Jenny Kompran-Rihain le soin de faire les analyses mais en lui précisant qu'elle devra mettre au point une technique rapide et fiable ...

Il faut donc aider Jenny à tester **2 méthodes de dosage** (colorimétrique et conductimétrique) pour ensuite choisir la plus fiable et la plus rapide.

Principe du dosage colorimétrique et conductimétrique d'une solution :

L'idée générale est de faire réagir l'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) solution S_1 avec une solution S_2 d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) de façon à consommer toute la quantité initiale $n_{\text{HO}^-}^{\text{initiale}}$ d'ions hydroxyde HO^- contenue dans un certain volume V_1 de la solution S_1 et de repérer le volume d'acide versé nécessaire : Ce volume d'acide versé sera appelé $V_{\text{éq}}$ volume à l'équivalence.

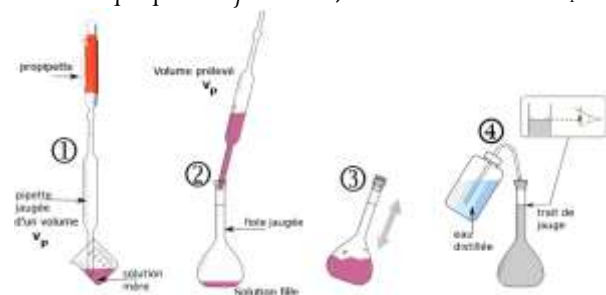
Lorsque toute la quantité initiale $n_{\text{HO}^-}^{\text{initiale}}$ d'ion hydroxyde HO^- sera consommée on parlera d'équivalence.

Une fois le volume $V_{\text{éq}}$ versé d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$), il sera possible de déterminer la quantité $n_{\text{HO}^-}^{\text{initiale}}$ versée et ainsi de déterminer sa concentration molaire C_b

I Dosage par colorimétrie de la solution S1 d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) :**1- Dilution de la solution S2 d'acide chlorhydrique $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$**

La solution S_2 d'acide chlorhydrique, de concentration molaire $C_a = 8,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$, étant trop concentrée, il faut la diluer **10 fois** pour obtenir une solution notée S'_2 de concentration molaire C'_a .

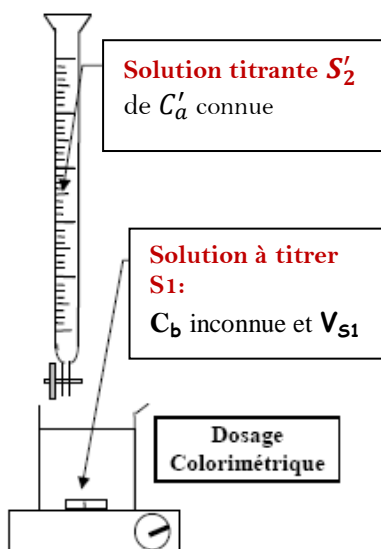
On veut préparer $V_f = 200,0 \text{ mL}$ de solution S_1 .



Rappel : lors d'une dilution,

$$n_{\text{mère}}^{\text{prélevé}} = n_{\text{filles}}^{\text{introduite}}$$

Répondre à la question Q1
puis réaliser cette solution S'_2

2- Réalisation du montage de titrage par colorimétrie:

Solution titrante S'_2
de C'_a connue

Solution à titrer S_1 :
 C_b inconnue et V_{S1}

Dosage
Colorimétrique

Préparation du bécher : Solution à titrer

- Prélever un volume $V_{S1} = 10,0 \text{ mL}$ de la **solution S_1 d'hydroxyde de sodium** avec une pipette jaugée, le verser dans un bécher, déposer le sur l'agitateur magnétique et introduire le barreau aimanté.

Préparation de la burette: Solution titrante S'_2

- Nettoyer la burette. Voir ci-contre
- Remplir la burette avec la solution S'_2 titrante **acide chlorhydrique** de concentration C'_a , **robinet fermé.**

Utilisation d'une burette :

- **Nettoyage de la burette :** Avec de l'eau distillée, verser quelques mL sur les parois après avoir ouvert le robinet et mis un bécher poubelle. Effectuer la même chose avec la solution titrante.
- **Le zéro :** verser la solution titrante au dessus du zéro puis ajuster le pincement du ménisque sur le zéro.
- **Lecture :** L'œil au niveau du ménisque la lecture se fait sur le pincement.

3- Choix de l'indicateur coloré :

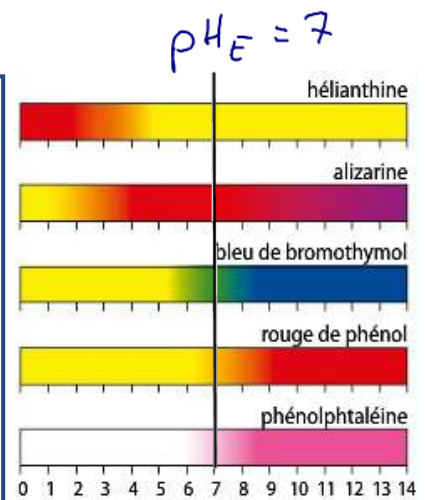
Choix de l'indicateur coloré

Le suivi colorimétrique d'un dosage peut s'effectuer en ajoutant à la solution à titrer – ici la solution **indicateur coloré** qui va changer de couleur à l'équivalence. La détermination du volume équivalent V_E s'effectue alors par mesure directe du volume de solution titrant versé sur la burette au moment du changement de couleur.

Par exemple, lors d'un titrage acido-basique, **si** le pH à l'équivalence (pH_E) est connu à l'avance et que les solutions sont incolores, il faut choisir **un indicateur coloré acido-basique**.

L'indicateur coloré devra être choisi avec une zone de virage (zone changement de couleur) qui englobe la valeur du pH à l'équivalence.

Ci-contre: les couleurs et zones de virage de quelques indicateurs colorés usuels en fonction du pH.



Jenny Kompran-Rihain s'est renseignée et a trouvé un pH_E à l'équivalence égale à 7,0

L'indicateur le plus adapté sera donc **bleu de bromothymol**.

APPEL 1 : Appeler le professeur pour vérification du choix de l'indicateur et de votre montage

Question 1 : Calcul rigoureux du volume V_p à prélever de la solution S_2 d'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$) pour fabriquer la solution :

$M_{\text{prélevée}} = M_{\text{introduit}}$ $S_2 = S_2'$ $\Rightarrow C_a \times V_p = C'_a \times V_f$ $\Rightarrow V_p = \frac{C'_a \times V_f}{C_a}$	$\Rightarrow V_p = \frac{C'_a \times V_f}{10 C'_a} = \frac{V_f}{10} = \frac{200}{10} = 20 \text{ mL}$ <p>Calcul de la concentration molaire C'_a</p> $C_a = 10 \times C'_a \Rightarrow C'_a = \frac{C_a}{10} = \frac{8,5 \cdot 10^{-2}}{10}$ $\Rightarrow C'_a = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$
--	--

Précisez

la verrerie à utiliser nécessaire à la dilution

fiOLE jaugée de 200 mL ; pipette jaugée de 10 mL ; bécHER

Revenir Au paragraphe I-2

- Verser une dizaine de gouttes de l'indicateur coloré adéquat dans le bécHER contenant la solution S_1 .
- Découper une feuille blanche à la dimension de l'agitateur magnétique et la déposer sous le bécHER.
- Réaliser le titrage en versant doucement la solution S_2' et déterminez le volume à l'équivalence en arrêtant de verser dès le changement de couleur.

Par colorimétrie : $V_{eq1} = \dots 10,2 \dots \text{mL} \dots$

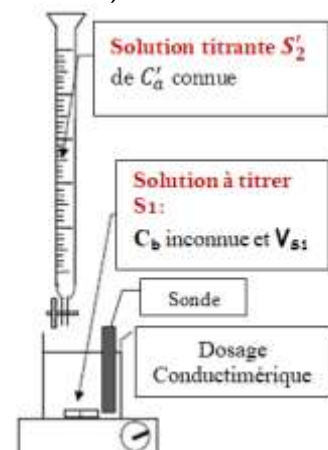
APPEL 2 : Appeler le professeur pour vérification du volume V_{eq1}

II Dosage par conductimétrie de la solution S_1 d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) :

1- Montage et dosage :

- Remplir la burette.
- Verser $V_{S1} = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 d'hydroxyde de sodium
- Ajouter environ 10 mL d'eau distillée (éprouvette) dans le bécHER.
- Immerger la sonde conductimétrique dans le bécHER: Elle ne doit pas toucher l'agitateur.
- Noter la première valeur de la conductivité dans le fichier « dosage-NaOH-conductimetre.xlsx » (capneuronal)
- Verser 1 mL de la solution S_2' , attendre quelques seconde et noter la nouvelle valeur de la conductivité. Refaire la mesure jusqu'à un volume de 25 mL

Imprimer la courbe $\sigma = f(V_{\text{versé}})$

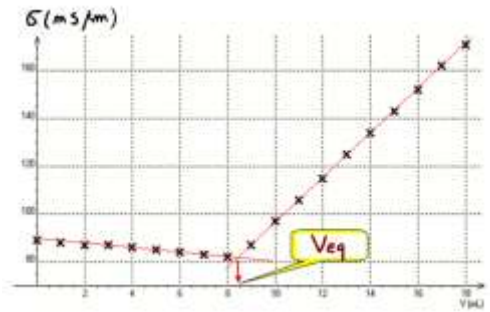


2- Interprétation de la courbe $\sigma = f(V_{versé})$

La courbe $\sigma = f(V_{versé})$ est constituée de 2 droites. Le volume à l'équivalence V_{eq2} est obtenu à l'intersection de ces 2 droites.

Graphiquement, $V_{eq2} = 10,6 \dots mL$

Voir courbe à la fin



APPEL 3 : Appeler le professeur vérifier V_{eq2}

Remarque : Pour la suite vous utiliserez $V_{eq} = 10,6 \dots mL$

III Détermination de la concentration C_b de la solution S1 d'hydroxyde de sodium :

1- Equation de la réaction de titrage entre la solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) et la solution acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$)

a- Ions présents dans le bécher :

Lorsque vous avez versé de la solution S'_2 dans le bécher, quels sont les ions présents dans le bécher.

Na^+, HO^-, H_3O^+, Cl^-

Quels sont les ions spectateurs qui n'apparaissent jamais dans une équation de réaction ?

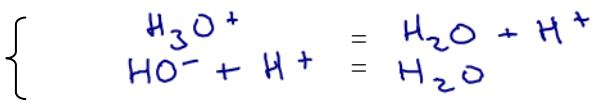
Na^+ et Cl^-

b- La réaction de titrage est une réaction acido-basique. Elle est totale, rapide et unique.

- Identifier les réactifs de la réaction et les couples acide/base mis en jeu

Réactifs	H_3O^+	HO^-
couples	H_3O^+/H_2O	H_2O/HO^-

- Ecrire les demi-équations de chaque couple de façon à placer les réactifs à gauche et les produits à droite



Additionner membre à membre les demi-équations pour obtenir l'équation acide-base



2- Calcul de la concentration C_b de la solution S1

D'après l'équation de titrage, à l'équivalence, la quantité $n_{HO^-}^{initiale}$ est égale à la quantité $n_{H_3O^+}^{versée}$. (Même raisonnement qu'une dilution !)

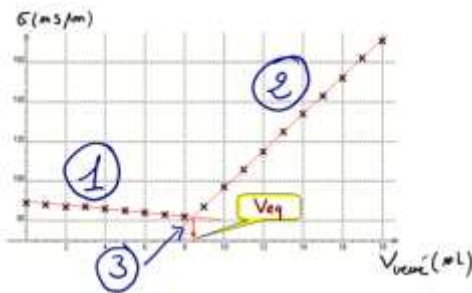
Calcul la concentration C_b

$$\frac{n_{HO^-}}{1} = \frac{n_{H_3O^+}}{1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_b V_{S1} = C'_a V_{eq}$$

$$\Rightarrow C_b = \frac{C'_a \times V_{eq}}{V_{S1}} = \frac{8,5 \cdot 10^{-3} \times 10,6}{10} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

IV- Interprétation de l'allure de la courbe



Réécrire l'équation de réaction de titrage



1- Avant l'équivalence : partie 1, quels sont les ions présents ? Justifier

Avant l'équivalence, H_3O^+ est le réactif limitant.

Ions présents : Na^+, HO^-, Cl^-

Au fur et à mesure du versement de la solution S'_2 sur la partie 1

Quelle est la concentration qui diminue ?

$[HO^-]$

Quelle est la concentration qui est constante ?

$[Na^+] = \text{constante}$

Quelle est la concentration qui est nulle ?

$[H_3O^+] = 0,0 \text{ mol/L}$

Quelle est la concentration qui augmente ?

$[Cl^-]$

Pourquoi la solution dans le bécher est-elle rose au début ?

2- A l'équivalence : partie 3

Quelles sont les 2 concentrations qui sont nulles ?

$[H_3O^+]_{eq} = [HO^-]_{eq} = 0 \text{ mol/L}$

Quelles est l'expression de la conductivité à l'équivalence ?

$$\sigma_{\text{eq}} = \lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{Cl}^-} \times [\text{Cl}^-]$$

3- Après l'équivalence, partie 2 : quels sont les ions présents ? Justifier. *Après l'équivalence l'ion H_3O^+ est le réactif limitant.*
 $\text{Na}^+, \text{Cl}^-, \text{H}_3\text{O}^+$

Au fur et à mesure du versement de la solution S₂ sur la partie 3

Quelle est la concentration qui diminue ?

Quelle est la concentration qui est nulle ?

Quelle est la concentration qui est constante ?

Quelles sont les concentrations qui augmentent ?

$[\text{Na}^+] = \text{constante}$

$[\text{H}_3\text{O}^+] \quad [\text{Cl}^-]$

III- Rapport et calcul des incertitudes :

- la burette est de classe A. L'incertitude élargie $\Delta V_{\text{burette}} = 0,03$ mL ce qui signifie par exemple que pour un volume lu de 12,0 mL, la valeur du volume est $V_{\text{burette}} = (12,00 \pm 0,03)$ mL

- La pipette jaugée est de classe A, l'incertitude élargie est alors 0,02 mL le volume prélevé est donc $V = (50,00 \pm 0,02)$ mL donc l'incertitude est $\Delta V_{\text{pipette}} = 0,02$ mL

- la solution titrante est une solution S₂ d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) de concentration $C_a = 8,5 \cdot 10^{-2}$ mol.L⁻¹ L'incertitude élargie sur C_a est de $\Delta C_a = 0,5$ mmol.L⁻¹

Pour la méthode de colorimétrie, l'incertitude élargie est de $\Delta V_{\text{colorimétrie}} = 1$ mL

Pour le méthode avec le conductimètre, l'incertitude élargie est de $\Delta \sigma = 0,02$ mS/cm

1- Formule de calcul d'incertitude relative de ΔC_b suivant la technique utilisée :

$$\frac{\Delta C_b}{C_b} = \sqrt{\left(\frac{\Delta V_{\text{burette}}}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{pipette}}}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_a}{C_a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{colorimétrie}}}{V_{\text{eq}}}\right)^2 \text{ ou } \left(\frac{\Delta \sigma}{\sigma_{\text{Eq}}}\right)^2}$$

Remarque : suivant la technique utilisée, des termes de cette formule peuvent disparaître.

Calculer

Exprimez $C_b = C_b \pm \Delta C_b$ dans le cas du dosage colorimétrique et le dosage conductimétrique

Colorimétrie

$$\Delta C_b = C_b \times \sqrt{\left(\frac{\Delta V_{\text{burette}}}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_p}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{eq}}}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_a}{C_a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{eq}}}{V_{\text{eq}}}\right)^2} = 9,0 \cdot 10^{-3} \times \sqrt{\left(\frac{0,03}{10,2}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{20}\right)^2 + \left(\frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{8,5 \cdot 10^{-2}}\right)^2 + \left(\frac{1}{10,2}\right)^2}$$

$\Rightarrow \Delta C_b = 1 \cdot 10^{-3}$ mol/L $\Rightarrow C_b = 9,0 \cdot 10^{-2} \pm 1 \cdot 10^{-3}$ mol/L $8,9 \cdot 10^{-2} \leq C_b \leq 9,1 \cdot 10^{-2}$

Conductimétrie

$$\Delta C_b = C_b \times \sqrt{\left(\frac{\Delta V_{\text{burette}}}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_p}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{eq}}}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_a}{C_a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \sigma}{\sigma_{\text{Eq}}}\right)^2} = 9,0 \cdot 10^{-3} \times \sqrt{\left(\frac{0,03}{10,6}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{20}\right)^2 + \left(\frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{8,5 \cdot 10^{-2}}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{0,14}\right)^2}$$

$\Rightarrow \Delta C_b = 7 \cdot 10^{-4}$ mol/L $\Rightarrow C_b = 9,0 \cdot 10^{-2} \pm 1 \cdot 10^{-3}$ mol/L $\Rightarrow 8,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} \leq C_b \leq 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

Quelle est d'après la méthode la plus précise ? *des calculs... montrent... la même... précision.*

2- Calcul de la conductivité σ_0 de la solution S1 avant le dosage. Vérifier avec la courbe $\sigma=f(V)$

	H_3O^+	HO^-	Cl^-	Na^+
λ (mS.m ² /mol)	34,98	19,98	7,63	5,01

Avant dosage, ions présents HO^- et Na^+
 $\Rightarrow \sigma = \lambda_{\text{HO}^-} \times [\text{HO}^-] + \lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+]$
 avec $[\text{HO}^-] = [\text{Na}^+] = C_b$

$$\Rightarrow \sigma = \lambda_{\text{HO}^-} \times C_b + \lambda_{\text{Na}^+} \times C_b = (\lambda_{\text{HO}^-} + \lambda_{\text{Na}^+}) \times C_b$$

$$\sigma = (34,98 + 5,01) \times 9,0 \cdot 10^{-3} \times 10^3 = 360 \text{ mS/m} = 3,60 \text{ mS/cm}$$

