

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 1. Méthodes chimiques d'analyse

CHAP 04-ACT EXP Dosage pH-métrique Acide Fort-Base Forte

CORRIGE

Objectifs :

- Réaliser une solution de concentration donnée en soluté apporté à partir d'une solution de titre massique et de densité fournis
- Mettre en œuvre le suivi pH-métrique d'un titrage ayant pour support une réaction acide-base

1. INTRODUCTION

Il s'agit de déterminer, par un dosage acido-basique, la concentration en ions hydroxyde OH^- d'une solution commerciale de Destop. Celle-ci est vendue pour déboucher les canalisations et contient essentiellement de l'hydroxyde de sodium et quelques adjuvants que l'on négligera.

Toutes les manipulations doivent être effectuées soigneusement



2. ESTIMATION DE LA CONCENTRATION

Il s'agit de déterminer la concentration de la solution commerciale de Destop à partir des indications portée sur l'étiquette.

*Contient de l'hydroxyde de sodium en solution : 20 % en masse ;
Densité : $d = 1,23$;
n'attaque pas l'émail ; dissout toute matière organique.*

Donnée : Masse molaire de l'hydroxyde de sodium : $M = 40,0 \text{ g.mol}^{-1}$

- 1) Calculer la valeur de la masse volumique du Destop : ρ_{Destop} en $\text{g.L}^{-1} = 1,23 \text{ g/mL} = 1230 \text{ g/L}$
- 2) En déduire la masse d'1 Litre de Destop : m_{Destop} en $\text{g} = \rho_{\text{Destop}} \times V = 1230 \text{ g}$
- 3) Calculer la masse d'hydroxyde de sodium dans 1 Litre de Destop : m_{NaOH} en $\text{g} = 1230 \times 0,20 = 246 \text{ g}$
- 4) En déduire le titre massique en hydroxyde de sodium du Destop : t_{NaOH} en $\text{g.L}^{-1} = 246 \text{ g/L}$
- 5) Estimer la concentration molaire en hydroxyde de sodium du Destop :

$$C_0 = C_{\text{NaOH}} \text{ en mol.L}^{-1} = t_{\text{NaOH}}/M_{\text{NaOH}} = 246/40,0 = 6,15 \text{ mol.L}^{-1}$$

3. DILUTION

Procéder à la dilution de la solution commerciale en suivant le protocole suivante :

Prélever 1 mL de la solution commerciale à l'aide d'une pipette jaugée que l'on verse dans une fiole jaugée de 100 mL ; compléter avec de l'eau distillée.

On obtient une solution diluée de Destop de concentration C_B en hydroxyde de sodium.

=> dilution au 100^{ème} : $C_B = C_0/100$

4. DOSAGE pH-METRIQUE

4.1. Protocole expérimental

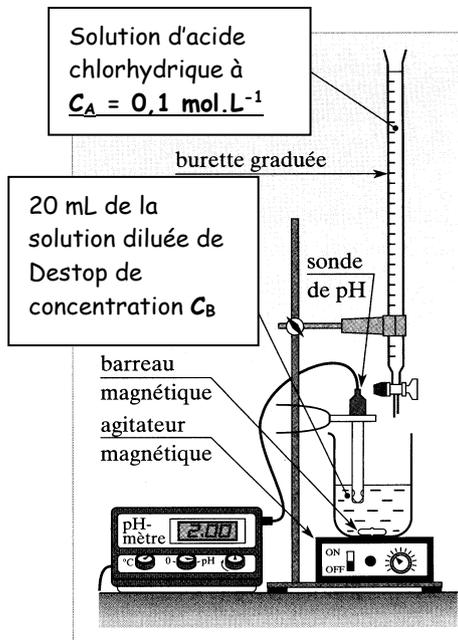
- Rincez la burette avec quelques millilitres de la solution d'acide chlorhydrique à $C_A = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.
- La remplir avec cette solution et ajuster le niveau du liquide au zéro en veillant à ce que l'extrémité inférieure de la burette soit correctement remplie sans bulles d'air.

- Mettre dans un bécher 20 mL de la solution diluée de Destop de concentration en hydroxyde de sodium C_B

Le pH-mètre est déjà étalonné

4.2. Montage et

dosage



- Ajoutez **mL par mL** la solution d'acide chlorhydrique
- A chaque ajout, attendre la stabilisation de la valeur du pH et relever la valeur dans un tableau (il y a un exemple de tableau ci-dessous)

Attention Attention Attention Attention Attention

- La sonde du pH-mètre doit plonger entièrement dans la solution, si ce n'est pas le cas, rajoutez de l'eau distillée dans le bécher. L'eau distillée ne modifie en rien le volume et le pH à l'équivalence
- Le barreau aimanté ne doit pas toucher la sonde du pH-mètre
- Attention, autour de l'équivalence, **rajoutez goutte à goutte** la solution d'acide chlorhydrique.

V_B (mL)													
pH													

4.3. Questions

- 6) Tracer sur papier millimétré et au fur et à mesure : $\text{pH} = f(V_A)$
- 7) Déterminer, par la méthode des tangentes, le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence (V_{BE}) ainsi que le pH à l'équivalence (pH_E). Détailler la méthode.
Noter sur votre rapport la valeur de pH_E et de V_{BE} **$\text{pH}_E = 7$ et $V_{BE} = 12,2$ mL**
- 8) En quoi l'ajout éventuelle d'eau distillée dans le bécher ne modifie pas les résultats du dosage ? **cela ne modifie pas la quantité d'ions hydroxyde introduit dans le bécher et dosée**
- 9) Ecrire l'équation bilan de la réaction support du titrage entre la solution d'acide chlorhydrique et la solution d'hydroxyde de sodium



- 10) Pourquoi le pH à l'équivalence est-il de 7 ? Détailler votre réponse

A l'équivalence, il n'y a plus que de l'eau $\text{pH} = 7$ + ($\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) sans propriété acido-basique

- 11) Déterminer la relation entre C_A ; V_{AE} ; V_B et C_B à l'équivalence. Détailler la méthode.

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :



$$C_B \times V_B = C_A \times V_{AE}$$

- 12) Calculer la concentration en hydroxyde de sodium C_B de la solution diluée de Destop, puis celle de la solution commerciale C_0 . **$C_B = C_A \times V_{AE} / V_B = 0,10 \times 12,2 / 20,0 = 0,061 \text{ mol.L}^{-1}$**

$$C_0 = 100 \times C_B = 6,1 \text{ mol.L}^{-1}$$

13) Estimer l'écart relatif entre la valeur expérimentale ainsi obtenue et la valeur de référence fournie sur l'étiquette du Destop.

$$\text{Ecart relatif : } \Delta (\text{en } \%) = \left| \frac{(6,15-6,1)}{6,15} \right| \times 100 = 1 \%$$

14) a) Pour $V_B = 5 \text{ mL}$, calculer le nombre de moles des différentes espèces présentes

Dans le mélange réactionnel avant l'équivalence :

$$\begin{aligned} - n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) &= 0 \quad (\text{réactif limitant}) \\ - n(\text{HO}^-_{(\text{aq})}) &= n(\text{HO}^-_{(\text{aq})} \text{ titré}) - n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \text{ versé}) \quad (\text{réactif en excès}) \\ &= C_A \cdot V_{AE} - C_A \cdot V_A \\ &= 0,10 \times 12,2 \cdot 10^{-3} - 0,10 \times 5,0 \cdot 10^{-3} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

autre méthode :

Pour $V_B = 5 \text{ mL}$ on a $\text{pH} = 12$ donc : $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$

- Calcul de $n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})})$ dans le mélange :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) = [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] \cdot V = 10^{-12} \cdot (20+5) \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-14} \text{ mol} \text{ Négligeable}$$

- Calcul de $n(\text{HO}^-_{(\text{aq})})$ dans le mélange :

$$n(\text{HO}^-_{(\text{aq})}) = [\text{HO}^-_{(\text{aq})}] \cdot V = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]} \cdot V = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} \cdot (20+5) \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

b) Pour $V_B = 20 \text{ mL}$, calculer le nombre de moles des différentes espèces présentes

Dans le mélange réactionnel après l'équivalence :

$$\begin{aligned} - n(\text{HO}^-_{(\text{aq})}) &= 0 \quad (\text{réactif limitant}) \\ - n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) &= n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \text{ versé}) - n(\text{HO}^-_{(\text{aq})} \text{ titré}) \quad (\text{réactif en excès}) \\ &= C_A \cdot V_A - C_A \cdot V_{AE} \\ &= 0,10 \times 20,0 \cdot 10^{-3} - 0,10 \times 12,2 \cdot 10^{-3} = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

autre méthode :

Pour $V_B = 20 \text{ mL}$ on a $\text{pH} = 3$ donc : $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

- Calcul de $n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})})$ dans le mélange :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) = [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] \cdot V = 10^{-3} \cdot (20+20) \cdot 10^{-3} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

- Calcul de $n(\text{HO}^-_{(\text{aq})})$ dans le mélange :

$$n(\text{HO}^-_{(\text{aq})}) = [\text{HO}^-_{(\text{aq})}] \cdot V = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]} \cdot V = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} \cdot (20+20) \cdot 10^{-3} = 40 \cdot 10^{-14} \text{ mol. Négligeable}$$

15) a) Quel est le réactif limitant avant l'équivalence ? H_3O^+

b) Quel est le réactif limitant après l'équivalence ? HO^-

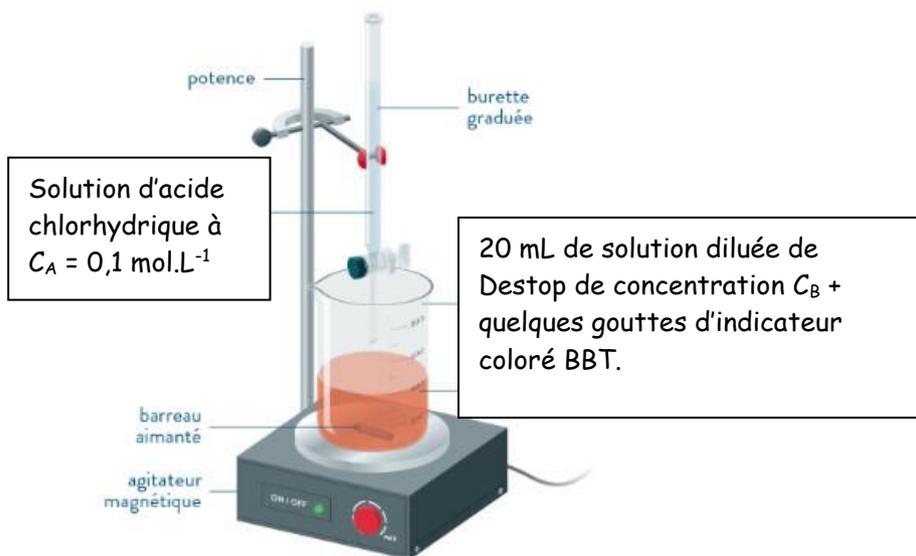
5. DOSAGE A L'AIDE D'UN INDICATEUR COLORE

5.1. Protocole expérimental

- Re-remplir la burette avec la solution d'acide chlorhydrique à $C_A = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Mettre dans un bécher, $V_B = 10 \text{ mL}$ de la solution diluée de Destop de concentration C_B
- Rajoutez gouttes d'indicateur coloré BBT (Bleu de BromoThymol)

5.2. Montage et dosage

- Ajoutez goutte à goutte la solution d'acide chlorhydrique jusqu'au virage de l'indicateur coloré
- relevez le volume d'acide versé à l'équivalence V_{AE}



5.3. Questions

16) Justifier le choix du BBT comme indicateur coloré. cf. ANNEXE zone virage indicateur

Bleu de bromothymol, BBT (2° virage)	jaune	6,0-7,6
Rouge de phénol (Phénolsulfonephtaléine)	jaune	6,6-8,0
Rouge neutre	rouge	6,8-8,0
Rouge de crésol (base - 2° virage)	jaune	7,2-8,8

Il faut choisir un indicateur coloré tel que le pH_E soit compris dans la zone de virage de l'indicateur coloré

17) Déterminer l'ordre de grandeur de la concentration C_B de la solution diluée de Destop.

On obtient le virage de l'indicateur coloré du bleu au jaune pour $V_{AE} = 12,5 \text{ mL}$.

$$C_B = C_A \times V_{AE} / V_B = 0,10 \times 12,5 / 20,0 = 0,063 \text{ mol.L}^{-1}$$

En déduire un ordre de grandeur de la concentration C_0 de la solution commerciale.

$$C_0 = 100 \times C_B = 6,3 \text{ mol.L}^{-1}$$

18) Estimer l'écart relatif entre la valeur expérimentale ainsi obtenue et la valeur de référence fournie sur l'étiquette du Destop.

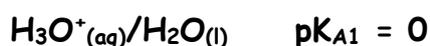
$$\text{Ecart relatif : } \Delta (\text{en } \%) = \left| \frac{(6,15 - 6,3)}{6,15} \right| \times 100 = 2,4 \%$$

19) CONCLURE sur les avantages et les inconvénients d'un titrage colorimétrique comparé à un titrage pH-métrique. C'est plus rapide mais c'est moins précis

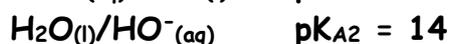
Données :

Couples acide-bases

Ion hydronium/eau



Eau/ion hydroxyde



Produit ionique de l'eau :

