

## Titration des ions hypochlorite dans l'Eau de Javel - CORRECTION

### II- TITRAGE DE L'EAU DE JAVEL

1- Ici, on réalise d'abord la réaction **(1)** puis, par la réaction **(2)**, on va doser l'espèce  $I_2$  formée lors de la réaction **(1)**. C'est donc la **méthode 1** de titrage indirect qui va être utilisée.

2- **Calcul du volume de solution mère  $S_A$  à diluer :**

On doit préparer une solution fille  $S_B$  : # de volume :  $V_B = 50,00 \text{ mL}$

# de concentration :  $C_B = \frac{1}{5} C_A$

En diluant une solution mère  $S_A$  : # de volume :  $V_A = ?$

# de concentration :  $C_A$

Lors de la dilution, la quantité de matière de soluté se conserve, donc  $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_B$ .

On en déduit donc que :  $C_A \cdot V_A = \frac{1}{5} C_A \cdot V_B$  et donc que  $V_A = \frac{1}{5} V_B = \underline{10,00 \text{ mL}}$ .

**Protocole expérimental :**

- # Prélever  $V_A = 10,00 \text{ mL}$  de solution  $S_A$  à l'aide d'une pipette jaugée préalablement conditionnée ;
- # Les introduire dans une fiole jaugée de volume  $V_B = 50,00 \text{ mL}$  préalablement conditionnée ;
- # Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ;
- # Boucher puis agiter par retournements successifs pour homogénéiser la solution  $S_B$ .

3- Le volume  $V_1 = 15 \text{ mL}$  d'iodure de potassium n'a pas besoin d'être connu avec précision. Il permet simplement d'introduire les ions iodure en excès. Une éprouvette graduée suffit pour prélever le volume  $V_1$ .

Le volume  $V_B' = 20,00 \text{ mL}$  de solution  $S_B$  doit en revanche être connu avec précision car c'est ce volume qui contient les ions hypochlorite pour lesquels on cherche une information. On prélève donc  $V_2$  avec une pipette jaugée de  $20,00 \text{ mL}$ .

4- A l'équivalence, le réactif titré ( $I_2$ ) et le réactif titrant ( $S_2O_3^{2-}$ ) ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction **(2)**. On a donc :

$$\frac{n_{I_2, \text{dosé}}}{1} = \frac{n_{S_2O_3^{2-}, \text{versé}}}{2} \leftrightarrow n_{I_2, \text{dosé}} = \frac{C_2 \times V_E}{2}$$

Or, la quantité de matière de diiode  $n_{I_2, \text{dosé}}$  dosée par la réaction **(2)** est celle qui s'est formée  $n_{I_2, \text{formé}}$  durant la réaction **(1)**. On en déduit donc que :

$$n_{I_2, \text{formé}} = \frac{C_2 \times V_E}{2}$$

5- D'après l'équation chimique de la réaction (1), on peut affirmer que :

$$\frac{n_{ClO^-, \text{consommé}}}{1} = \frac{n_{I_2, \text{formé}}}{1}$$

Or, les ions iodure  $I^-$  ayant été introduits en excès, les ions hypochlorite  $ClO^-$  constituent le réactif limitant. Autrement l'intégralité des ions hypochlorite  $ClO^-$  initialement présents dans le mélange réactionnel ont été consommés, donc  $n_{ClO^-, \text{consommé}} = n_{ClO^-, i}$ .

Finalement :  $n_{ClO^-, i} = n_{I_2, \text{formé}}$

6- Par définition :  $C_B = \frac{n_{ClO^-, i}}{V_B'}$   $\leftrightarrow$   $C_B = \frac{n_{I_2, \text{formé}}}{V_B'}$   $\leftrightarrow$   $C_B = \frac{C_2 \times V_E}{2 V_B'}$

7- D'après la question 2-,  $C_A = C_B \times \frac{V_B}{V_A}$   $\leftrightarrow$   $C_A = \frac{C_2 \times V_E \times V_B}{2 V_B' \times V_A}$  (c'est-à-dire  $C_A = \frac{5 C_2 \times V_E}{2 V_B'}$ )

- 8- D'après le Document 1-, la solution  $S_A$  a été préparée en diluant 4 fois le berlingot. On en déduit donc que **le berlingot est 4 fois plus concentré que la solution  $S_A$ .**

$$\text{Donc } C_0 = 4 C_A, \text{ soit finalement : } C_0 = \frac{4 C_2 \times V_E \times V_B}{2 V'_B \times V_A} \leftrightarrow C_0 = \frac{2 C_2 \times V_E \times V_B}{V'_B \times V_A}$$

- 9- L'empois d'amidon est un **indicateur coloré qui permet de mieux repérer l'équivalence**. Il forme un complexe bleu foncé avec le diiode : ainsi, la consommation totale du diiode à l'équivalence sera marqué par un mélange réactionnel passant du bleu foncé à l'incolore, ce qui est plus facile à repérer que le passage du jaune pâle à l'incolore en l'absence d'empois d'amidon.

**On le met en fin de titrage pour ne pas rater l'équivalence.** En effet, si on l'introduit dès le début du titrage, le mélange réactionnel prend tout de suite une couleur bleu-foncé et ne s'éclaircit que très peu lors du titrage : il n'y a qu'à l'équivalence que le mélange devient brutalement incolore. Pour ne pas rater l'équivalence, il faudrait réaliser un goutte à goutte dès le début du titrage et cela jusqu'à la fin. Ceci rendrait le titrage très chronophage ! En revanche, en l'absence d'empois d'amidon, on voit clairement le mélange réactionnel s'éclaircir en passant de l'orange foncé à l'orange clair puis au jaune pâle : on peut donc verser le réactif titrant relativement rapidement (sans goutte à goutte) jusqu'à ce que le mélange réactionnel soit jaune pâle puis, à ce moment là seulement, rajouter l'empois d'amidon et réaliser un goutte à goutte.

- 10- On obtient expérimentalement un volume équivalent  $V_E = 11,4 \text{ mL}$ . On applique donc la formule établie à la question 8- :

$$C_0 = \frac{2 C_2 \times V_E \times V_B}{V'_B \times V_A}$$

$$\underline{AN} \rightarrow C_0 = \frac{2 \times 1,00 \cdot 10^{-1} \times 11,4 \times 50,00}{20,00 \times 10,00} \quad \text{soit } \underline{C_0 = 0,570 \text{ mol.L}^{-1}}$$

- 11- Soit  $V_{\text{eau de Javel}} = 1,00 \text{ L}$ .

La quantité de matière  $n_0$  d'ions hypochlorite  $\text{ClO}^-_{(aq)}$  présents dans ce volume vaut :

$$n_0 = C_0 \cdot V_{\text{eau de Javel}}$$

D'après l'équation de réaction :  $\text{ClO}^-_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Cl}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$ , qu'on suppose totale, la quantité de matière  $n(\text{Cl}_2)$  de dichlore  $\text{Cl}_2(g)$  qui se forme est égale à celle d'ions hypochlorite  $\text{ClO}^-_{(aq)}$  consommée, c'est-à-dire à la quantité  $n_0$ . Donc  $n(\text{Cl}_2) = n_0$ .

En assimilant le dichlore à un gaz parfait, on peut lui appliquer l'équation d'état des gaz parfaits. Le volume  $V(\text{Cl}_2)$  de dichlore qui sera donc libéré vaut donc :

$$V(\text{Cl}_2) = \frac{n(\text{Cl}_2) \times R \times T}{P} \quad \Leftrightarrow \quad V(\text{Cl}_2) = \frac{C_0 \times V_{\text{eau de Javel}} \times R \times T}{P}$$

$$\underline{AN} \rightarrow V(\text{Cl}_2) = \frac{0,570 \times 1,00 \times 8,31 \times 273,15}{1,00 \cdot 10^5} \quad \text{soit } \underline{V(\text{Cl}_2) = 1,29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 12,9 \text{ L}}$$

Le degré chlorométrique de l'eau de Javel s'identifiant à ce volume exprimé en litre, on en déduit que cette eau de Javel a un **degré chlorométrique de 12,9 °**. Cette valeur est inférieure à celle inscrite sur le berlingot car l'eau de Javel est instable et se dégrade avec le temps.

### III- CALCULS D'INCERTITUDES

- 12- Le volume  $V_A = 10,00 \text{ mL}$  qui a été dilué pour préparer la solution  $S_B$  a été prélevé à l'aide d'une pipette jaugée de tolérance  $t_A = 0,02 \text{ mL}$ .

$$\text{Par définition, } u(V_A) = \frac{t_A}{\sqrt{3}} \quad \underline{AN} \rightarrow u(V_A) = \frac{0,02}{\sqrt{3}} \quad \text{soit } \underline{u(V_A) = 0,0115 \text{ mL}}$$

13- Le volume  $V_B = 50,00 \text{ mL}$  de solution  $S_B$  a été préparé dans une fiole jaugée de tolérance  $t_B = 0,06 \text{ mL}$ .

Par définition,  $u(V_B) = \frac{t_B}{\sqrt{3}}$   $\underline{AN} \rightarrow u(V_B) = \frac{0,06}{\sqrt{3}}$  soit  $\underline{u(V_B) = 0,0346 \text{ mL}}$

14- Le volume  $V'_B = 20,00 \text{ mL}$  de solution  $S_B$  étudié pour réaliser le titrage a été prélevé avec une pipette jaugée de tolérance  $t'_B = 0,03 \text{ mL}$ .

Par définition,  $u(V'_B) = \frac{t'_B}{\sqrt{3}}$   $\underline{AN} \rightarrow u(V'_B) = \frac{0,03}{\sqrt{3}}$  soit  $\underline{u(V'_B) = 0,0173 \text{ mL}}$

15- La plus petite graduation de la burette graduée vaut  $g = 0,05 \text{ mL}$ .

L'incertitude-type  $u_1$  associée à la lecture du zéro sur la burette et l'incertitude-type  $u_2$  associée à la lecture du volume versé à l'équivalence sur la burette valent donc toutes les deux :

$u_1 = u_2 = \frac{g}{2\sqrt{3}}$   $\underline{AN} \rightarrow u_1 = u_2 = \frac{0,05}{2\sqrt{3}}$  soit  $\underline{u_1 = u_2 = 0,0144 \text{ mL}}$

16- La burette graduée utilisée à une tolérance  $t_{BUR} = 0,05 \text{ mL}$ .

L'incertitude-type  $u_3$  associée à la tolérance de la burette vaut donc :

$u_3 = \frac{t_{BUR}}{\sqrt{3}}$   $\underline{AN} \rightarrow u_3 = \frac{0,05}{\sqrt{3}}$  soit  $\underline{u_3 = 0,0289 \text{ mL}}$

17- On applique la relation :  $u(V_E) = \sqrt{(u_1)^2 + (u_2)^2 + (u_3)^2}$ .

$\underline{AN} \rightarrow u(V_E) = \sqrt{0,0144^2 + 0,0144^2 + 0,0289^2}$  soit  $\underline{u(V_E) = 0,0354 \text{ mL}}$

18- D'après la formule des incertitudes composées :

$$u(C_0) = 2 \times C_2 \times \frac{V_E \times V_B}{V'_B \times V_A} \times \sqrt{\left(\frac{u(C_2)}{C_2}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(V_B)}{V_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V'_B)}{V'_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2}$$

$\underline{AN} \rightarrow u(C_0) = \frac{2 \times 1,00 \cdot 10^{-1} \times 11,4 \times 50,00}{20,00 \times 10,00} \times \sqrt{\left(\frac{0,0354}{11,4}\right)^2 + \left(\frac{0,0346}{50,00}\right)^2 + \left(\frac{0,0173}{20,00}\right)^2 + \left(\frac{0,0115}{10,00}\right)^2}$

soit  $\underline{u(C_0) = 0,002 \text{ mol.L}^{-1}}$

Pour conclure, la concentration des ions hypochlorite dans le berlingot vaut :

$\underline{C_0 = 0,570 \pm 0,002 \text{ mol.L}^{-1}}$