Spécialité : Du chlore dans le réseau d'eau potable

Bac S 2020 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

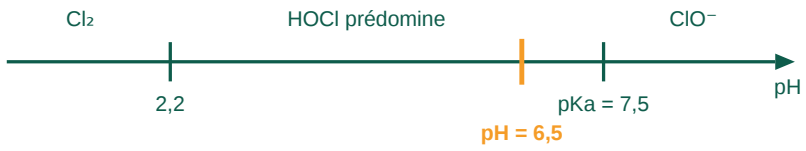
1 Lors du protocole de dosage par étalonnage, sous quelle forme se trouve majoritairement le chlore libre dans les solutions aqueuses ? Justifier.

Données utiles $\mathrm{p}K_a(\mathrm{HOCl}/\mathrm{ClO}^-) = 7{,}5$; dichlore présent seulement si $\mathrm{pH} < 2{,}2$; solution de DPD tamponnée à $\mathrm{pH} = 6{,}5$

La solution de DPD est tamponnée : dans chaque fiole, le pH est maintenu à $6{,}5$.

- $\mathrm{pH} = 6{,}5 > 2{,}2$: il n'y a pas de dichlore Cl_2 en solution.
- $\mathrm{pH} = 6{,}5 < \mathrm{p}K_a = 7{,}5$: l'acide du couple $\mathrm{HOCl}/\mathrm{ClO}^-$ prédomine sur sa base.

Le chlore libre est majoritairement sous forme d'acide hypochloreux HOCl.



1 · Domaines de prédominance du chlore libre et pH du dosage

COMPRENDRE

Cet exercice vient de l'ancien enseignement de spécialité (thème « L'eau »), qui n'existe plus sous cette forme. Les notions utilisées ici restent toutes au programme actuel de Terminale.

MÉTHODE

Tracer un axe de pH, y placer $2{,}2$ et $\mathrm{p}K_a = 7{,}5$, puis le pH du milieu : l'acide prédomine pour $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_a$, la base pour $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_a$.

2 Déterminer la concentration molaire en chlore libre dans la solution S_3 avant réaction avec la DPD. Problème : l'eau prélevée à la sortie de l'usine (absorbance $0{,}15$) a-t-elle une teneur en chlore libre conforme à la réglementation ?

Données utiles $C_0 = 1{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; S_3 : $V_0 = 1{,}50$ mL ; fiole de $V_f = 10{,}0$ mL ; $A = 0{,}15$; $M_{\text{Cl}} = 35{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; teneur minimale en sortie d'usine : $0{,}3\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Question 2. Lors d'une dilution, la quantité de chlore libre se conserve : $C_0\,V_0 = C_3\,V_f$.

$$C_3 = \frac{C_0\,V_0}{V_f} = \frac{1{,}0 \times 10^{-4} \times 1{,}50}{10{,}0}$$

$$C_3 = 1{,}5 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Problème. Étape 1 : droite d'étalonnage. De la même façon, $C_i = \dfrac{C_0\,V_0}{V_f}$ pour chaque solution fille. La concentration de l'espèce rose est égale à celle du chlore libre.

- S_1 : $C = 0{,}50 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $A = 0{,}08$
- S_2 : $C = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $A = 0{,}18$
- S_3 : $C = 1{,}5 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $A = 0{,}25$
- S_4 : $C = 2{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $A = 0{,}33$
- S_5 : $C = 2{,}5 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $A = 0{,}40$

Les points sont alignés avec l'origine : $A = k\,C$ (loi de Beer-Lambert), avec $k = 1{,}64 \times 10^4\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (coefficient directeur de la droite tracée, ou régression linéaire à la calculatrice).

Étape 2 : concentration dans la solution S.

$$C_S = \frac{A}{k} = \frac{0{,}15}{1{,}64 \times 10^4} = 9{,}1 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Étape 3 : concentration dans l'eau analysée. La fiole de $10{,}0$ mL contient $1{,}0$ mL de DPD, donc $V_{\text{eau}} = 9{,}0$ mL d'eau : l'eau a été diluée.

$$C_{\text{eau}} = \frac{C_S\,V_f}{V_{\text{eau}}} = \frac{9{,}1 \times 10^{-6} \times 10{,}0}{9{,}0} = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Étape 4 : teneur en chlore libre. Chaque entité de chlore libre (HOCl ici) contient un seul atome de chlore, donc la teneur en masse d'élément chlore est :

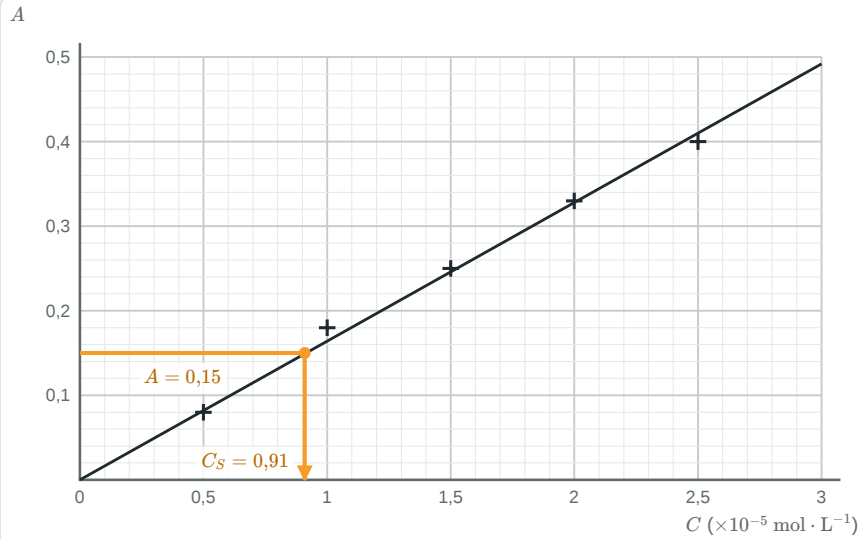
$$t = C_{\text{eau}} \times M_{\text{Cl}} = 1{,}0 \times 10^{-5} \times 35{,}5 = 3{,}6 \times 10^{-4}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$t \approx 0{,}36\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} > 0{,}3\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: la teneur en chlore libre de l'eau en sortie d'usine est conforme à la réglementation.

PIÈGE
Oublier que l'eau analysée est diluée par le millilitre de DPD : C_S est la concentration dans la fiole, pas dans l'eau. Multiplier par M_{HOCl} ou par $2\,M_{\text{Cl}}$ est aussi une erreur : la teneur compte la masse de chlore.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_0 et les absorbances. Le résultat dépasse le seuil de peu : on garde les valeurs non arrondies dans la calculatrice jusqu'à la fin avant de comparer à $0{,}3\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

MÉTHODE
Résolution de problème : annoncer les étapes, donner une relation littérale par étape, convertir dans l'unité de la norme, puis conclure par une phrase qui répond à la question posée.



2 · Droite d'étalonnage $A = k\,C$ et lecture pour $A = 0{,}15$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.0 \times 10^{-4} \times 1.50}{10.0} \approx 1.5 \times 10^{-5}$$

$$\frac{0.15}{1.64 \times 10^{4}} \approx 9.146341 \times 10^{-6}$$

$$\frac{\frac{0.15}{1.64 \times 10^{4}} \times 10.0}{9.0} \approx 1.01626 \times 10^{-5}$$

$$\frac{\frac{0.15}{1.64 \times 10^{4}} \times 10.0}{9.0} \times 35.5 \approx 3.607724 \times 10^{-4}$$