

25 Capsules de caféine

$$1. M(C_8H_{10}N_4O_2) = 8 \times M(C) + 10 \times M(H) + 4 \times M(N) + 2 \times M(O) \\ = 194 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$2. n = \frac{m}{M(C_8H_{10}N_4O_2)} = \frac{380 \times 10^{-3} \text{ g}}{194 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ = 1,96 \times 10^{-3} \text{ mol de caféine.}$$

3. Une tasse de café contient $0,4 \times 10^{-3}$ mol de caféine donc le nombre de tasse est $\frac{1,96 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,4 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 4,9$ soit environ 5 tasses.

28 Synthèse de l'éthanoate de vanilline

$$1. n = C \times V = 2,5 \times 25 \times 10^{-3} = 6,3 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

2. Quantité de matière de vanilline :

$$n_{\text{vani}} = \frac{m_{\text{vani}}}{M_{\text{vani}}} = \frac{1,5 \text{ g}}{(8 \times 12,0 + 8 \times 1,0 + 3 \times 16,0) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ = 9,9 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

Quantité de matière d'anhydride éthanoïque :

$$n_{\text{anh}} = \frac{m_{\text{anh}}}{M_{\text{anh}}} = \frac{\rho_{\text{anh}} \times V}{M_{\text{anh}}}.$$

$$M_{\text{anh}} = 4 \times 12 + 6 \times 1 + 3 \times 16 = 102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

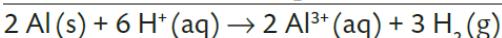
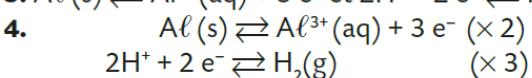
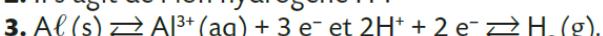
$$n_{\text{vani}} = n_{\text{anh}} = \frac{\rho_{\text{anh}} \times V}{M_{\text{anh}}} \text{ donc}$$

$$V = \frac{n_{\text{vani}} \times M_{\text{anh}}}{\rho_{\text{anh}}} = \frac{9,9 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1,08 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}} = 0,94 \text{ mL}$$

14 À chacun son rythme
Réaction avec l'aluminium

1. L'aluminium est un réducteur car il cède des électrons.

2. Il s'agit de l'ion hydrogène H^+ .



30 Solution commerciale d'éosine

$$1. F = \frac{C_0}{C_s} = 4 = \frac{V_s}{V_0} \text{ donc } V_0 = \frac{V_s}{4} = \frac{100,0 \text{ mL}}{4} = 25,0 \text{ mL.}$$

2. Prélever 25,0 mL de solution mère S_0 avec une pipette jaugée et la verser dans une fiole jaugée de 100,0 mL que l'on remplit à moitié d'eau distillée. Boucher et agiter. Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée puis agiter.

9 Déterminer la composition d'un système à l'état final

1.

| Équation de la réaction | | Pb ²⁺ (aq) + 2I ⁻ (aq) → PbI ₂ (s) | | |
|-------------------------|----------------------|---|-----------------------|----------------------|
| État du système | Avancement (en mmol) | Quantités de matière (en mmol) | | |
| | | n(Pb ²⁺) | n(I ⁻) | n(PbI ₂) |
| État initial | x = 0 | 5,0 | 5,0 | 0 |
| État intermédiaire | x | 5,0 - x | 5,0 - 2x | x |
| État final | x = x _f | 5,0 - x _f | 5,0 - 2x _f | x _f |

2. La transformation étant totale, $x_f = x_{\max}$.

Hypothèse 1 : si l'ion plomb (II) est le réactif limitant, alors $x_{\max} = 5,0 \text{ mmol.}$

Hypothèse 2 : si l'ion iodure est le réactif limitant, alors $x_{\max} = \frac{5,0}{2} = 2,5 \text{ mmol.}$ La plus petite des deux valeurs est l'avancement maximal donc $x_{\max} = 2,5 \text{ mmol.}$

3. Dans l'état final, $n_f(Pb^{2+}) = 5,0 - 2,5 = 2,5 \text{ mmol ;}$
 $n_f(I^-) = 5,0 - 2 \times 2,5 = 0 \text{ mmol et } n_f(PbI_2) = 2,5 \text{ mmol.}$

Exercice 3 : Entretien de l'eau d'une piscine

A.1 Déterminer la couleur perçue de l'espèce chimique E produite lors de cette réaction. Justifier.

[1 Pt] Le spectre présente une bande d'absorption entre 500 et 560 nm. La couleur absorbée est vert et la couleur de l'espèce chimique E opposée d'après le cercle chromatique est entre le violet et le rouge (pourpre).

A.2 Déterminer la masse molaire de la DPD et la quantité de matière de la DPD contenue dans une pastille de 5,0 mg de DPD.

[1 Pt] La formule brute de la DPD est C₁₀H₁₆N₂.

Masse molaire de la DPD :

$$M(DPD) = 10 \times M_C + 16 \times M_H + 2 \times M_N = 10 \times 12,0 + 16 \times 1,0 + 2 \times 14,0 = 164 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Quantité de matière de la DPD contenue dans une pastille de 5,0 mg de DPD :

$$n(DPD) = \frac{m(DPD)}{M(DPD)} = 5,0 \cdot 10^{-3} / 164,0 = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

A.3 Montrer que la recommandation importante du fabricant du photomètre, permet d'affirmer que la quantité de matière de chlore libre présente dans un tube test de 10 mL ne doit pas dépasser $1,3 \cdot 10^{-6}$ mol.

La recommandation du fabricant indique que la concentration en acide hypochloreux ne doit pas dépasser $C_m = 7,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. La quantité de matière correspondante contenue dans un volume $V = 10 \text{ mL}$ vaut :

$$n(\text{HClO}) = \frac{C_m \times V}{M(\text{HClO})} = \frac{7,0 \cdot 10^{-3} \times 10 \cdot 10^{-3}}{1,0 + 35,5 + 16,0} = 1,3 \text{ mol}$$

A.4 Compléter le tableau d'avancement, en annexe 1 à rendre avec la copie, par des valeurs numériques, pour un tube test contenant $1,3 \cdot 10^{-6}$ mol de chlore libre et une pastille de DPD.

[0,5 Pt]

A.5 Sachant que la DPD doit toujours être introduite en excès par rapport au chlore libre pour effectuer le test, justifier que l'utilisation d'une seule pastille est suffisante.

[1 Pt] En introduisant une seule pastille de DPD dans un tube test, le chlore libre est en défaut (voir question A.4) donc l'utilisation d'une seule pastille est suffisante pour que la DPD soit introduite en excès.

Partie B : Domaine de validité indiqué par le fabricant de produits pour traitement de l'eau de piscine.

Au laboratoire, on se propose de vérifier l'indication du fabricant : « Au-delà de 7 mg.L⁻¹ les résultats du test peuvent s'avérer faux ». A partir d'une solution de « chlore libre » de concentration en masse $C_1 = 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, et de pastilles de DPD on prépare diverses solutions S_i dont on mesure l'absorbance A avec un spectrophotomètre.

| Solution | S_1 | S_2 | S_3 | S_4 | S_5 | S_6 | S_7 | S_8 | S_9 | S_{10} |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| $C_m(\text{HClO})$ en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | 20 | 15 | 10 | 8,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
| Absorbance | 1,68 | 1,70 | 1,66 | 1,58 | 1,41 | 1,19 | 0,87 | 0,62 | 0,43 | 0,25 |

À l'aide d'un logiciel tableur-grapheur, on obtient la représentation de l'absorbance A en fonction de la concentration en masse en « chlore libre » donnée en annexe B.

B.1 À partir de la liste ci-dessous, choisir la verrerie nécessaire à la préparation de la solution S_7 à partir de la solution S_1 . Justifier.

- Burette graduée de 25 mL
- Fioles jaugées : 50,0 mL et 100,0 mL
- Bécher de 50 mL
- Pipette graduée de 10,0 mL
- Pipettes jaugées de 5,0 mL et 10,0 mL
- Éprouvette graduée

[0,5 Pt] La facteur de dilution appliqué ici vaut :

$$f = \frac{C_1}{C_7} = \frac{20}{4,0} = 5$$

La seule combinaison d'instruments adaptée est :

- Pipette jaugée : 10,0 mL
- Fiole jaugées : 50,0 mL

B.2 Cette représentation est-elle en accord avec la recommandation du fabricant? Justifier votre réponse par un tracé sur l'annexe B à rendre avec la copie.

[0,5 Pt] La courbe donnant l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration montre une évolution linéaire de l'absorbance jusqu'à une concentration voisine de 7mg/l. Au delà de cette valeur, on observe une stabilisation de la valeur de l'absorbance. Cela est en accord avec la recommandation du fabricant.

B.3 Donner le nom de la loi mise en évidence en précisant son domaine de validité.

[0,5 Pt] La loi stipulant qu'il existe une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration est la loi de Beer-Lambert. Elle n'est ici valable que $C_m < 7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Partie C : Détermination de la concentration en chlore libre d'une eau de piscine

Une eau de piscine est testée par un particulier à l'aide du photomètre hth® . Il détermine l'absorbance en suivant la procédure d'analyse décrite ci-dessus et obtient une valeur $A = 0,30$.

- C.1. Calculer le volume de la piscine sachant qu'elle mesure 8,0 m de longueur sur 4,0 m de largeur et que sa profondeur varie en pente régulière de 1,5 m à 2,5 m .

[0,5 Pt] La profondeur moyenne de la piscine est de $h = 2m$, le volume a donc pour valeur :

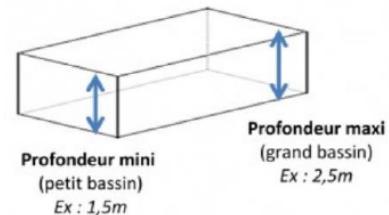
$$V = L \times l \times h = 2 \times 8 \times 4 = 64 \text{ m}^3$$

- C.2 Déterminer alors le nombre de galets de 20 g de chlore libre qu'il conviendrait de rajouter à cette piscine.

[1 Pt] Calculons lecture graphique de la concentration concentration correspondant à une absorbance $A = 0,30$, la concentration massique en chlore libre dans la piscine est de $t = 1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Or cette dernière doit être d'au moins $t_{min} = 4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Ainsi , la masse m de chlore libre déficitaire de chlore libre dans la piscine a pour valeur :

$$m = (t_{min} - t) \times V = () \times 64 \cdot 10^3 = 32 \text{ g}$$

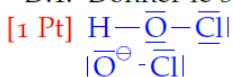
Ce déficit peut être comblé par l'ajout de deux galets de chlore de 20g.



Partie D : Le chlore libre

Le chlore libre désigne du chlore qui se trouve dans l'eau à l'état d'acide hypochloreux (HOCl) , dit chlore actif, ou d'ions hypochlorite (OCl^-) , dit chlore potentiel. Le chlore actif est utilisé dans les piscines pour son pouvoir germicide, associé à ses propriétés oxydo-réductrices.

- D.1. Donner le schéma de Lewis de chacune de ces espèces chimiques.

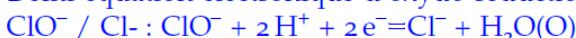


- D.2. Étudier la polarité de la molécule d'acide hypochloreux.

[1 Pt]

- D.3. Écrire la demi-équation d'oxydo-réduction de l'ion hypochlorite, sachant qu'il forme un couple avec l'ion chlorure. L'ion hypochlorite est-il un oxydant ou un réducteur ? Justifier.

[0,5 Pt] Demi-équation électronique d'oxydo-réduction :



L'ion hypochlorite ClO^- est un oxydant car il est susceptible de gagner des électrons en se transformant en ion chlorure Cl^- .