

# Exercices 1 Titrages colorimétriques

Les bases : montage, réaction support, équivalence, relation à l'équivalence

6 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

## ★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Légender un montage de titrage ; distinguer réactif titrant et réactif titré ; expliquer le changement de couleur à l'équivalence.
- Établir la relation à l'équivalence (tableau d'avancement) et l'exploiter : concentration, masse, pourcentage massique, écart relatif.

## ■ RAPPEL — Le formulaire du chapitre

- Le réactif titré A (prise d'essai  $V_0$  à la pipette jaugée, concentration  $c$  inconnue) réagit avec le réactif titrant B (versé à la burette, concentration  $c_T$  connue). Réaction support **rapide, totale et unique**.
- Pour  $aA + bB \longrightarrow$  produits, à l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques (changement de réactif limitant) :  $\frac{n_{A,0}}{a} = \frac{n_{B,E}}{b}$  soit  $\frac{cV_0}{a} = \frac{c_TV_E}{b}$ .
- $n = cV$  ;  $n = m/M$  ;  $c_m = cM$  ; écart relatif  $|x - x_{\text{réf}}| / x_{\text{réf}}$ . L'empois d'amidon prend une teinte bleu foncé en présence de diiode.

## Exercice 1 Légender le montage

●○○

Le montage ci-contre est utilisé pour réaliser un titrage colorimétrique.

- 1.1 Associer chaque numéro de la figure 1 à l'un des termes suivants : agitateur magnétique ; barreau aimanté ; burette graduée ; erlenmeyer ; potence ; robinet ; solution titrante ; solution titrée.
- 1.2 Avec quelle verrerie prélève-t-on la solution titrée ? Pourquoi ne pas utiliser une éprouvette graduée ?
- 1.3 Quel est le rôle de l'agitateur magnétique ?

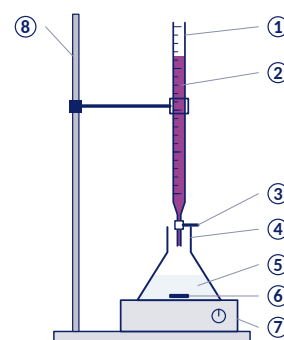


Figure 1 — Montage de titrage

## Exercice 2 Réaction support et relation à l'équivalence

●○○

On titre le diiode  $I_2(aq)$  d'une solution par des ions thiosulfate  $S_2O_3^{2-}(aq)$ . Les couples mis en jeu sont  $I_2(aq)/I^-(aq)$  et  $S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq)$ .

- 2.1 Écrire les deux demi-équations électroniques, puis l'équation de la réaction support.
- 2.2 Quelle est l'espèce oxydée ? Écrire la relation à l'équivalence entre  $c$ ,  $V_0$ ,  $c_T$  et  $V_E$  (notations du rappel).
- 2.3 Même question pour les réactions support suivantes, où le réactif titré est écrit en premier.
  - $C_6H_8O_6(aq) + I_2(aq) \longrightarrow C_6H_6O_6(aq) + 2I^-(aq) + 2H^+(aq)$  (vitamine C titrée par le diiode)
  - $5H_2O_2(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) \longrightarrow 5O_2(g) + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$  (eau oxygénée titrée par le permanganate)
  - $2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) \longrightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$  (thiosulfate titré par le diiode)

### Exercice 3 Repérer l'équivalence à l'œil



**Titration A.** On titre une solution d'ions fer(II) par une solution violette de permanganate de potassium. Seuls les ions  $\text{MnO}_4^-$  sont colorés. La figure 2 représente l'erlenmeyer à trois moments.

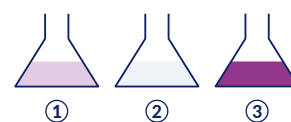


Figure 2 — Teintes au cours du titrage A

- 3.1** Avant l'équivalence, chaque goutte violette tombant dans l'erlenmeyer se décolore aussitôt. Expliquer.
- 3.2** Associer chaque dessin de la figure 2 à un moment : avant l'équivalence, juste après, longtemps après.

**Titration B.** On titre une solution brune de diiode par une solution incolore de thiosulfate de sodium : la teinte pâlit jusqu'à un jaune très clair.

- 3.3** Pourquoi ajoute-t-on de l'empois d'amidon peu avant l'équivalence ? Décrire le changement de couleur observé à l'équivalence.

### Exercice 4 Le Lugol



Le Lugol est une solution aqueuse de diiode utilisée en biologie pour colorer l'amidon. On titre une prise d'essai  $V_0 = 10,0 \text{ mL}$  de Lugol par une solution de thiosulfate de sodium de concentration  $c_T = 0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , en présence d'empois d'amidon. L'équivalence est obtenue pour  $V_E = 15,8 \text{ mL}$ . La réaction support a pour équation  $\text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \longrightarrow 2 \text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$ .

- 4.1** Calculer la quantité de diiode dans la prise d'essai, puis la concentration  $c$  en diiode du Lugol.
- 4.2** En déduire sa concentration en masse  $c_m$ , sachant que  $M(\text{I}_2) = 253,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- 4.3** Le flacon indique « 2,0 g de diiode pour 100 mL ». Calculer l'écart relatif et conclure.

### Exercice 5 Le tableau d'avancement à l'équivalence



On titre  $V_0 = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution d'ions fer(II) de concentration  $c$  inconnue par une solution acidifiée de permanganate de potassium de concentration  $c_T = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La teinte violette persiste à partir de  $V_E = 14,0 \text{ mL}$ . Les ions  $\text{H}^+$  sont en excès.

- 5.1** Recopier et compléter le tableau d'avancement ci-dessous en exprimant les quantités en fonction de  $c$ ,  $V_0$ ,  $c_T$ ,  $V_E$  et de l'avancement  $x_E$ . L'état initial est le mélange de la prise d'essai et du volume  $V_E$  versé.

| Équation        |            | $\text{MnO}_4^- +$         | $5 \text{Fe}^{2+} +$ | $8 \text{H}^+ \longrightarrow$ | $\text{Mn}^{2+} +$ | $5 \text{Fe}^{3+} +$ | $4 \text{H}_2\text{O}$ |
|-----------------|------------|----------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| État            | Avancement | Quantités de matière (mol) |                      |                                |                    |                      |                        |
| initial         | $x = 0$    |                            |                      | excès                          |                    |                      | solvant                |
| à l'équivalence | $x_E$      |                            |                      | excès                          |                    |                      | solvant                |

- 5.2** Que peut-on dire des quantités des deux réactifs à l'équivalence ? En déduire deux expressions de  $x_E$ , puis la relation  $c V_0 = 5 c_T V_E$ .
- 5.3** Calculer la concentration  $c$  en ions fer(II).

### Exercice 6 Pureté d'un sel de thiosulfate



On vérifie la pureté d'un flacon de thiosulfate de sodium pentahydraté  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  ( $M = 248,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). On dissout  $m = 1,25 \text{ g}$  de solide dans une fiole jaugée de  $100,0 \text{ mL}$  (solution S), puis on titre une prise d'essai  $V_0 = 10,0 \text{ mL}$  de S par une solution de diiode de concentration  $c_T = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , en présence d'empois d'amidon (réaction support de l'exercice 4) :  $V_E = 24,8 \text{ mL}$ .

- 6.1** Décrire le changement de couleur observé à l'équivalence. Calculer la quantité  $n_0$  d'ions thiosulfate de la prise d'essai.
- 6.2** En déduire la masse de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  contenue dans l'échantillon, puis son pourcentage massique. Le flacon annonce une pureté supérieure à 98 % : est-ce vérifié ?