

## Exercices 2 Titrages colorimétriques

Applications : contrôle d'étiquettes, graphe  $n(V)$ , Python, incertitudes

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

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

- Contrôler l'étiquette d'un produit par un titrage, éventuellement précédé d'une dilution.
- Interpréter un graphe  $n(V)$  ; compléter un programme Python exploitant un titrage.
- Exploiter les résultats de plusieurs groupes (moyenne, écart-type, incertitude-type).

### Exercice 1 La Bétadine dermique

●●○

La Bétadine dermique 10 % est un antiseptique brun-orangé dont le principe actif libère du diiode  $I_2$ . On admet que la solution commerciale S contient 1,0 g de diiode « disponible » pour 100 mL. Pour le vérifier, on dilue S dix fois (solution  $S_1$ ), puis on titre  $V_0 = 20,0$  mL de  $S_1$  par une solution de thiosulfate de sodium de concentration  $c_T = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . De l'empois d'amidon est ajouté peu avant l'équivalence, obtenue pour  $V_E = 15,5$  mL. Réaction support :  $I_2(\text{aq}) + 2 S_2O_3^{2-}(\text{aq}) \longrightarrow 2 I^{-}(\text{aq}) + S_4O_6^{2-}(\text{aq})$ .

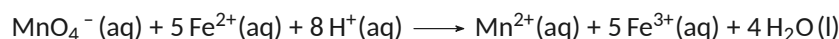
■ DONNÉES  $M(I_2) = 253,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  • seul le diiode est coloré (jaune à brun)

- 1.1 Calculer la concentration  $c$  en diiode attendue pour S, puis le volume équivalent qu'on obtiendrait en titrant directement 20,0 mL de S. Justifier la dilution (burette de 25 mL).
- 1.2 Décrire précisément la préparation de 100,0 mL de  $S_1$  (verrerie, étapes).
- 1.3 Quel est l'intérêt de l'empois d'amidon ? Établir la relation à l'équivalence, puis calculer la concentration  $c_1$  en diiode de  $S_1$ .
- 1.4 En déduire la concentration en masse de diiode de S, puis la masse de diiode contenue dans un flacon de 125 mL. Calculer l'écart relatif avec la valeur annoncée et conclure.

### Exercice 2 Un complément alimentaire en fer

●●○

Un comprimé de complément alimentaire contient, d'après la notice, 80 mg de fer sous forme d'ions fer(II)  $Fe^{2+}$ . On dissout un comprimé dans de l'eau acidifiée, dans une fiole jaugée de 100,0 mL. On titre  $V_0 = 20,0$  mL de cette solution par une solution de permanganate de potassium de concentration  $c_T = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La réaction support a pour équation :



La figure 1, obtenue par simulation, donne les quantités de  $MnO_4^{-}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  et  $Fe^{3+}$  dans l'erlenmeyer en fonction du volume  $V$  versé.

■ DONNÉES  $M(Fe) = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  • seuls les ions permanganate  $MnO_4^{-}$  sont colorés (violet)

- 2.1** Identifier le réactif titrant et le réactif titré. Pourquoi faut-il acidifier la solution ?
- 2.2** Associer chaque courbe ① à ④ à une espèce, en justifiant.
- 2.3** Lire le volume équivalent  $V_E$ . Quel est le réactif limitant avant l'équivalence ? après ?
- 2.4** Quelle est la couleur du contenu de l'erlenmeyer avant l'équivalence ? après ? Relier ces observations à la figure 1.
- 2.5** Calculer la quantité d'ions fer(II) dans la prise d'essai, puis la masse de fer d'un comprimé. La notice est-elle vérifiée ?

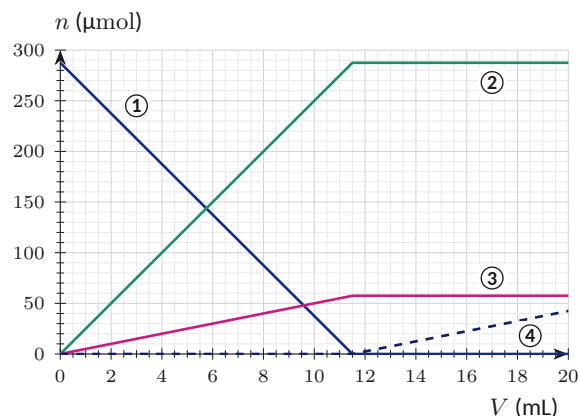


Figure 1 — Quantités de matière dans l'erlenmeyer

### Exercice 3 Un programme pour exploiter un titrage



L'étiquette d'un oxydant capillaire (eau oxygénée pour colorations) annonce 60 g de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  par litre. On la dilue  $F = 50$  fois, puis on titre  $V_0 = 10,0 \text{ mL}$  de solution diluée par une solution acidifiée de permanganate de potassium de concentration  $c_T = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La teinte rose persiste à partir de  $V_E = 14,0 \text{ mL}$ . Les couples mis en jeu sont  $\text{MnO}_4^- (\text{aq})/\text{Mn}^{2+} (\text{aq})$  et  $\text{O}_2 (\text{g})/\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq})$ .

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 a, b = 5, 2 # nombres stoechiometriques H2O2, MnO4-
3 cT, V0, VE, F = 1.00e-2, 10.0e-3, 14.0e-3, 50
4 n0 = ... # H2O2 dans la prise d'essai (mol)
5 c = ... # solution commerciale (mol/L)
6 print("c =", round(c, 3), "mol/L")
7 V = [i * 0.5e-3 for i in range(51)] # en L
8 nA, nB = [], []
9 for v in V:
10     if v <= VE:
11         nA.append(n0 - a / b * cT * v)
12         nB.append(0)
13     else:
14         nA.append(...)
15         nB.append(...)
16 plt.plot(V, nA, "b-", V, nB, "r-") # H2O2, MnO4-
17 plt.show()
```

■ **DONNÉES**  $M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 3.1** Écrire les demi-équations électroniques et montrer que l'équation de la réaction support s'écrit  $5 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ \longrightarrow 5 \text{O}_2 + 2 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}_2\text{O}$ .
- 3.2** Établir la relation à l'équivalence, puis compléter les lignes 4 et 5.
- 3.3** Quelle valeur la ligne 6 affiche-t-elle ?
- 3.4** Expliquer la ligne 11, puis compléter les lignes 14 et 15. Décrire le graphique obtenu.
- 3.5** Calculer la concentration en masse de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de l'oxydant et la comparer à l'étiquette.

### Exercice 4 Huit groupes, un anti-mousse



L'étiquette d'un anti-mousse pour gazon, poudre contenant du sulfate de fer(II), indique une teneur en fer soluble de 20 % en masse. Chaque groupe d'élèves dissout  $m = 2,00 \text{ g}$  de poudre dans de l'eau acidifiée, dans une fiole jaugée de  $100,0 \text{ mL}$ , puis titre  $V_0 = 10,0 \text{ mL}$  de la solution obtenue par une solution de permanganate de potassium de concentration  $c_T = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  (réaction support de l'exercice 2). Volumes équivalents obtenus :

■ **DONNÉES**  $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  • seuls les ions permanganate  $\text{MnO}_4^-$  sont colorés (violet)

| Groupe             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $V_E \text{ (mL)}$ | 14,2 | 14,5 | 14,3 | 14,0 | 14,4 | 14,6 | 14,1 | 14,3 |

- 4.1** Comment l'équivalence est-elle repérée ? Pourquoi les résultats des groupes diffèrent-ils ?
- 4.2** Calculer la moyenne  $\overline{V_E}$ , l'écart-type  $s$  et l'incertitude-type  $u(V_E) = s/\sqrt{8}$  sur la moyenne.
- 4.3** Montrer que le pourcentage massique de fer dans la poudre s'écrit  $P = 10 \times 5 c_T V_E M(\text{Fe})/m$  ; le calculer avec  $\overline{V_E}$ .

- 4.4 Calculer  $u(P)$ , sachant que  $u(P)/P = u(V_E)/V_E$ , et écrire le résultat. Est-il compatible avec l'étiquette ( $P_{\text{réf}} = 20\%$ )? On considère que c'est le cas si  $|P - P_{\text{réf}}|/u(P) < 2$ .