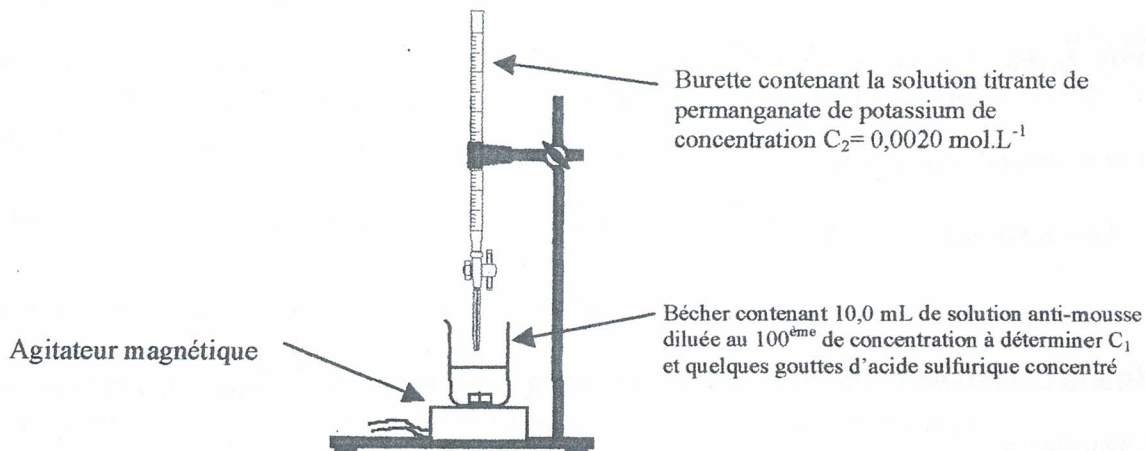
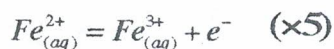


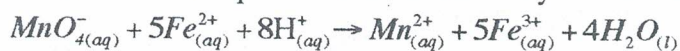
## TP : L'élément fer dans l'anti-mousse

1. Dispositif expérimental de titrage2. Equation de la réaction d'oxydoréduction support du titrage

En utilisant la méthode vue précédemment (chapitre 2), on peut trouver les demi-équations d'oxydoréduction suivantes :



On obtient alors l'équation de la réaction d'oxydoréduction suivante (équation support du dosage) :

3. Volume à l'équivalence du titrage et incertitude (de répétabilité)

\* Pour nos 14 mesures de volume versé à l'équivalence, on a (fichier Excel et LibreOffice Calc sur Ecole Directe) :

$\overline{V_E} = 10,2 \text{ mL}$  et  $\sigma_{n-1} = 0,30 \text{ mL}$  (« Ecart-type échantillon » pour la calculatrice Numworks en mode statistiques et « S(x) » pour les autres calculatrices en mode statistiques).

\* Ainsi, l'incertitude absolue (exprimée en fonction de l'écart-type  $\sigma_{n-1}$ ) sur le volume à l'équivalence, est :

$$U(V_E) = \frac{2 \times \sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = \frac{2 \times 0,30}{\sqrt{14}} = 0,16 \text{ mL} \approx 0,2 \text{ mL}$$

On a donc un volume à l'équivalence  $V_E$  tel que :  $V_E = 10,2 \pm 0,2 \text{ mL}$

$$\text{Et : } \frac{U(V_E)}{\overline{V_E}} = \frac{0,2}{10,2} = 0,02 = 2\%$$

#### 4. Incertitudes sur la concentration de la solution titrante et sur le volume de prise $V_1$ (de la solution à titrer)

\* Solution titrante :

$$C_{\text{titrante}} = C(\text{MnO}_4^-) = C_2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } U(C_{\text{titrante}}) = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{Ainsi : } C_{\text{titrante}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \pm 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{Et : } \frac{U(C_{\text{titrante}})}{C_{\text{titrante}}} = \frac{U(C_2)}{C_2} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{2,0 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \cdot 10^{-2} = 2,5\%$$

\* Volume de prise :

$$V_{\text{prise}} = V_1 = 10,0 \text{ mL et } U(V_{\text{prise}}) = U(V_1) \approx t \text{ (t la tolérance de la pipette jaugée gravée sur celle-ci).}$$

$$\text{Pour une pipette jaugée de classe B de } 10,0 \text{ mL : } t = 0,04 \text{ mL. Donc : } U(V_{\text{prise}}) = U(V_1) = 0,04 \text{ mL}$$

$$\text{Ainsi : } V_1 = 10,0 \pm 0,04 \text{ mL} \quad \text{Et : } \frac{U(V_{\text{prise}})}{V_{\text{prise}}} = \frac{U(V_1)}{V_1} = \frac{0,04}{10,0} = 4 \cdot 10^{-3} = 0,4\%$$

#### 5. Calcul de la concentration $C_1$ en ions fer (II) de la solution anti-mousse $C(\text{Fe}^{2+})$ diluée et incertitude

Relation à l'équivalence :

À l'équivalence du titrage, les réactifs  $\text{MnO}_4^-$  (aq) et  $\text{Fe}^{2+}$  (aq) sont mélangés dans les proportions stoechiométriques. L'équivalence du titrage est repérée par l'apparition de la coloration rose pâle due aux ions permanganate alors en excès (ne pouvant plus réagir avec les ions fer (II) totalement consommés).

$$\text{À l'équivalence du dosage : } \frac{n(\text{MnO}_4^-)_{\text{versé}}}{1} = \frac{n(\text{Fe}^{2+})_i}{5} \quad \text{soit : } \frac{C(\text{MnO}_4^-)_{\text{titrante}} \times V_E}{1} = \frac{C_{\text{fer(II)}} \times V_{\text{prise}}}{5}$$

$$\text{Donc : } \frac{C_2 \times V_E}{1} = \frac{C_1 \times V_1}{5} \quad \text{Ainsi : } C_1 = \frac{5 \times C_2 \times V_E}{V_1}$$

Cette dernière relation peut être trouvée à l'aide du tableau d'avancement suivant :

|                           | $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 5\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ |                            |       |       |        |       |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|-------|--------|-------|
| <u>Etat initial</u>       | $n_2 = C_2 \cdot V_E$                                                                                                   | $n_1 = C_1 \cdot V_1$      | Excès | 0     | 0      | Excès |
| <u>Etat intermédiaire</u> | $C_2 \cdot V_E - x$                                                                                                     | $C_1 \cdot V_1 - 5x$       | Excès | x     | 5x     | Excès |
| <u>Équivalence</u>        | $C_2 \cdot V_2 - x_f = 0$                                                                                               | $C_1 \cdot V_1 - 5x_f = 0$ | Excès | $x_f$ | $5x_f$ | Excès |

À l'équivalence du dosage, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stoechiométriques.

On a donc :  $C_2 \cdot V_2 - x_f = 0$  et  $C_1 \cdot V_1 - 5x_f = 0$ . D'où :  $x_f = C_2 \cdot V_2 = (C_1 \cdot V_1)/5$

Détermination de la concentration  $C_1$  en ions fers(II) de la solution anti-mousse  $C(\text{Fe}^{2+})$  diluée :

Pour la relation précédente, on prend  $C_2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $V_1 = 10,0 \text{ mL} = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}$

et pour  $V_E$  la moyenne des 14 dosages réalisés, soit :  $\bar{V}_E = 10,2 \text{ mL} = 10,2 \cdot 10^{-3} \text{ L}$

$$\text{D'où : } \bar{C}_1 = \frac{5 \times 2,0 \times 10^{-3} \times 10,2 \times 10^{-3}}{10,0 \times 10^{-3}} = 10,2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = 10,2 \text{ mmol.L}^{-1}$$

Incertitude sur la concentration  $C_1$  en ions fer (II) de la solution anti-mousse  $C(Fe^{2+})$  diluée :

$$\frac{U(C_1)}{C_1} = \sqrt{\left(\frac{U(C_2)}{C_2}\right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U(V_1)}{V_1}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2,5}{100}\right)^2 + \left(\frac{2}{100}\right)^2 + \left(\frac{0,4}{100}\right)^2} = 0,032 = 3,2\%$$

$$U(C_1) = 0,032 \times \overline{C_1} = 0,032 \times 10,2 \approx 0,3 \text{ mmol.L}^{-1}$$

$$\text{Ainsi : } C_1 = 10,2 \pm 0,3 \text{ mmol.L}^{-1}$$

## 6. Calcul de la concentration en masse en ions fer (II) de la solution anti-mousse commerciale et incertitude

Concentration en masse  $C_m$  en ions fer (II) de la solution anti-mousse diluée :

$$C_{m_{\text{diluée}}}(Fe^{2+}) = C_1 \times M(Fe) = 0,0102 \times 55,8 = 0,57 \text{ g.L}^{-1}$$

Concentration en masse  $C_m$  en ions fer (II) de la solution anti-mousse commerciale :

La solution d'anti-mousse commerciale (non diluée) est 100 fois plus concentrée en ions fer (II) que la solution diluée. Ainsi, la concentration massique  $C_m$  en ions fer (II) de la solution anti-mousse commerciale est :

$$C_{m_{\text{commerciale}}}(Fe^{2+}) = 100 \times C_{m_{\text{diluée}}}(Fe^{2+}) = 100 \times 0,57 = 57 \text{ g.L}^{-1}$$

Incertitudes :

Lors de la dilution d'un facteur 100 de la solution anti-mousse commerciale, de la verrerie jaugée a été utilisée. Par ailleurs l'incertitude sur la masse molaire du fer est très faible.

$$\text{On a donc : } \frac{U(C_{m_{\text{commerciale}}})}{C_{m_{\text{commerciale}}}} \approx \frac{U(C_1)}{C_1} \approx 3,2\%$$

$$\text{D'où : } U(C_{m_{\text{commerciale}}}) = 0,032 \times C_{m_{\text{commerciale}}} = 0,032 \times 57 = 1,8 \text{ g.L}^{-1} \approx 2 \text{ g.L}^{-1}$$

$$\text{Ainsi : } C_{m_{\text{commerciale}}}(Fe^{2+}) = 57 \pm 2 \text{ g.L}^{-1}$$

## 7. Pourcentage massique en ions fer (II) de la solution anti-mousse commerciale obtenu à l'aide du titrage

La solution d'anti-mousse commerciale a une densité  $d$  telle que  $d = 1,10$  (énoncé).

Ceci signifie que 1,00 L de cette solution a une masse de 1,10 kg, soit  $1,10 \cdot 10^3 \text{ g}$ .

Par ailleurs, dans 1,0 L de cette solution il y a 57 g de fer (II).

Le pourcentage massique de fer (II) de cette solution est donc :  $P_{\text{exp}}(\text{fer (II)}) = 57 / 1,10 \cdot 10^3 = 0,052 = 5,2\%$ .

## 8. Ecart relatif entre le résultat du titrage et l'indication de l'étiquette

Le pourcentage massique de fer (II) de cette solution obtenu à l'aide du titrage est :  $P_{\text{exp}}(\text{fer (II)}) = 5,2\%$ .

Le pourcentage massique de fer (II) théorique de cette solution (étiquette du produit) est :  $P_{\text{th}}(\text{fer (II)}) = 5,0\%$ .

$$\text{L'écart relatif } \left| \frac{P_{\text{exp}} - P_{\text{théorique}}}{P_{\text{théorique}}} \right| \text{ vaut donc : } E.R = \left| \frac{5,2 - 5,0}{5,0} \right| = 0,04 = 4\%.$$

Le dosage par titrage effectué par le groupe classe est donc de bonne qualité.