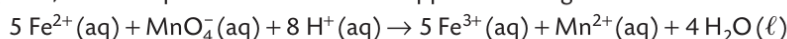


## 1 Exercice résolu

## Titration des ions fer (II)

Extraire et exploiter des informations ; effectuer des calculs.

Pour contrôler la concentration en ions fer (II)  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  de la solution contenue dans une ampoule de complément alimentaire, ces ions sont dosés par les ions permanganate  $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$  d'une solution dont la concentration en ions permanganate est  $C_1 = 4,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Le volume de la solution contenue dans l'ampoule est  $V_0 = 2,0 \text{ mL}$  et le volume versé à l'équivalence du titrage est :  $V_E = 12,5 \text{ mL}$ . L'équation de la réaction support du titrage est :



La quantité initiale d'ions fer (II)  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  à doser et la quantité d'ions permanganate  $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$  versée à l'équivalence sont notées respectivement  $n_0(\text{Fe}^{2+})$  et  $n_E(\text{MnO}_4^-)$ .

- Établir la relation entre les quantités  $n_0(\text{Fe}^{2+})$  et  $n_E(\text{MnO}_4^-)$  à l'équivalence du titrage.
- Déterminer la valeur de la concentration  $C_0$  en ions fer (II) dans la solution de l'ampoule.



> Ampoule « granions de fer » contenant des ions fer (II).

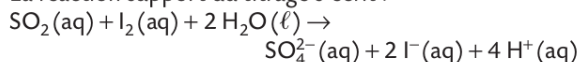
## 9 À chacun son rythme

## Dosage du dioxyde de soufre dans un vin

Utiliser un modèle ; comparer à une valeur de référence.

Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés passer à l'énoncé détaillé.

La concentration en masse de dioxyde de soufre dans un vin blanc ne doit pas excéder  $210 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Pour vérifier la conformité de la concentration en dioxyde de soufre d'un vin blanc, on utilise une solution titrante de concentration  $C_1 = 7,80 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en diiode. Dans un erlenmeyer, on verse un volume  $V_2 = 25,0 \text{ mL}$  de vin blanc. On ajoute  $2 \text{ mL}$  d'acide sulfurique pour acidifier le milieu. Lors du titrage d'un vin blanc, l'équivalence est obtenue après avoir versé un volume  $V_E = 6,1 \text{ mL}$  de solution titrante. La réaction support du titrage s'écrit :



## Énoncé compact

- Ce vin est-il conforme à la législation ? Justifier.

## 14 Mesures et incertitude de mesure

Exploiter des données ; estimer une incertitude de mesure.

Lors d'une séance de travaux pratiques, huit groupes d'élèves ont réalisé le même titrage colorimétrique. Les volumes  $V_E$  versés à l'équivalence sont :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_E(\text{mL})$	8,2	11,5	7,9	8,1	8,3	7,8	8,2	8,0

- Après avoir supprimé la (ou les) valeur(s) aberrante(s), calculer la valeur moyenne  $\bar{V}_E$  des volumes équivalents et l'écart-type  $\sigma_{n-1}$  de la série de mesures.
- Calculer l'incertitude type  $u(V_E)$  et écrire le résultat du volume équivalent sous la forme :  $V_E = \bar{V}_E \pm u(V_E)$

→ Fiche 2, p. 360

## Donnée

- Une valeur est considérée comme aberrante si elle n'est pas comprise dans l'intervalle  $\bar{V}_E \pm 2 \times \sigma_{n-1}$ .

## 11 Connaître les critères de réussite

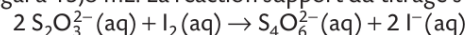
## Titration iodométrique des ions thiosulfate

Faire preuve d'esprit critique ; effectuer des calculs.

Le manioc est un arbuste répandu dans les régions tropicales ou subtropicales. Les populations locales en consomment les racines et aussi parfois les feuilles. Le manioc contient des hétérosides cyanogènes qui peuvent se transformer en acide cyanhydrique, espèce très toxique.



Un kit d'antidote, permettant de traiter rapidement les intoxications accidentelles, contient une solution aqueuse S dont la concentration en ions thiosulfate  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$  est égale à  $177 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ . On souhaite contrôler cette information. Pour cela, on dilue dix fois la solution S : on obtient une solution  $\text{S}_1$  de concentration  $C_1$  en ions thiosulfate. On dose un volume  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  de la solution  $\text{S}_1$  par une solution  $\text{S}_2$  de concentration  $C_2 = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en diiode  $\text{I}_2(\text{aq})$ . Le volume de diiode  $V_E$  versé à l'équivalence est égal à  $15,8 \text{ mL}$ . La réaction support du titrage s'écrit :



- À partir des résultats du titrage, déterminer la concentration  $C_1$  en ions thiosulfate de la solution  $\text{S}_1$ .
- En déduire la concentration en masse  $t_1$  des ions thiosulfate dans la solution S. Comparer le résultat obtenu à la valeur indiquée en faisant un calcul d'écart relatif. Conclure.

## Données

- $M(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 112,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- Le contrôle qualité est considéré comme satisfaisant si l'écart relatif est inférieur à 5 %.

## Fiche 2 Mesures et incertitudes

### A Erreurs de mesures

Une mesure n'est jamais parfaite, même si elle est réalisée avec soin. Il existe toujours des erreurs de mesures.

**Exemple :** Lorsque l'on prépare une solution dans une fiole jaugée de 50,0 mL, le volume de la solution n'est pas exactement égal à 50,0 mL. Les sources d'erreurs sont multiples :

**Erreur liée à la température de la solution**  
La température de la solution n'est peut-être pas de 20 °C. Le volume effectif prélevé dépendra de la température.

**Erreur liée à l'opérateur**  
Le bas du ménisque du liquide n'est peut-être pas exactement au niveau du trait de jauge.

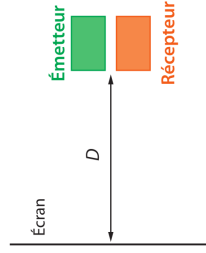
**Erreur liée à la qualité du matériel**  
La tolérance indiquée par le fabricant permet d'évaluer l'écart sur le volume prélevé compte tenu des imperfections inévitables du matériel.

### B Variabilité de la mesure d'une grandeur physique

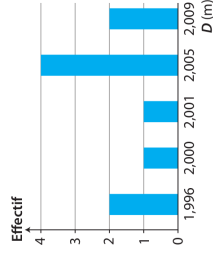
Dans le cas où on effectue  $N$  fois, dans les mêmes conditions, la mesure d'une grandeur  $G$ , on observe une dispersion des mesures. On attribue comme valeur à  $G$ , la moyenne  $\bar{g}$  des résultats de ces  $N$  mesures. Il est possible de visualiser la dispersion des mesures autour de la moyenne à l'aide d'un histogramme. Cette dispersion est caractérisée par l'écart type  $\sigma_{n-1}$ . Plus il est faible et plus les résultats sont regroupés autour de la moyenne.

L'écart-type peut être calculé à l'aide d'un tableau ou d'une calculatrice.

**Exemple :** Des élèves ont obtenu les résultats ci-dessous en répétant la mesure d'une distance  $D$  à l'aide d'un télé-mètre relié à un microcontrôleur.



2,000 m	1,996 m	2,005 m	2,005 m	2,009 m	2,009 m
2,001 m	1,996 m	2,005 m	2,005 m	2,009 m	2,009 m



- Une dispersion des mesures est observée.
- La moyenne  $\bar{D}$  de cette série de mesures est :  $\bar{D} = 2,0031$  m.
- L'écart-type  $\sigma_{n-1}$  de cette série de mesures est  $\sigma_{n-1} = 0,00470$  m.

### C Incertitude-type

#### • Définition

L'incertitude-type associée à une grandeur mesurée  $G$  est notée  $u(G)$  ( $u$  pour *uncertainty*). Elle fournit une estimation de l'étendue des valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à la grandeur physique.

#### • Évaluation de type A d'une incertitude

L'incertitude-type  $u(G)$  est évaluée par la méthode de type A lorsqu'on effectue  $N$  fois la mesure d'une grandeur  $G$  dans les mêmes conditions.

L'incertitude-type est estimée par la relation :  $u(G) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}}$ .

L'incertitude-type  $u(G)$  est arrondie généralement par excès en ne conservant qu'un seul chiffre significatif.

**Exemple :** Pour les  $N = 10$  mesures de la distance  $D$  par télémétrie du tableau précédent, l'incertitude-type est estimée par  $u(D) = \frac{0,00470}{\sqrt{10}} = 0,00149$  m, soit arrondie par excès :  $u(D) = 0,002$  m.

#### • Évaluation de type B d'une incertitude

L'incertitude-type  $u(G)$  est évaluée par la méthode de type B lorsqu'on effectue une mesure unique d'une grandeur  $G$ . Elle peut être estimée à partir d'une formule fournie ou à l'aide d'un logiciel.

#### Exemple

Lors de la mesure unique d'un volume de liquide prélevé à l'aide d'une pipette jaugée de volume  $V = 10,0$  mL, il y a plusieurs sources d'erreur.

Pour la source d'erreur liée à la tolérance de la pipette jaugée, l'incertitude-type est donnée par la formule

$$u(V) = \frac{t}{\sqrt{3}}$$

Sur une pipette jaugée, le fabricant indique une tolérance  $t = \pm 0,03$  mL.

Il vient :  $u(V) = \frac{0,03 \text{ mL}}{\sqrt{3}} = 0,0173$  mL.

En arrondissant, à l'excès, pour ne garder qu'un seul chiffre significatif, on écrit  $u(V) = 0,02$  mL.

### D Écriture du résultat - Valeur de référence

Le résultat de la grandeur mesurée  $G$  s'écrit  $G = \bar{g} \pm u(G)$  ou encore  $\bar{g} - u(G) \leq G \leq \bar{g} + u(G)$ .

#### Exemple

Mesure de la distance $D$ à l'aide du télémètre	Mesure du volume $V$ à l'aide de la pipette jaugée
Le résultat de la mesure de $D$ s'écrit : $D = (2,003 \pm 0,002) \text{ m}$ ou $2,001 \text{ m} \leq D \leq 2,005 \text{ m}$ avec une évaluation de type A de l'incertitude-type $u(D)$ .	Le résultat de la mesure de $V$ s'écrit, en ne considérant que la source d'erreur liée à la tolérance de la pipette jaugée : $V = (10,00 \pm 0,02) \text{ mL}$ ou $9,98 \text{ mL} \leq V \leq 10,02 \text{ mL}$ avec une évaluation de type B de l'incertitude-type $u(V)$ .

Dans certains cas, la grandeur mesurée  $G$  a une valeur déjà connue précisément, considérée comme une valeur de référence  $G_{\text{ref}}$ .

Si  $\bar{g} - u(G) < G_{\text{ref}} < \bar{g} + u(G)$ , il y a compatibilité entre le résultat de la mesure et la valeur de référence.