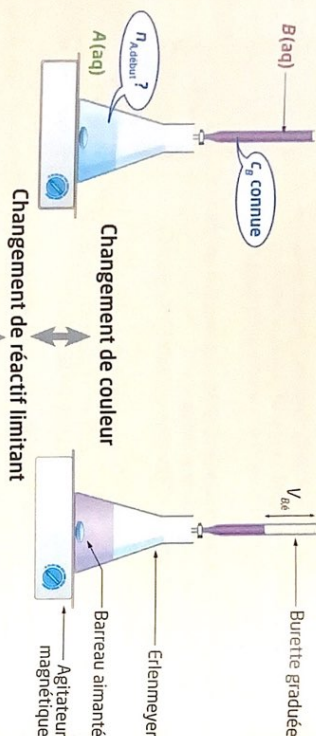


## TITRAGE AVEC SUIVI COLORIMÉTRIQUE

Équation de réaction support du titrage :  $a A(aq) + b B(aq) \rightarrow \text{produits}$

Titre  
Titrant

Réactifs



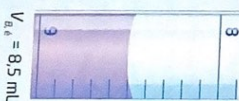
Réactifs titré et titrant introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support de titrage

Relations entre les quantités de matière des réactifs :

$$\frac{n_{A,deb}}{a} = \frac{n_{B,eq}}{b} \quad \text{et} \quad n_{B,eq} = C_B \times V_{A,eq}$$

### SOURCES D'ERREURS

- Matériel (verrerie de précision)
- Méthode (expérimentateur)



$V_{A,eq} = 8.5 \text{ mL}$



## S'AUTOÉVALUER

### Exercices

Si vous ne trouvez pas la bonne réponse, reportez-vous au 5 de la Synthèse des activités correspondant pour vous aider.

Récopier en complétant avec un ou plusieurs mots.

1. Un \_\_\_\_\_ avec suivi colorimétrique implique un changement de \_\_\_\_\_ facilement.
2. La mise en œuvre d'un titrage est empreinte d'\_\_\_\_\_ expérimentales liées au \_\_\_\_\_ utilisé et à la \_\_\_\_\_ suivie.
3. L'\_\_\_\_\_ d'un titrage correspond à l'état du système chimique pour lequel il y a changement de réactif \_\_\_\_\_.
4. À l'\_\_\_\_\_ d'un titrage, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions de la réaction support de titrage.

Indiquer la réponse exacte.

5. Lors d'un titrage, le plus souvent, le réactif titrant est ajouté à l'aide d'une :  
a. éprouvette graduée  
b. burette graduée  
c. pipette jaugée
6. Avant le changement de couleur d'un titrage avec suivi colorimétrique, la quantité de réactif titré :  
a. augmente  
b. diminue  
c. reste nulle



### 11 Prévoir un changement de couleur

#### EXERCICE RÉSOIU

Une solution incolore de peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2(aq)$  est titrée par l'ion  $MnO_4^-(aq)$ .

**Données :**  $H_2O_2$  et les produits de la transformation associée à ce titrage ne colorent pas la solution dans laquelle ils se trouvent. La solution d'ion permanganate  $MnO_4^-$  est violette. Expliquer le changement de couleur, d'incolore à violet, qui a lieu à l'équivalence de ce titrage.

#### SOLUTION

Avant l'équivalence, l'espèce titrante  $MnO_4^-(aq)$  est limitante donc entièrement consommée. Après l'équivalence, cette espèce n'est pas limitante donc est présente en solution.

**APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu**

L'ion iodure  $I^-$  incolore est titré par l'ion permanganate  $MnO_4^-$ . Du diode jaune pâle est formé en cours de titrage. Expliquer le changement de couleur, de jaune pâle à violet, qui a lieu lors de l'équivalence de ce titrage.

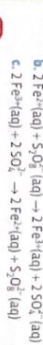
Lors d'un titrage, après l'équivalence :

- a. le réactif titré est limitant
- b. le réactif titrant est limitant
- c. le réactif titré et le réactif titrant sont limitants

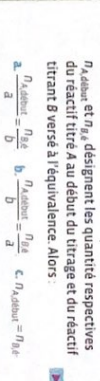
Une solution d'iodure de sodium  $NaI(aq)$  ( $I^-$ ) est titrée par une solution de permanganate de potassium  $KMnO_4(aq)$ . Lors de ce titrage :

- a. le réactif titré est  $K^+(aq)$  et le réactif titrant  $MnO_4^-(aq)$
- b. le réactif titré est  $I^-(aq)$  et le réactif titrant  $Na^+(aq)$
- c. le réactif titré est  $I^-(aq)$  et le réactif titrant  $MnO_4^-(aq)$

Une solution d'ions  $Fe^{2+}(aq)$ ,  $2Cl^-(aq)$  est titrée par une solution d'ions  $2Na^+(aq)$ ,  $5O_4^{2-}(aq)$ . L'équation de la réaction support du titrage s'écrit :



L'équation d'une réaction support de titrage s'écrit :

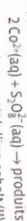


Corrigés p. 468

### 12 Établir la relation à l'équivalence

#### EXERCICE RÉSOIU

L'ion  $Co^{2+}(aq)$  est titré par l'ion  $S_2O_8^{2-}(aq)$ . L'équation de réaction support de ce titrage s'écrit :



On note  $n_{Co^{2+},deb}$  la quantité d'ion cobalt (II) au début du titrage et  $n_{S_2O_8^{2-},eq}$  celle d'ion peroxydisulfate ajouté à l'équivalence.

Établir la relation entre les quantités  $n_{Co^{2+},deb}$  et  $n_{S_2O_8^{2-},eq}$ .

#### SOLUTION

La relation entre les quantités des réactifs s'écrit :

$$\frac{n_{Co^{2+},deb}}{2} = \frac{n_{S_2O_8^{2-},eq}}{1} \quad \text{soit} \quad \frac{n_{Co^{2+},deb}}{2} = n_{S_2O_8^{2-},eq}$$

**APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu**

L'ion fer (II) est titré par l'ion cérium (IV). L'équation de réaction support de ce titrage s'écrit :



On note  $n_{Fe^{2+},deb}$  la quantité d'ion fer (II) au début du titrage et  $n_{Ce^{4+},eq}$  celle d'ion cérium (IV) ajoutée à l'équivalence. Établir la relation entre les quantités  $n_{Fe^{2+},deb}$  et  $n_{Ce^{4+},eq}$ .









## EXERCICE RÉSOLU ET COMMENTÉ

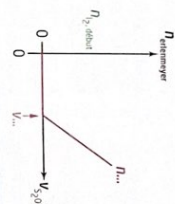
## 30 Titrage d'un échantillon de Lugol®

## ÉNONCÉ

Le Lugol® est un antiseptique local couramment utilisé pour désinfecter des plaies superficielles. Cette solution contient du diiode  $I_2(aq)$ . Un échantillon de Lugol® est titré par une solution de thiosulfate de sodium  $2Na_2S_2O_3(aq)$ . Trois essais de titrage sont réalisés dans les mêmes conditions. Les valeurs du volume  $V_0$  versé à l'équivalence sont :  $V_{e,1}$  : entre 15 et 16 mL,  $V_{e,2} = 15,6$  mL,  $V_{e,3} = 15,8$  mL.

**Données :** une solution contenant du diiode  $I_2(aq)$  est de couleur jaune, les autres espèces chimiques impliquées dans ce titrage ne colorent pas les solutions qu'elles contiennent.

1. Prévoir le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.
2. Calculer le volume de solution titrante ajoutée à l'équivalence du titrage avec le nombre adapté de chiffres significatifs.
3. Recopier et compléter le graphique ci-contre représentant les évolutions qualitatives des quantités de réactifs et de produits dans l'ensemble en fonction du volume de solution titrante versée (aucun calcul n'est demandé). Justifier.



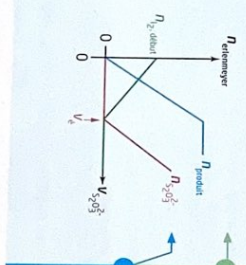
**ANALYSER-RAISONNER**  
Identifier quel réactif, titré ou titrant, est coloré.

- UNE SOLUTION**
1. L'équivalence est repérée par le changement de couleur de jaune à incolore.
  2. Comme le premier essai a été rapide et que les valeurs  $V_{e,2}$  et  $V_{e,3}$  sont proches, la moyenne  $V_e$  des volumes à l'équivalence est calculée avec  $V_{e,2}$  et  $V_{e,3}$  :

$$V_e = \frac{15,6 + 15,8}{2} = 15,7 \text{ mL}$$

3. Avant l'équivalence, il y a transformation chimique des que l'ion  $S_2O_3^{2-}(aq)$  est introduit dans l'ensemble. La quantité  $n_{I_2}$  diminue progressivement,  $n_{S_2O_3^{2-}}$  reste égale à 0 et  $n_{I_3^-}$  augmente.

À l'équivalence, les réactifs titrant et titré sont limitants, donc  $n_{I_2} = 0$  et  $n_{S_2O_3^{2-}} = 0$ . Après l'équivalence, il n'y a plus de transformation chimique car tout le diiode a été consommé. Ainsi, la quantité  $n_{I_2}$  reste égale à 0,  $n_{S_2O_3^{2-}}$  augmente et  $n_{I_3^-}$  reste constante.



**ANALYSER-RAISONNER**  
Partager le titrage en trois phases : avant, à l'équivalence, puis après l'équivalence.

**COMMUNIQUER**  
Représenter les variations des quantités de matière sans souci d'échelle.

## APPLICATION

Sur le modèle de l'exercice résolu

## 31 Titrage d'un antiseptique

L'alcool à 70° est une solution antiseptique qui contient de l'éthanol  $C_2H_5OH(aq)$ . Un échantillon d'alcool à 70° est titré par une solution de permanganate de potassium  $KMnO_4(aq)$ . Trois essais de titrage sont réalisés, les valeurs du volume  $V_0$  versé à l'équivalence sont :  $V_{e,1}$  : entre 10 et 11 mL,  $V_{e,2} = 10,8$  mL,  $V_{e,3} = 10,6$  mL.

**Données :** une solution contenant l'ion permanganate est de couleur violette, les autres espèces chimiques mises en jeu lors de ce titrage ne colorent pas les solutions qu'elles contiennent.

1. Prévoir le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.
2. Calculer le volume à l'équivalence du titrage avec le nombre adapté de chiffres significatifs.
3. Réaliser un graphique représentant les évolutions qualitatives des quantités des réactifs et des produits dans l'ensemble en fonction du volume de solution titrante versée. Justifier.



## EXERCICE RÉSOLU ET COMMENTÉ

## 32 Contrôle qualité d'un vin

## ÉNONCÉ

Le contrôle qualité d'un vin consiste à déterminer la quantité d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  responsable de la casse ferrique (un dépôt solide) qui se forme si sa concentration en masse est supérieure à 10 mg  $L^{-1}$ . Dans ce cas, le vin ne peut pas être commercialisé. Un vigneron titre un échantillon de volume  $V = 20,0$  mL de son vin avec une solution titrante de concentration en quantité  $C_{S_2O_3^{2-}} = 100$   $\mu mol \cdot L^{-1}$  d'ion thiosulfate. L'équivalence est repérée pour un volume  $V_e = 9,5$  mL de solution titrante versée.

**Données :** - masse molaire du fer  $M = 55,8$  g  $mol^{-1}$ ,  
- équation de réaction support du titrage :  $Fe^{2+}(aq) + S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$  produits.

1. Établir la relation entre la quantité  $n_{Fe^{2+},deb}$  d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  présent dans l'échantillon en début de titrage et la quantité  $n_{S_2O_3^{2-},eq}$  d'ion  $S_2O_3^{2-}(aq)$  ajoutée à l'équivalence.
2. Exprimer puis calculer la quantité  $n_{Fe^{2+},deb}$  d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  contenu dans l'échantillon, en fonction de  $C_{S_2O_3^{2-}}$  et de  $V_e$ .
3. Exprimer puis calculer la quantité  $n_{Fe^{2+},eq}$  d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  présent dans un volume  $V_{eq} = 10,1$  L de vin. Conclure quant à la qualité du vin.

## UNE SOLUTION

1. D'après l'équation de la réaction support du titrage :  $\frac{n_{Fe^{2+},deb}}{1} = \frac{n_{S_2O_3^{2-},eq}}{1}$

$$2. n_{S_2O_3^{2-},eq} = C_{S_2O_3^{2-}} \times V_e \text{ et } n_{Fe^{2+},deb} = n_{S_2O_3^{2-},eq} \text{ donc } n_{Fe^{2+},deb} = C_{S_2O_3^{2-}} \times V_e$$

$$3. n_{Fe^{2+},deb} = C_{S_2O_3^{2-}} \times V_e = 100 \mu mol \cdot L^{-1} \times 9,5 \times 10^{-3} L = 0,95 \mu mol$$

$$A.N. : n_{Fe^{2+},deb} = 0,95 \mu mol \times 10^{-6} mol^{-1} = 4,8 \times 10^{-7} mol$$

$$4. m_{Fe^{2+},deb} = n_{Fe^{2+},deb} \times M_{Fe} = 4,8 \times 10^{-7} mol \times 55,8 g \cdot mol^{-1} = 2,7 \times 10^{-5} g = 2,7 \text{ mg}$$

$$2,7 \text{ mg} < 10 \text{ mg} \text{ donc ce vin ne présente pas de risque de casse ferrique.}$$



**CONSTATER**  
Les données numériques utilisent des sous-unités :  $1 \mu mol \cdot L^{-1} = 1 \times 10^{-6} mol \cdot L^{-1}$

**RÉALISER**  
Combiner la relation établie à la réponse 1. et la relation entre quantité de matière, concentration et volume de solution.

**ANALYSER-RAISONNER**  
Prendre en compte le fait que le titrage a été effectué sur un échantillon de volume  $V = 20,0$  mL.

**CONSTATER**  
Rapporter la relation entre quantité de matière, masse et masse molaire.

**VÉRIFIER**  
Comparer la valeur calculée à la valeur limite donnée dans l'énoncé.

## APPLICATION

Sur le modèle de l'exercice résolu

## 33 Contrôle qualité d'un produit antimousse

L'étiquette d'un produit antimousse pour pelouse indique qu'il contient 15 % en masse d'ion  $Fe^{2+}$ . On souhaite vérifier cette information à l'aide d'un titrage de l'ion  $Fe^{2+}(aq)$  par l'ion permanganate.

Un échantillon de masse  $m_0 = 10,0$  g de ce produit en poudre est dissous dans de l'eau distillée pour obtenir la solution  $S_0$  de volume  $V_0 = 100$  L. Un échantillon de volume  $V = 10,0$  mL de la solution  $S_0$  est titré par une solution de concentration en quantité  $C_{MnO_4^-} = 5,00$   $mmol \cdot L^{-1}$  d'ion permanganate. L'équivalence est repérée quand un volume  $V_e = 12,8$  mL de la solution titrante a été ajouté.

**Données :** - masse molaire du fer  $M = 55,8$  g  $mol^{-1}$ ,  
- un échantillon de masse  $m_1 = 10,0$  g du produit antimousse contient 15,0 g d'ions  $Fe^{2+}$  et 8,5 g d'ions  $MnO_4^-$  ;  
- équation de réaction support du titrage :  $5 Fe^{2+}(aq) + MnO_4^-(aq) + 8 H^+(aq) \rightarrow$  produits ; l'ion  $H^+(aq)$  n'est jamais limitant.

1. Établir la relation entre les quantités  $n_{Fe^{2+},deb}$  d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  présent dans l'échantillon titré, en fonction de  $C_{MnO_4^-}$  et de  $V_e$ .
2. Exprimer puis calculer la quantité  $n_{Fe^{2+},deb}$  d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  contenu dans la solution  $S_0$ .
3. Exprimer puis calculer la masse  $m$  d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  contenu dans la solution  $S_0$ . Conclure.
4. Exprimer puis calculer la masse  $m$  d'ion  $Fe^{2+}(aq)$  contenu dans la solution  $S_0$ . Conclure.





### 34 • Nombre adéquat de chiffres significatifs

En séance de TP, six groupes d'élèves ont réalisé un titrage et noté le volume versé à l'équivalence à l'aide d'une burette graduée au dixième de millilitre. Le professeur rassemble les résultats des groupes dans un tableau comme ci-dessous.

Groupe	1	2	3	4	5	6
$V_e$ (en mL)	12	12,1	12,15	12,3	11,9	12,0

- Corriger les valeurs de deux résultats. Justifier.
- À l'aide d'une calculatrice, déterminer la valeur de la moyenne  $V_e$  et celle de l'écart-type  $s$  de la série de résultats.
- Écrire la valeur  $V_e$  du résultat de la mesure collective avec le nombre adapté de chiffres significatifs.

### 35 • Contrôle qualité d'un produit

Un produit phytosanitaire liquide contient des ions fer (II). Un échantillon est tiré par une solution de permanganate de potassium ( $K^+$ (aq),  $MnO_4^-$ (aq)).

Données : équation de réaction support de titrage :  $5 Fe^{2+}(aq) + MnO_4^-(aq) + 8 H^+(aq) \rightarrow$  produits

- $H^+$ (aq) n'est jamais réactif limitant ;
- volume de l'échantillon tiré  $V = 5,0$  mL ;
- concentration en quantité de matière de la solution titrante :  $C_{MnO_4^-} = 6,25$  mmol  $L^{-1}$  ;
- volume à l'équivalence  $V_{eq} = 18,0$  mL ;
- Exprimer puis calculer la quantité  $n_{Fe^{2+}}$  de l'échantillon que contient l'échantillon tiré.
- Exprimer puis calculer la concentration en quantité  $c_{Fe^{2+}}$  d'ion  $Fe^{2+}$ (aq) de ce produit phytosanitaire.

### INDICATEURS DE REUSSITE

- La relation entre les quantités de matière des réactifs à l'équivalence est établie.
- La relation entre quantité de matière, concentration en quantité et volume est exploitée.
- Exprimer les résultats avec le nombre adapté de chiffres significatifs.

### 36 • Incertitude-type lors d'un titrage

Afin de réaliser le titrage d'une solution de Lugol<sup>®</sup>, un échantillon de la solution à titrer est prélevé avec une pipette jaugée de « 10 mL ».

L'équivalence est répétée par un changement de couleur. Toutefois, l'opérateur n'arrive à déterminer ce changement de couleur qu'à six gouttes près de solution titrante.

- Données :
- indication sur la pipette :  $10 \pm 0,03$  mL ;
  - indication sur la burette :  $25 \pm 0,09$  mL ;
  - volume d'une goutte  $V_{goutte} = 0,05$  mL.

- Exprimer puis calculer l'incertitude-type  $u(V)$  due à la pipette utilisée (→ Fiche méthode 1).
- Exprimer la valeur du volume de prélevement avec le nombre adapté de chiffres significatifs.
- Préciser le nombre de décimales nécessaires pour exprimer correctement la valeur du volume à l'équivalence.

### 37 • Calculer une quantité de matière

Le Lugol<sup>®</sup> est une solution antiseptique. L'étiquette d'un flacon de 100 mL de Lugol<sup>®</sup> précise que cette solution contient 1,0 g de diiode  $I_2$ (aq) soit une quantité  $n = 3$  mmol de diiode. On souhaite vérifier cette indication à l'aide du titrage d'un échantillon de volume  $V = 10,0$  mL de Lugol<sup>®</sup> par une solution de thiosulfate de sodium ( $2 Na^+$ (aq),  $S_2O_3^{2-}$ (aq)) de concentration en quantité  $c_{S_2O_3^{2-}} = 100$  mmol  $L^{-1}$ . L'équivalence est répétée lors qu'un volume  $V_{eq} = 8,4$  mL de solution titrante est versé.

Donnée : équation de réaction support du titrage  $I_2(aq) + 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$  produits

- Établir la relation entre les quantités  $n_{I_2}$  de  $I_2$ (aq) en début de titrage et  $n_{S_2O_3^{2-}}$  d'ion  $S_2O_3^{2-}$ (aq) ajoutée à l'équivalence.
- Exprimer puis calculer la quantité  $n_{S_2O_3^{2-}}$  d'ion thiosulfite ajoutée à l'équivalence.
- En déduire la quantité  $n_{I_2}$  de diiode dans l'échantillon tiré.
- Exprimer puis calculer la quantité  $n_2$  de diiode dans 100 mL de Lugol<sup>®</sup> titré.
- Comparer la valeur de la quantité  $n_2$  calculée précédemment avec la valeur de référence correspondant à l'indication sur l'étiquette.

### 38 • Vidéo d'un titrage

Visionner la vidéo du titrage étudié sur le site [situs.nathan.fr](http://situs.nathan.fr).

- Données :
- une solution contenant l'ion permanganate  $MnO_4^-$ (aq) est rose ou violette ; les autres espèces chimiques impliquées dans le titrage ne colorent pas les solutions qui les contiennent ;
  - indication sur la burette utilisée : incertitude-type  $u(V) = \pm 0,05$  mL ;
  - Exprimer le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence lors de ce titrage.
  - Exprimer la valeur du volume à l'équivalence  $V_e$  avec le nombre adapté de chiffres significatifs.
  - Exprimer puis calculer la concentration en quantité  $c_{Fe^{2+}}$  d'ion  $Fe^{2+}$ (aq) de la solution titrée.



### 39 • Nettoyer ses lentilles de contact

Le peroxyde d'hydrogène est le principe actif d'une solution de nettoyage de lentilles de contact.

On souhaite vérifier l'information portée sur cette étiquette. La solution de nettoyage de lentilles de contact est diluée dix fois pour obtenir une solution-fil. Un échantillon de volume  $V = 10,0$  mL de cette solution-fil est prélevé puis tiré par une solution acidifiée de concentration en quantité  $c_{I_2} = 25,0$  mmol  $L^{-1}$  de permanganate de potassium. L'équivalence de ce titrage est repérée lorsqu'un volume  $V_e = 13,6$  mL de solution titrante est versé.

- Données :
- masse molaire du peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$ ,  $M = 34$  g  $mol^{-1}$  ;
  - masse volumique de la solution tirée  $\rho = 1,00$  g  $mL^{-1}$  ;
  - équation de réaction support du titrage :  $2 MnO_4^-(aq) + 5 H_2O_2(aq) + 6 H^+(aq) \rightarrow$  produits
  - Exprimer puis calculer la quantité  $n_{H_2O_2}$  de peroxyde d'hydrogène présent dans l'échantillon en début de titrage.
  - Exprimer puis calculer la quantité  $n_{I_2}$  puis la masse  $m_{I_2}$  de peroxyde d'hydrogène dans 100 g de solution commerciale. Conclure.

Le Lugol<sup>®</sup> est une solution antiseptique. L'étiquette d'un flacon indique : « 1,0 g de diiode dans 100 mL de Lugol<sup>®</sup> », soit une concentration en quantité  $c_2 = 3,9 \times 10^{-2}$  mol  $L^{-1}$ . Pour vérifier cette indication, un échantillon de volume  $V = 20,0$  mL de Lugol<sup>®</sup> est tiré par une solution de thiosulfate de sodium ( $2 Na^+$ (aq),  $S_2O_3^{2-}$ (aq)) de concentration en quantité  $c$ .

### 40 • Une solution adaptée à un titrage

Le Lugol<sup>®</sup> est une solution antiseptique. L'étiquette d'un flacon indique : « 1,0 g de diiode dans 100 mL de Lugol<sup>®</sup> », soit une concentration en quantité  $c_2 = 3,9 \times 10^{-2}$  mol  $L^{-1}$ . Pour vérifier cette indication, un échantillon de volume  $V = 20,0$  mL de Lugol<sup>®</sup> est tiré par une solution de thiosulfate de sodium ( $2 Na^+$ (aq),  $S_2O_3^{2-}$ (aq)) de concentration en quantité  $c$ .

- Données :
- équation de réaction support de ce titrage :  $I_2(aq) + 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$  produits
  - volume maximal délivré par la burette utilisée  $V_{max} = 25$  mL ;
  - Exprimer puis calculer la quantité  $n_{S_2O_3^{2-}}$  du réactif titrant qu'il faudrait ajouter à l'équivalence.
  - Montrer qu'une solution à la concentration en quantité  $c = 7,5 \times 10^{-2}$  mol  $L^{-1}$  de thiosulfate de sodium est adaptée à ce titrage.
  - Représenter le dispositif de ce titrage à l'aide d'un schéma légendé.

### DIFFÉRENCIATION

■ Aides à la fin du manuel

### 41 • Volume à l'équivalence

On souhaite vérifier l'information portée sur l'étiquette d'un produit phytosanitaire liquide « 60 g/L de fer ». Pour cela, on procède au titrage d'un échantillon de volume  $V = 10,0$  mL de ce produit par une solution de concentration en quantité  $c_{S_2O_3^{2-}} = 60$  mmol  $L^{-1}$  de dichromate de potassium ( $2 K^+$ (aq),  $Cr_2O_7^{2-}$ (aq)).



- Données :
- volume d'un flacon de produit phytosanitaire  $V = 1,0$  L ;
  - équation de réaction support du titrage :  $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6 Fe^{2+}(aq) + 14 H^+(aq) \rightarrow$  produits
  - volume maximal délivré par la burette utilisée  $V_{max} = 25$  mL ;
  - masse molaire du fer  $M_{Fe} = 55,8$  g  $mol^{-1}$  ;
  - $H^+$ (aq) n'est jamais réactif limitant ;
  - Montrer que si l'information portée sur l'étiquette était correcte, un flacon devrait contenir une quantité  $n_{Fe^{2+}} = 1,1$  mol d'ion  $Fe^{2+}$ (aq).
  - Exprimer puis calculer le volume  $V_{S_2O_3^{2-}}$  qui serait alors versé à l'équivalence.
  - En déduire si les conditions opératoires sont adaptées à ce titrage. Justifier.
  - Si non, proposer une modification dans le protocole afin que ce titrage soit réalisable.

### 42 • Titrage et tableau d'avancement

L'équivalence d'un titrage peut être exploitée à l'aide d'un tableau d'avancement. L'état initial du système chimique à l'équivalence correspond alors à un état hypothétique dans lequel la quantité de réactif tiré est  $n_{réactif}$  et la quantité de réactif titrant ajoutée en une fois est  $n_{réactif}$ . Le titrage du diiode par l'ion thiosulfate est étudié. L'équation de réaction support du titrage est :



- Rappeler quels réactifs (sont) limitant(s) à l'équivalence.
- Recopier et compléter le tableau d'avancement ci-dessous correspondant au titrage à l'équivalence.

Équation de réaction		Quantité de matière	
	Avancement $x$		
initial	0		
final	$x_e$		

- En déduire la relation entre les quantités  $n_{I_2}$  et  $n_{S_2O_3^{2-}}$ . La comparer à la relation usuellement établie entre quantités de matière de réactifs introduits pour atteindre l'équivalence.

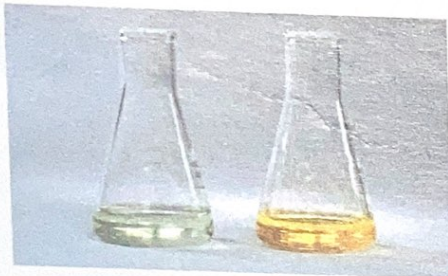


## 43 \*\*\* Changements de couleur

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER VALIDER

## DOC. 1 Titrage de l'ion fer (II)

L'ion  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  est titré par l'ion peroxodisulfate  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq})$ . Pour repérer l'équivalence, il est nécessaire d'ajouter quelques gouttes d'une solution d'orthophénantroline (DOC. 2) à l'échantillon titré.



Une solution contenant  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  est très légèrement verte ; une solution contenant  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  est légèrement orange.

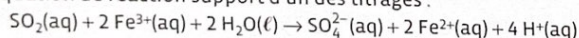
## DOC. 2 Indicateur coloré

Un indicateur coloré d'oxydoréduction est un couple oxydant-réducteur dont les formes oxydée et réduite ont des couleurs différentes. Par exemple, en présence d'ion  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  une solution d'orthophénantroline est rouge ; une fois le fer oxydé, la solution prend une couleur bleue.



## Données :

- les espèces chimiques autres que  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  et l'orthophénantroline ne colorent pas les solutions qui les contiennent ;
- équation de réaction support d'un des titrages :



- Évaluer l'intérêt d'utiliser un indicateur coloré d'oxydoréduction au cours du titrage décrit dans les DOC. 1 et 2.
- Une solution incolore contenant du dioxyde de soufre est titrée par une solution de chlorure de fer (III). Préciser si l'orthophénantroline peut être utilisée pour repérer l'équivalence de ce titrage. Justifier. En cas de réponse positive, prévoir le changement de couleur. Justifier.

## 44 \*\*\* Surveillance environnementale

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

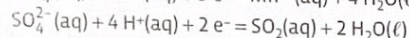
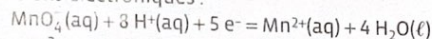
Le dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  est un gaz présent dans l'air pollué. Dès que la concentration massique en dioxyde de soufre dépasse  $500 \mu\text{g}$  par  $\text{m}^3$  d'air, la population est alertée. Lorsque l'on fait barboter de l'air pollué dans un litre d'eau, le dioxyde de soufre s'y dissout. Il est alors possible de titrer le dioxyde de soufre en solution à l'aide d'une solution de permanganate de potassium ( $\text{K}^+(\text{aq})$ ,  $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ), titrage au cours duquel une réaction d'oxydoréduction se produit. La concentration en masse en dioxyde de soufre dans l'air pollué est alors déterminée.

Une solution  $\text{S}_0$  est préparée en faisant barboter un échantillon de volume de  $1,00 \times 10^4 \text{ m}^3$  d'air pollué dans un échantillon de volume  $V_0 = 1,00 \text{ L}$  d'eau.

Un échantillon de volume  $V_1 = 10,0 \text{ mL}$  de la solution  $\text{S}_0$  est versé dans un erlenmeyer de  $100 \text{ mL}$ . Une solution violette de concentration en quantité  $c_{\text{MnO}_4^-} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  de permanganate de potassium est ensuite ajoutée goutte à goutte jusqu'à persistance de la coloration violette de la solution.

## Données :

- demi-équations électroniques :



- masse molaire du dioxyde de soufre  $M(\text{SO}_2) = 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- volume à l'équivalence :  $V_e = 15,0 \text{ mL}$ .

- Montrer que l'équation de réaction support du titrage est :  $5 \text{SO}_2(\text{aq}) + 2 \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{produits}$ .
- Exprimer puis calculer la quantité  $n_{\text{SO}_2,1}$  de dioxyde de soufre présent dans l'échantillon en début de titrage.
- Exprimer puis calculer la quantité  $n_{\text{SO}_2,0}$  en dioxyde de soufre dissous dans la solution  $\text{S}_0$ .
- Exprimer puis calculer la masse  $m_{\text{SO}_2,0}$  de dioxyde de soufre présent dans le volume  $V_0$  de la solution  $\text{S}_0$ .
- En déduire la masse  $m_{\text{SO}_2}$  de dioxyde de soufre gazeux par  $\text{m}^3$  d'air pollué. Conclure.

## 45 \*\*\* Titrage du Dakin

COMMUNIQUER ANALYSER-RAISONNER VALIDER

SOLUTÉ DE DAKIN STABILISÉ COOPER  
COMPOSITION

## Principes actifs

Hypochlorite de sodium .....  $0,500 \text{ g}$  de chlore actif pour  $100 \text{ mL}$

## Principes non actifs

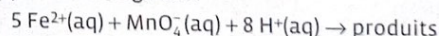
Permanganate de potassium .....  $0,0010 \text{ g}$  pour  $100 \text{ mL}$

Dihydrogénophosphate de sodium dihydraté ..... Excipient

Eau purifiée ..... Excipient

De l'eau de Dakin peut être utilisée pour désinfecter une plaie superficielle. Cette solution contient l'ion permanganate  $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$  en faible concentration, d'où sa couleur rose. On souhaite vérifier les indications de l'étiquette ci-dessus à l'aide du titrage d'un échantillon d'eau de Dakin par l'ion  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  en milieu acide.

Un échantillon de volume  $V' = 5,0 \text{ mL}$  d'une solution de concentration en quantité  $c' = 1,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  de  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  est transvasé dans un erlenmeyer. Le volume d'eau de Dakin versé à l'équivalence est :  $V_e = 16,3 \text{ mL}$ . L'équation de réaction support de titrage est :



- Schématiser le dispositif de ce titrage.
- Préciser la particularité de ce titrage.
- Exprimer puis calculer la quantité  $n_{\text{MnO}_4^-}$  d'ion  $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$  contenu dans  $100 \text{ mL}$  de l'eau de Dakin titrée.
- Exprimer puis calculer la masse  $m$  de permanganate de potassium  $\text{KMnO}_4$  contenu dans  $V = 100 \text{ mL}$  de l'eau de Dakin.
- Comparer qualitativement le résultat de ce titrage à la valeur lue sur l'étiquette. Suggérer deux sources d'erreur liées à ce titrage.

## DIFFÉRENCIATION

- Aides à la fin du manuel.