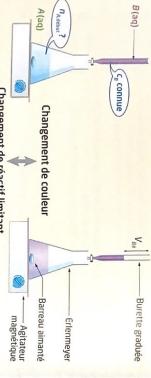
# TITRAGE AVEC SUIVI COLORIMÉTRIQUE

Equation de réaction support du titrage : a A(aq) + b B(aq) -- produits

Titrant

Réactifs



Changement de réactif limitant

EQUIVALENCE



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



Relations entre les quantités de matière des réactifs

$$\frac{n_{A,d\text{\'ebut}}}{q} = \frac{n_{B,\acute{e}}}{b} \text{ et } n_{B,\acute{e}} = c_B \times V_{B,\acute{e}}$$

# **SOURCES D'ERREURS**

Méthode (expérimentateur)

Matériel (verrerie de précision)

 $V_{B,e} = 8.5 \, \text{mL}$ 



## S'AUTOÉVALUER

Si vous ne trouvez pas la bonne réponse, reportez-vous au § de la <u>symblese des activités</u> correspondant pour vous aider.

# Recopier en complétant avec un ou plusieurs mots.

- Un un changement de avec suivi colorimétrique implique facilement 7
- La mise en œuvre d'un titrage est empreinte expérimentales liées au
- de réactif chimique pour lequel il y a changement d'un titrage correspond à l'état du système ► S2
- ÀI titrant ont été introduits dans les proportions d'un titrage, le réactif titré et le réactif de la réaction support de titrage.

## Indiquer la réponse exacte

- Lors d'un titrage, le plus souvent, le réactif titrant est ajouté à l'aide d'une : V
- a. augmente. suivi colorimétrique, la quantité de réactif titré : Avant le changement de couleur d'un titrage avec c. reste nulle

c. pipette jaugée.

- b. burette graduée. a. éprouvette graduée

6

¥ 51

Lors d'un titrage, après l'équivalence a. le réactif titré est limitant

¥ 62

- c. le réactif titré et le réactif titrant sont limitants b. le réactif titrant est limitant
- Une solution d'iodure de sodium (Na+(aq), I-(aq)) c. le réactif titré est l-(aq) et le réactif titrant MnO, (aq) b. le réactif titré est l'(aq) et le réactif titrant Na\*(aq) a. le réactif titré est K+(aq) et le réactif titrant MnO<sub>4</sub> (aq) potassium (K+(aq), MnO (aq)). Lors de ce titrage :
- Une solution d'ions (Fe<sup>3+</sup>(aq), 2CF (aq)) est titrée par une solution d'ions (2Na<sup>+</sup>(aq), 5<sub>2</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup> (aq)). L'équation de la réaction support du titrage s'écrit : a. Na+(aq) + Cl-(aq) → NaCl(s)

¥ §2

•

- c.  $2 \text{ Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2 \text{ SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{ Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_8^{4-}(\text{aq})$ b.  $2 \text{ Fe}^{2+}(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) \rightarrow 2 \text{ Fe}^{3+}(aq) + 2 \text{ SO}_4^{2-}(aq)$
- L'équation d'une réaction support de titrage s'écrit : a A + b B → produits. titrant B versé à l'équivalence. Alors  $n_{A,debut}$  et  $n_{B,e}$  désignent les quantité respectives du réactif titré A au début du titrage et du réactif
- a.  $\frac{n_{A,ddebut}}{a} = \frac{n_{B,e}}{b}$  b.  $\frac{n_{A,ddebut}}{b} = \frac{n_{B,e}}{a}$  c.  $n_{A,debut} = n_{B,e}$

Corrigés p. 468

# **Contröle Technique**

# 🚺 Prévoir un changement de couleur

H2O2(aq) est titrée par l'ion MnO4(aq). Une solution incolore de peroxyde d'hydrogène

 $\label{eq:convergence} \begin{array}{ll} \textbf{Données:} H_2O_2 \text{ et les produits de la transformation associée} \\ \text{à ce titrage ne colorent pas la solution dans laquelle ils se trouvent. La solution d'ion permanganate <math>\text{MnO}_4^7 \text{ est violette.} \end{array}$ qui a lieu à l'équivalence de ce titrage Expliquer le changement de couleur, d'incolore à violet

### SOLUTION

Avant l'équivalence, l'espèce titrante Mn0 (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 l' incolore est titré par l'ion permanganate Du diiode jaune pâle est formé en cours de titrage Expliquer le changement de couleur, de jaune pâle à Expliquer le changement de couleur, de jaune pâle à violet, qui a lieu lors de l'équivalence de ce titrage

# 🔁 Établir la relation à l'équivalence

### **EXERCICE RÉSOLU**

L'ion Co<sup>2+</sup>(aq) est titré par l'ion  $S_2O_8^{\mathcal{I}^-}$  (aq). L'équation de réaction support de ce titrage s'écrit

On note  $n_{\mathrm{Co}^{2+},\mathrm{debut}}$  la quantité d'ion cobalt (II) au début du titrage et  $n_{\mathrm{S},\mathrm{O}_{3}^{2},\mathrm{g}^{2}}$  celle d'ion peroxodisulfate ajouté Etablir la relation entre les quantités  $n_{Co^{2n},debut}$  et  $n_{S2}o_{0}^{2}$  $2 \text{ Co}^{2+}(\text{aq}) + S_2O_8^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{produits}$ 

# La relation entre les quantités des réactifs s'écrit. $\frac{n_{Co^{2s}\text{-}debust}}{2} = \frac{n_{S/0_0^{2s}/8}}{1} \text{ soit } \frac{n_{Co^{2s}\text{-}debust}}{2} = n_{S/0_0^{2s}/8}.$

NOLLITOS

APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu

réaction support de ce titrage s'écrit  $Fe^{2+}(aq) + Ce^{4-}(aq) \rightarrow produits$ L'ion fer (II) est titré par l'ion cérium (IV). L'équation de

On note  $n_{{\cal F}e^{2\gamma},{\rm debut}}$  la quantité d'ion  ${\sf Fe^{2\gamma}}({\sf aq})$  au début du titrage et  $n_{{\cal C}e^{2\gamma},{\sf g}}$  celle d'ion  ${\sf Ce^{2\gamma}}({\sf aq})$  ajouté à l'équivalence. Établir la relation entre les quantités  $n_{\mathrm{Fe}^{2+},\mathrm{début}}$ 

### Titrage

### EXERCICES RAPIDES

- H suivi colorimétrique. Utiliser le vocabulaire adapté. Réaliser un support visuel permettant de l'ensemble de la classe le dispositif d'un titrage avec présenter oralement en deux minutes maximum à
- De l'éthanol C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O(aq) est titré par l'ion permangadu titrage. final de la réaction support de titrage, tout au long tés des espèces titrée, titrante et des produits à l'état montrer comment varient qualitativement les quantinate MnO4(aq). A l'aide d'un tableau de variations,
- 15 Prévoir le changement de couleur au cours du titrage colorée est l'ion MnO4(aq) de couleur violette. décrit dans l'exercice 14 sachant que la seule espèce

# 16 Remettre dans l'ordre un protocole

Le titrage d'une solution de peroxyde d'hydrogène H,O,(aq) par une solution de permanganate de potassium (K·(aq), MnO, (aq)) doit être réalisé Cependant, les étapes du protocole de titrage donné ci-dessous ont été mélangées

- l'erlenmeyer après chaque ajout de solution titrante. 1. Observer la couleur de la solution contenue dans
- solution de peroxyde d'hydrogène. L'introduire dans un 2. Prélever un échantillon de volume  $V_S = 10,0$  mL d'une erlenmeyer et ajouter un barreau aimanté.
- dès que le changement de couleur persiste. 3. Relever la valeur du volume V de solution titrante versée
- ser la burette au-dessus de l'erlenmeyer. 4. Placer l'erlenmeyer sur un agitateur magnétique et dispo-
- 5. Rincer puis remplir la burette graduée avec une solution

de concentration en quantité  $c = 20 \text{ mmol·L}^{-1}$  de permanga-

Remettre ces cinq étapes dans l'ordre chronologique.

# 🚺 Choisir une espèce titrante

Permanganate  $MnO_4^-$  (aq) et peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2(aq)$ on dispose de trois espèces chimiques : ion iodure I-(aq), ion phériques. Il se dissout facilement dans l'eau. Pour le titrer, Le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>(g) fait partie des polluants atmos-

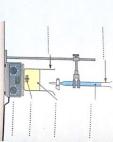
couples oxydant réducteur SQ<sup>2</sup><sub>c</sub> / SQ<sub>2</sub>, <sup>1</sup><sub>c</sub>/17, MnQ<sup>2</sup><sub>c</sub> / MnQ<sup>2</sup><sub>c</sub> / Mp. - une solution contenant du diode l<sub>2</sub>lad) est Jaune, une solution contenant l'ion permanganate est violette , les autres espèces chimiques impliquées ne colorent pas les solutions dans lesquelles elles se

Choisir l'espèce titrante qui permettra de réaliser un titrage avec suivi colorimétrique du dioxyde de soufre.

86

## 圆米 In english please

In a titration, a 20.0 cm<sup>3</sup> of an iodine 1, solution is poured in a beaker. A 1.50 × 10<sup>4</sup>-mol·dm<sup>3</sup> Ma<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> solution is addut with a biret. The color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 10.0 cm<sup>3</sup> of the color change is effective when 1 the titrating solution is added



dessus puis compléter en français et en anglais les légendes

À l'équivalence, la quantité de diiode ajouté est

 $SO_2(aq) + I_2(aq) + 2 H_2O(\ell) \rightarrow produits$  $n_{15,e} = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol.}$ 

réaction support de titrage est

contenu dans cet échantillon en début de titrage Calculer la quantité nso2, début de dioxyde de soufre

### 📵 Ecrire un résultat avec le nombre adapté de chiffres significatifs

burette graduée lors d'un titrage est schématia. La lecture de la valeur d'un volume versé à la

significatifs, en considérant que la lecture du

graduée dont le constructeur annonce une incertitude-type de 0,1 mL. L'élève note que le Critiquer cette écriture. volume à l'équivalence est égal à 13,47 mL b. Lors d'un titrage, un élève utilise une burette

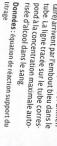
### Le tube d'un éthylotest contient l'ion dichromate Cr<sub>2</sub>O<sub>2</sub><sup>2-</sup> qui réagit avec de 20 Retour sur l'ouverture du chapitre

risée d'alcool dans le sang. taire) arrivent par l'embout bleu dans le tube. La ligne tracée sur le tube correspond à la concentration maximale autoqui réalise le test. Les vapeurs d'éthanol (l'alcool alimen-

l'éthanol C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O expiré par la personne

(a)

(b)











titrage

96		
	Jaune-orange	Iname
Clar	-	Couleur
	Cr,0;-	- Suprimique
êce chimi	-	Espèce chimin

- b. Expliquer le changement de couleur visible lors d'un éthylotest a. Identifier l'espèce titrée et l'espèce titrante de ce test
- c. Préciser quel automobiliste (a) ou (b) ne doit pas conduire Justifier à l'aide du vocabulaire adapté.

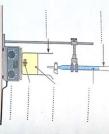
xploitation du titrage

**a.** Établir la relation entre les quantités  $n_{H_2O_2,debut}$  de  $H_2O_2(aq)$  en début de titrage et  $n_{G_1(q)^2}$ , a d'ion  $G_1Q_2^2$ - (aq) ajouté à l'équiva-

APPLIQUER

Exercices

XERCICES RAPIDES



3

L'ion iodure I-(aq) d'une solution est titré par l'ion

par une solution de concentration en quantité  $c_r = 2,00$  mol·L·l d'iodure de potassium (K·(aq), I·(aq)). L'équivalence est repérée

Un échantillon d'eau oxygénée de volume V = 20,0 mL est titré

25 Apprendre à rédiger

de n<sub>Cr203-,e</sub> d'une part et n<sub>MnO6, e</sub> d'autre part

 En déduire l'expression de la quantité n<sub>H202,début</sub> en fonction lence. Même question entre n<sub>H2O2,début</sub> et n<sub>MnO4, é</sub>

Données : équation de réaction support du titrage pour le volume  $V_e = 18,0$  mL de solution titrante versée.

 $H_2O_3(aq) + 2I(aq) + 2H(aq) \rightarrow produits$ 

L'ion H+(aq) n'est jamais limitant

ORAL Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe une manière d'exploiter l'équi-

valence d'un titrage.

Recopier le schéma du dispositif du montage de titrage p

8

Un échantillon de solution de dioxyde de soufre SO2(aq)

est titré par une solution de diiode 1<sub>2</sub>(aq). L'équation de

en début de titrage et n<sub>r. é</sub> d'ion I-(aq) ajouté à l'équivalence a. Etablir la relation entre les quantités n<sub>H2O2,début</sub> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(aq) De même après l'équivalence.

Préciser quel réactif est limitant avant l'équivalence permanganate MnO, (aq) d'une solution ajoutée avec

volume est la principale source d'erreur. versée avec le nombre adapté de chiffres Exprimer la valeur du volume de solution



Deux échantillons de peroxyde d'hydrogène sont titrés, le premier par une solution d'ion dichromate  $Cr_2O_2^{2r}(aq)$ , le second par une solution d'ion permanganate MnO (aq) 24) Analyser un titrage 🗗 Corrigé vidéo

L'ion H+(aq) n'est jamais limitant. Données : équations des réactions supports des titrages  $3 H_2O_2(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8 H^+(aq) \rightarrow produits$   $5 H_2O_2(aq) + 2 MnO_4^-(aq) + 6 H^+(aq) \rightarrow produits$ 

## lide méthodologique

d. Exprimer puis calculer la quantité n<sub>H2O2</sub> de peroxyde d'hy

c. En déduire la quantité n<sub>H2O2,début</sub> de peroxyde d'hydrogène Exprimer puis calculer la quantité n<sub>r é</sub> d'ion iodure ajouté à

drogéne dans une solution de volume V'= 1,0 L d'eau oxygénée

dans l'échantillon titré.



- Rappeler la relation entre quantité de soluté de la solution concentration en quantité de soluté et volume
- la quantité nH202, del Combiner les deux relations précédentes pour expr
- Utiliser un nombre adapté de chiffres significatifs.

# QCM-pourfaire le point

Pour chaque question, indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).

30 mmol. L'équation de réaction support de titrage est quantité d'espèce titrante ajoutée à l'équivalence est de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>(aq)) contenant une grande quantité d'ion H+(aq). La est titré par une solution de dichromate de potassium (2K+(aq), Pour les exercices 25 à 29 : l'alcool à 70° est un antiseptique contenant de l'éthanol C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O(aq). Un échantillon d'alcool à 70°

 $3 C_2 H_6 O(aq) + 2 Cr_2 O_7^{2-}(aq) + 16 H^+(aq) \rightarrow$ 3 C2H4O2(aq) + 4 Cr3+(aq) + 11 H2O(l)

Données: une solution contenant l'ion Cr<sub>2</sub>O<sup>2</sup> (ag) est orange: une solution contenant l'ion l'ion Cr<sup>2</sup>Hal) verte : Les autres une solution contenant l'ion l'ion Cr<sup>2</sup>Hal) verte : Les autres expèces chimiques impliquées dans ce titrage ne colorent pas les solutions dans lesquelles elles se trouvent.



b. Cr205 (aq)

B L'équivalence est repérée par le changement

b. incolore à vert de couleur a. incolore à orange

À l'équivalence, le(s) réactif(s) limitant(s) est (sont) c. vert à marron. a. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O(aq)

8 La quantité nur c. H+(aq)

b. Cr205 (aq)

du titrage est égale à : d'espèce titrée au début

a. 20 mmol. b. 30 mmol c. 45 mmol

Corrigés p. 468



## PARTICES

### APPLIQUER

# EXERCICE RÉSOLU ET COM

III.

# 👀 Titrage d'un échantillon de Lugol®

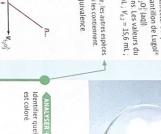
### ENONCE

est titré par une solution de thiosulfate de sodium (2Na faq), 5,0<sup>2</sup> [aq]) Trois essais de titrage sont réalisés dans les mêmes conditions, les valeurs du Volume de la companyation de superficielles. Cette solution contient du diiode I<sub>3</sub>(aq). Un échantillon de Lugol<sup>6</sup>. Le Lugo!\* est un antiseptique local couramment utilisé pour désinfecter des plaies olume  $V_e$  versé à l'équivalence sont :  $V_{e,1}$  : entre 15 et 16 mL ;  $V_{e,2}$  = 15,6 mL

Donnée : une solution contenant du diiode l<sub>y</sub>(aq) est de couleur Jaune ; les autres espèces chimiques impliquées dans ce titrage ne colorent pas les solutions qui les contiennent.

2. Calculer le volume de solution titrante 1. Prévoir le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence. nombre adapté de chiffres significatifs. ajoutée à l'équivalence du titrage avec le

calcul n'est demandé). Justifier Ci-contre représentant les évolutions 3. Recopier et compléter le graphique volume de solution titrante versée (aucun produits dans l'erlenmeyer en fonction du qualitatives des quantités de réactifs et de



## ANALYSER-RAISONNER

Identifier quel réactif, titré ou titrant,

équivalent et justifier ce choix. Conserver deux valeurs du volume

## ANALYSER RAISONNER

Partager le titrage en trois phases avant, à l'équivalence, puis après

# 1. L'équivalence est repérée par le changement de couleur de jaune à incolore. **UNE SOLUTION**

2. Comme le premier essai a été rapide et que les valeurs V<sub>62</sub> et V<sub>63</sub> sont proches, la

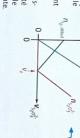
moyenne  $V_e$  des volumes à l'équivalence est calculée avec  $V_{e,z}$  et  $V_{e,z}$ 

15,6 + 15,8 = 15,7 mL

introduit dans l'erlenmeyer. La quantité n 3. Avant l'équivalence, il y a transforma-tion chimique dès que l'ion S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-(aq) est diminue progressivement, n<sub>5,03</sub>- reste égale duits augmente.

Après l'équivalence, il n'y a plus de translimitants, donc  $n_{12} = 0$  et  $n_{5203}^{2-} = 0$ . A l'équivalence, les réactifs titrant et titré sont

à 0,  $n_{S_2O_3^{3-}}$  augmente et  $n_{produits}$  reste constante formation chimique car tout le diiode a été consommé. Ainsi, la quantité  $n_{\rm b}$  reste égale



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

### APPLICATION

## Sur le modèle de l'exercice résolu

L'alcool à 70° est une solution antiseptique qui contient de l'éthanol  $C_2H_2O(aq)$ . Un échantillon d'alcool à 70° est titré par une solution de permanganate de potassium (K-(aq), MnO\_3 (aq)). Trois essais de titrage sont réalisés , les valeurs du volume  $V_\varphi$  versé à l'équivalence sont :  $V_{\varphi,1}$  : entre 10 et 11 mL ;  $V_{\varphi,2}=10.8$  mL  $V_{\varphi,1}=10.6$  mL Titrage d'un antiseptique

Données : une solution contenant l'ion permanganate est de couleur violette , les autres espèces chimiques mises en leu lors de ce titraire ne colorent pas les colorens autres espèces chimiques mises en les colorens par les contenans en la colorens de ce titraire ne colorens par les colorens en la colorens de colorens en la colorens

jeu lors de ce titrage ne colorent pas les solutions qui les contiennent.

ALCOOL HOOSE

- 1. Prévoir le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.
- Calculer le volume à l'équivalence du titrage avec le nombre adapté de chiffres significatifs.

dans l'erlenmeyer en fonction du volume de solution titrante versée. Justifier 3. Réaliser un graphique représentant les évolutions qualitatives des quantités des réactifs et des produits dans l'erfenmeyer en fonction du volume de colonne de l'entre des quantités des réactifs et des produits des réactifs et des produits de l'entre des des réactifs et des produits de l'entre de l'entre

### APPLIQUER

### Exercices

# (2) Contrôle qualité d'un vin

EXERCICE RÉSOLU

ET COMMENTE

ENONCE

Un vigneron titre un échantillon de volume V=20,0 mL de son vin avec une solution titrante de concentration en quantité  $s_{x,Q^2}=100\ \mu mol.\ L^{-1}$  d'on thosulfate. L'équivalence est repérée pour un volume  $V_4=9,5$  mL de solution titrante versée. sable de la casse ferrique (un dépôt solide) qui se forme si sa concentration en masse Le contrôle qualité d'un vin consiste à déterminer la quantité d'ion fer (III) respon est supérieure à 10 mg. L-1. Dans ce cas, le vin ne peut pas être commercialisé.

Données: · masse molaire du fer M = 55,8 g.mol-1

• equation de réaction support du titrage :  $Fe^{3+}(aq) + S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow produits$ 

2. Exprimer puis calculer la quantité  $n_{\rm Fe}$  aébut d'ion fer (III) contenu dans l'échantiltillon en début de titrage et la quantité  $n_{5/0_3^2-\delta}$  d'ion  $5/0_3^2$  (aq) ajouté à l'équivalence. 1. Établir la relation entre la quantité  $n_{Fe^{3+},debut}$  d'ion Fe<sup>3+</sup>(aq) présent dans l'echan lon, en fonction de C5203- et de V6-

des sous-unités

iques utilisent

 $1 \mu \text{mol.L}^{-1} = 1 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ 

RÉALISER

ombiner la relation établie à la

Exprimer puis calculer la quantité n<sub>1</sub> d'ion fer (III) par litre de vin

V<sub>vin</sub> = 1,0 L de vin. Conclure quant à la qualité du vin. 4. Exprimer puis calculer la masse  $m_1$  d'ion fer (III) présent dans un volume

### **UNE SOLUTION**

1. D'après l'équation de la réaction support du titrage : n<sub>Fe3+,début</sub>

2.  $n_{520_3^2, e} = c_{520_3^2} \times V_e \text{ et } n_{\text{Fe}^{3+}, \text{debut}} = n_{520_3^2, e}$ 

Prendre en compte le fait que le titrage a été effectué sur un échantillon de

de matière, concentration et volume

3.  $n_1 = n_{\text{Fe}^{3+},\text{début}} \times \frac{V_{\text{vin}}}{V}$ 

2,7 mg < 10 mg, donc ce vin ne présente pas de risque de casse ferrique.

A.N.:  $n_1 = 0.95 \, \mu \text{mol} \times \frac{1.0 \times 10^3 \, \text{mL}}{20.0 \, \text{mL}} = 48 \, \mu \text{mol} = 4.8 \times 10^{-3} \, \text{mmo}$ 

 $\begin{array}{l} n_{\text{Fe}^3,\text{debut}} = c_{520_3^{2-}} \times V_e \\ = 100 \, \mu \text{mol·L}^{-1} \times 9,5 \times 10^{-3} \, \text{L} = 0,95 \, \mu \text{mol} \end{array}$ 

4.  $m_1 = n_1 \times M_{\rm Fe}$ . A.N.:  $m_1 = 4,8 \times 10^{-5} \, {\rm mol} \times 55,8 \, {\rm g} \cdot {\rm mol}^{-1} = 2,7 \times 10^{-3} \, {\rm g} = 2,7 \, {\rm mg}$ .

# de matière, masse et masse molaire

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

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

# ᢃ Contrôle qualité d'un produit antimousse



L'étiquette d'un produit antimousse pour pelouse indique qu'il contient 15 % en masse d'ion Fe?». On souhaite vérifier cette information à l'aide d'un titrage de l'ion Fe2+(aq) par l'ion permanganate.

Un échantillon de masse  $m_0 = 10,0$  g de ce produit en poudre est dissous dans de quantité  $c_{MnO_4^-} = 5,00$  mmol·L $^{-1}$ d'ion permanganate. L'équivalence est repérée quand l'eau distillée pour obtenir la solution  $S_0$  de volume  $V_0=1.00$  L. Un échantillon un volume V<sub>é</sub> = 12,8 mL de la solution titrante a été ajouté. volume V=10.0 mL de la solution  $S_0$  est titré par une solution de concentration en

- Établir la relation entre les quantités n<sub>Fe<sup>2+</sup></sub>  $\cdot \text{ equation de réaction support du titrage: } S \text{ Fe}^{\text{tr}}(\text{ad}) + \text{MnO}^{\text{T}}_{\text{u}}(\text{ad}) + \text{8 H}^{\text{t}}(\text{ad}) \rightarrow \text{produits. L'ion H}^{\text{t}}(\text{ad}) \text{ in est jamais limitant produits.}$  $_{
  m obout}$  d'ion Fe²+(aq) présent dans l'échantillon en début de titrage et  $n_{
  m MnO_{
  m o}^{-}e}$  d'ion MnO $_{
  m e}^{-}$ (aq)
- 2. Exprimer puis calculer la quantité  $n_{Fe^3$ , nebut d'ion fer (II) contenu dans l'échantillon titré, en fonction de  $c_{mnG_i}$  et de  $V_{\phi}$
- 4. Exprimer puis calculer la masse m d'ion fer (II) contenu dans la solution  $S_{\mathbb{P}}$  Conclure. 3. Exprimer puis calculer la quantité n d'ion fer (II) contenu dans la solution  $\mathbb{S}_{0}$
- Chapitre 4 · Titrage avec suivi colorimétrique

88

89

_	157	31 (1	173	119
12 1	12.1	12.15	12.3	

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

## 🛂 Contrôle qualité d'un produit UTOEVALUER

Un échantillon est titré par une solution de permanganate de potassium ( $K^*(aq)$ ,  $MnO_a^*(aq)$ ). Un produit phytosanitaire liquide contient des ions fer (II)

Données : · équation de réaction support de titrage 5 Fe2\*(aq) + MnO<sub>4</sub> (aq) + 8 H\*(aq) → produits

H\*(aq) n'est jamais réactif limitant;
 volume de l'échantillon titré V = 5,0 mL.

 concentration en quantité de matière de la solution titrante  $c_{Mn0_4^-} = 62,5 \text{ mmol-L-1};$ 

a. Exprimer puis calculer la quantité n<sub>Fe2\*,début</sub> d'ion Fe2\*(aq) que contient l'échantillon titré. volume à l'équivalence V<sub>MnO4-,é</sub> = 18,0 mL

d'ion Fe2+(aq) de ce produit phytosanitaire b. Exprimer puis calculer la concentration en quantité cFe2-

## INDICATEURS DE RÉUSSITE

NIVEAU

d'eau oxygénée titrée.

La relation entre quantité de matière, concentra tion en quantité et volume est exploitée. réactifs à l'équivalence est établie La relation entre les quantités de matière des

chiffres significatifs Exprimer les résultats avec le nombre adapté de

## Incertitude-type lors d'un titrage S'APPROPRIER RÉALISER ANALYSER-RAISONNER

lon de la solution à titrer est prélevé avec une pipette jaugée Afin de réaliser le titrage d'une solution de Lugol®, un échantil-

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

- Indication sur la pipette: 10 ± 0,03 mL
   Indication sur la burette: 25 ± 0,09 mL
- volume d'une goutte Vgoutte = 0,05 mL

a. Exprimer puis calculer l'incertitu utilisée (→ Fiche méthode 1). type u(V) due à la pipette

b. Exprimer la valeur du volume de pr adapté de chiffres significatifs ement avec le non

c. Préciser le nombre de décimales correctement la valeur du volume à essaires pour exprimer uivalence.

### (3) Calculer une quantité de ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER atière

de diiode. On souhaite vérifier cette indication à l'aide du titrage d'un de Lugol® par une solution de thioéchantillon de volume V = 10,0 mL solution contient 1,0 g de diiode 100 mL de Lugol® précise que cette tique. L'étiquette d'un flacon de Le Lugol® est une solution antisep l<sub>2</sub>(aq), soit une quantité n = 3,9 mmol



qu'un volume  $V_{5203^2,\ell} = 8,4$  mL de solution titrante est versée quantité  $c_{5/03} = 100 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$ . L'équivalence est repérée lors sulfate de sodium (2Na+(aq), S2O3-(aq)) de concentration en

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

a. Établir la relation entre les quantités n<sub>12 début</sub> de 1<sub>2</sub>(aq) en débu

de titrage et  $n_{S_2Q_3^2,\ell}$  d'ion  $S_2Q_3^2$  (aq) ajouté à l'équivalence. Exprimer puis calculer la quantité n<sub>5203-,é</sub> d'ion thiosulfate

c. En déduire la quantité n<sub>12,début</sub> de diiode dans l'échantillon Exprimer puis calculer la quantité n<sub>12</sub> de diiode dans 100 ml

Comparer la valeur de la quantité n<sub>is</sub> calculée précédemment avec la valeur de référence correspondant à l'indication sur

## 🔢 🕸 Vidéo d'un titrage



titrage étudié sur le site Visionner la vidéo du S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER

l'ion permanganate MnO, (aq) est rose ou violette; les autres espèces chimiques ne colorent pas les soluimpliquées dans le titrage une solution contenant



indication sur la burette utilisée : incertitude-type  $u(V) = \pm 0.05 \text{ mL}$ 

l'équivalence lors de ce titrage. a. Expliquer le changement de couleur qui permet de repérer

nombre adapté de chiffres significatifs. b. Exprimer la valeur du volume à l'équivalence Vé avec le

Fe<sup>2+</sup>(aq) de la solution titrée C. Exprimer puis calculer la concentration en quantité CFe2+ d'ion

# (E) • Nettoyer ses lentilles de contact

nettoyage de lentilles de contact roxyde d'hydrogène est le principe actif d'une solution

et de protéines et le trempage. Pour tous types de la des les lentilles en stilcone-hydrogel. Pour le nettoyage, la décontai ition, le nettoyar

its school Oxyclean (peraxyde d'hydrogène 3%) is des enfants. A conserver entre 4°C et 25°C psqu'à 3 mois après auverture du flacon. consulter la notice pour les mises en garde et le mon

La solution de nettoyage de lentilles de contact est diluée dix fois pour obtenir une solution-fille. On souhaite vérifier l'information portée sur cette étiquette

prélevé puis titré par une solution acidifiée de concentration en quantité c<sub>tur</sub> = 25,0 mmol·L<sup>-1</sup> de permanganate de potas-sium. L'équivalence de ce titrage est repérée lorsqu'un volume  $V_{e} = 13,6$  mL de solution titrante est versée. Un échantillon de volume V=10,0 mL de cette solution-fille est

- masse molaire du peroxyde d'hydrogène  $H_2O_p$ , M=34 g.mo $f^{-1}$ ; masse volumique de la solution titrée p=1,00 g.mL $^{-1}$ ;
- équation de réaction support du titrage
- Exprimer puis calculer la quantité n<sub>exp,éc</sub> 2 MnO<sub>4</sub>(aq) + 5 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(aq) + 6 H+(aq) → produits
- b. Exprimer puis calculer la quantité n<sub>exp</sub> puis la masse m<sub>ex</sub> de peroxyde d'hydrogène dans 100 g de solution commerciale d'hydrogène présent dans l'échantillon en début de titrage

### DIFFÉRENCIATION

## 40 \* \* Une solution adaptée à un titrage S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER COMMUNIQUER

V=20,0 mL de Lugol® est titré par une solution de thiosulfate de sodium (2Na\*(aq),  $S_2O_2^3$ -(aq)) de concentration en quantité c. Pour vérifier cette indication, un échantillon de volume une concentration en quantité  $c_1 = 3.9 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ w.}$ flacon indique : « 1,0 g de diiode dans 100 mL de Lugol®, soit Le Lugol® est une solution antiseptique. L'étiquette d'un

équation de réaction support de ce titrage

 $I_2(aq) + 2S_2O_3^2(aq) \rightarrow produits$ 

qu'il faudrait ajouter à l'équivalence. Exprimer puis calculer la quantité n<sub>5203,4</sub> du réactif titrant volume maximal délivré par la burette utilisée  $V_{\rm max}$  = 25 mL

**b.** 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

c. Représenter le dispositif de ce titrage à l'aide d'un schéma



Aides à la fin du manuel

### 4) \* Volume à l'équivalence ANALYSER RAISONNER VALIDER

S'ENTRAINER

Exercices

On souhaite vérifier l'information portée sur l'étiquette d'un produit phytosanitaire liquide : « 60 g/L de fer ». Pour cela, on procéde au titrage d'un échantillon de volume V=10,0 mL de ce produit par une solution de concentration (2 K+(aq), Cr2O2-(aq)). = 60 mmol·L<sup>-1</sup> de dichromate de potassium



- volume d'un flacon de produit phytosanitaire V = 1.0 L, équation de réaction support du titrage:  $Cr_2O_7^2(|aq| + 6 Fe^{3r}(aq) + 14 H^4(aq) \rightarrow produits$
- volume maximal délivré par la burette utilisée  $V_{\rm max}=25\,{\rm mL}$ ; masse molaire du fer  $M_{\rm Fe}=55,8\,{\rm g\cdot mol^{-2}}$ ;
- · H+(aq) n'est jamais réactif limitant.
- d'ion Fe2+(aq). a. Montrer que si l'information portée sur l'étiquette était correcte, un flacon devrait contenir une quantité  $n_{Fe^{2s}} = 1,1$  mol

, de peroxyde

b. Exprimer puis calculer le volume V<sub>Cr202-e</sub> qui serait alors versé

titrage. Justifier. c. En déduire si les conditions opératoires sont adaptées à ce

d. Sinon, proposer une modification dans le protocole afin que

ce titrage soit réalisable

# 42 \* \* Titrage et tableau d'avancement

# CONNAITRE ANALYSER-RAISONNER VALIDER

de réactif titrant ajouté en une fois est n<sub>utrant.e</sub>. Le titrage du diiode par l'ion thiosulfate est étudié. L'équation tableau d'avancement. L'état initial du système chimique à lequel la quantité de réactif titré est n<sub>titré début</sub> et la quantité l'équivalence correspond alors à un état hypothétique dans L'équivalence d'un titrage peut être exploitée à l'aide d'ur

 $I_2(aq) + 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow produits$ 

de réaction support du titrage est

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

État	Avancementx	Quantité de matière
initial	0	

c. En déduire la relation entre les quantités n<sub>intelebour</sub> et n<sub>intele</sub>

43 \* \* Changements de couleur

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER VALIDER

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

L'ion Fe<sup>2+</sup>(aq) est titré par l'ion peroxodisulfate  $S_2O_8^{2-}(aq)$ . 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 Fe<sup>2+</sup>(aq) est très légèrement verte ; une solution contenant Fe³+(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 Fe<sup>2+</sup>(aq) une solution d'orthophénantroline est rouge; une fois le fer oxydé, la solution prend une couleur bleue.



### Données:

- les espèces chimiques autres que Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> et l'orthophénantroline ne colorent pas les solutions qui les contiennent;
- équation de réaction support d'un des titrages :
  - $SO_2(aq) + 2 Fe^{3+}(aq) + 2 H_2O(\ell) \rightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2 Fe^{2+}(aq) + 4 H^+(aq)$
- a. Évaluer l'intérêt d'utiliser un indicateur coloré d'oxydoréduction au cours du titrage décrit dans les DOC. 1 et 2.
- b. 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 SO2 est un gaz présent dans l'air pollué. Dès que la concentration massique en dioxyde de soufre dépasse 500 µg par m³ 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 (K+(aq), MnO-(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 So est préparée en faisant barboter un échantillon de volume de 1,00 × 10<sup>4</sup> m³ d'air pollué dans un échantillon de volume  $V_0 = 1,00 \text{ L d'eau}$ .

Un échantillon de volume  $V_1 = 10,0$  mL de la solution  $S_0$  est versé dans un erlenmeyer de 100 mL. Une solution violette de concentration en quantité  $c_{MnO_4^-} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  de permanganate de potassium est ensuite ajoutée goutte à goutte jusqu'à persistance de la coloration violette de la solution.

### Données:

· demi-équations électroniques :

 $MnO_4^-(aq) + 8 H^+(aq) + 5 e^- = Mn^{2+}(aq) + 4 H_2O(\ell)$  $SO_4^{2-}(aq) + 4 H^+(aq) + 2 e^- = SO_2(aq) + 2 H_2O(\ell)$ 

- masse molaire du dioxyde de soufre  $M(SO_2) = 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;
- · volume à l'équivalence :  $V_{\acute{\rm e}} = 15,0$  mL.
- a. Montrer que l'équation de réaction support du titrage est :  $5 SO_2(aq) + 2 MnO_4^-(aq) + 2 H_2O(\ell) \rightarrow produits.$
- **b.** Exprimer puis calculer la quantité  $n_{SO_{2}1}$  de dioxyde de soufre présent dans l'échantillon en début de titrage.
- **c.** Exprimer puis calculer la quantité  $n_{{\rm SO}_{\geq 0}}$  en dioxyde de soufre dissous dans la solution  $S_0$ .
- **d.** Exprimer puis calculer la masse  $m_{{
  m SO}_{
  m b}0}$  de dioxyde de soufre présent dans le volume  $V_0$  de la solution  $S_0$ .
- e. En déduire la masse  $m_{{\rm SO}_2}$  de dioxyde de soufre gazeux par m $^3$ d'air pollué. Conclure.



### SOLUTÉ DE DAKIN STABILISÉ COOPER COMPOSITION

Principes actifs

Hypochlorite de sodium ..... 0,500 g de chlore actif pour 100 mL

Principes non actifs

Permanganate de potassium ...... ... 0,0010 g pour 100 mL Dihydrogénophosphate de sodium dihydraté ..... Excipient

De l'eau de Dakin peut être utilisée pour désinfecter une plaie superficielle. Cette solution contient l'ion permanganate MnO<sub>4</sub> (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 Fe2+(aq) en milieu acide.

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

 $5 \operatorname{Fe}^{2+}(aq) + \operatorname{MnO}_{4}(aq) + 8 \operatorname{H}_{4}(aq) \rightarrow \operatorname{produits}$ 

- a. Schématiser le dispositif de ce titrage.
- b. Préciser la particularité de ce titrage.
- **c.** Exprimer puis calculer la quantité  $n_{\mathrm{MnO_4^-}}$  d'ion  $\mathrm{MnO_4^-}(\mathrm{aq})$ contenu dans 100 mL de l'eau de Dakin titrée.
- **d.** Exprimer puis calculer la masse *m* de permanganate de potassium KMnO<sub>4</sub> contenu dans V = 100 mL de l'eau de Dakin.
- e. 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.