

LES RÉACTIONS D'OXYDORÉDUCTION DANS LES TITRAGES COLORIMÉTRIQUES

Lucien Ransinangue

Objectifs Apprendre les notions essentielles dans l'écriture d'une équation de réaction d'oxydoréduction.
Se familiariser avec les notions de titrage, d'espèce titrante et titrée, d'équivalence.

1^{re} de Spécialité **Constitution et transformations de la matière**

Thème 1 : Suivi de l'évolution d'un système, siège d'une transformation.

Parties :

Partie B : Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique.

Partie C : Détermination d'une quantité de matière grâce à une transformation chimique.

Notions et contenus Couple oxydant/réducteur.
Équation de réaction d'oxydoréduction.
Titration avec suivi colorimétrique.
Relation entre quantité de matière des réactifs à l'équivalence.
Relation entre concentration massique et molaire.

Compétences mobilisées S'approprier **APP**
Analyser / Raisonner **ANA/RAI**
Réaliser **REA**
Valider **VAL**

L'ION PERMANGANATE

L'ion permanganate MnO_4^- est un très bon oxydant participant à de nombreuses réactions d'oxydoréduction.

En solution aqueuse, ce composé donne une teinte allant du rose au violet en fonction de sa concentration.

Cette coloration en fait un réactif apprécié lors des titrages colorimétriques.



Solutions de permanganate de potassium
© Stocklib

Partie A : L'ion permanganate, un bon oxydant

L'ion permanganate est un bon oxydant. Il réagit spontanément avec de nombreuses espèces chimiques, appelées réducteurs, dans des réactions d'oxydo-réduction.

Que sont un oxydant et un réducteur ?

Comment écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction ?

Les réactions d'oxydoréduction sont à l'origine de la formation de la rouille

© Futura Sciences



Document 1 : L'essentiel sur les réactions d'oxydoréduction

Une réaction d'oxydoréduction met en jeu deux couples d'espèces chimiques. Dans chaque couple, se trouvent :

- un oxydant : une espèce chimique qui capte un ou plusieurs électrons ;
- un réducteur : une espèce chimique qui cède un ou plusieurs électrons.

Ces deux espèces chimiques sont reliées par les demi-équations électroniques :



Une demi-équation électronique traduit la conservation des éléments.

La conservation des éléments oxygène et hydrogène est, par convention, conservée respectivement par l'eau $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ et $\text{H}^+(\text{aq})$.

La charge électronique globale est conservée par les électrons.

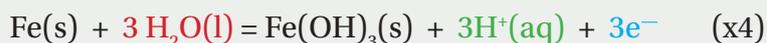
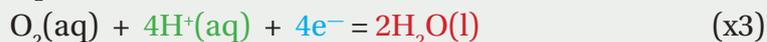
Une réaction d'oxydoréduction fait réagir un oxydant d'un couple avec le réducteur de l'autre couple.

Il ne doit plus y avoir d'électrons dans l'équation de la réaction.

Exemple : Lorsque du fer se retrouve dans de l'eau, il rouille. Il se produit une réaction d'oxydoréduction entre le fer et le dioxygène dissout dans l'eau.

Couples oxydant/réducteur : $\text{O}_2(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$; $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})/\text{Fe}(\text{s})$

Les demi-équations :



H_2O permet la conservation de l'élément oxygène.

H^+ permet la conservation de l'élément hydrogène.

e^- permet la conservation de la charge électronique.

L'équation bilan finale est la somme des deux demi-équations, préalablement multipliées par 3 pour l'une, et par 4 pour l'autre, afin d'assurer l'absence d'électrons au final :



En simplifiant on obtient finalement :



Les ions permanganate et la vitamine C

Les ions permanganate permettent de révéler la présence de vitamine C. Lorsque l'on introduit quelques gouttes d'une solution contenant de la vitamine C dans une solution de permanganate de potassium acidifiée, on remarque une décoloration lente de la teinte rose initiale.

Document 2 : La trichromie

Additif E300
Acide ascorbique
Vitamine C

Extrait de « Chimie et alimentation : produits de synthèse / produits naturels »

www.mediachimie.org/ressource/chimie-et-alimentation-produits-de-synthese-produits-naturels



1 ANA/RAI Quel composé vous semble naturel ? Lequel est de synthèse ?

.....

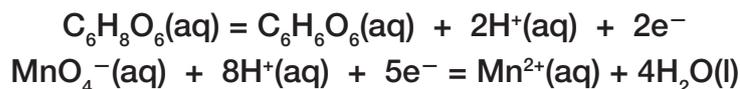
2 ANA/RAI Quel est le lien entre ces trois composés ? Discuter de l'influence d'une appellation.

.....

.....

3 ANA/RAI Donner la formule semi-développée de la vitamine C. Entourer les groupes caractéristiques et les nommer :

4 ANA/RAI Les deux demi-équations en jeu lors de la mise en évidence de la vitamine C par l'ion permanganate sont :



En déduire les deux couples oxydant/réducteur utilisés.

.....

.....

5 ANA/RAI Donner l'équation de réaction entre l'ion permanganate et la vitamine C.

.....

.....

Les ions permanganate et l'eau oxygénée

La réaction d'oxydoréduction entre l'ion permanganate MnO_4^- (aq) et l'eau oxygénée H_2O_2 (aq) est utilisée pour déterminer la quantité de matière en eau oxygénée dans un échantillon.

Le peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée, se décompose lentement en formant de l'eau et du dioxygène.

Document 3 : Le peroxyde d'hydrogène

Les peroxydes organiques sont des substances organiques liquides ou solides qui contiennent la structure bivalente -O-O-.

[...]

L'un des plus simples est le peroxyde d'hydrogène [...] ou eau oxygénée, antiseptique et comburant dans les fusées, mais aussi agent de synthèse oxydant en chimie organique.

Extraits de « Les peroxydes organiques et l'ouragan Harvey »

www.mediachimie.org/actualite/les-peroxydes-organiques-et-l-ouragan-harvey



- 6 ANA/RAI Qu'est-ce qu'un comburant ? Citer le comburant naturellement présent dans l'air.

.....

.....

- 7 ANA/RAI Donner le schéma de Lewis de l'eau oxygénée.

- 8 ANA/RAI Les deux couples oxydant/réducteur impliqués sont :



Écrire la demi-équation du couple O_2 (g)/ H_2O_2 (aq) intervenant dans la réaction entre l'ion permanganate et l'eau oxygénée.

Préciser s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

.....

.....

- 9 ANA/RAI En déduire l'équation de réaction entre l'ion permanganate et l'eau oxygénée.

.....

.....

.....

Partie B : Le fer dans les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des réserves importantes d'eau potable.

Par l'exploitation du sol par l'homme, les eaux souterraines peuvent connaître une concentration en métaux assez variable.

En fonction de leur concentration, les éléments métalliques peuvent être essentiels ou toxiques pour l'homme.

Il est donc important de déterminer régulièrement la quantité en éléments métalliques dans ces eaux.



Un aquifère contenant une nappe phréatique
© Géoressources et Environnement

Document 4 : L'essentiel sur les titrages colorimétriques

Le but d'un titrage est de déterminer la quantité de matière d'une espèce chimique, dite titrée, à l'aide d'une réaction chimique mettant en jeu comme réactif une espèce chimique dont on connaît la concentration, l'espèce chimique titrante.

La réaction chimique support d'un titrage, doit être totale, rapide et spécifique de l'espèce titrée.

Lors d'un titrage, l'équivalence est l'état du système pour lequel les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

Au cours d'un titrage colorimétrique cette équivalence est repérée par un changement de couleur.

Document 5 : Malte : recherche eau désespérément



Vidéo « Malte : recherche eau désespérément »

www.lumni.fr/video/malte-cherche-eau-desesperement



10 APP Qu'est-ce que le « stress hydrique » ?

.....

.....

11 APP Pourquoi les ressources en eau deviennent un enjeu majeur à Malte ?
Quelles sont les différentes méthodes pour obtenir de l'eau potable sur cette île ?

.....

.....

.....

Afin de déterminer si une eau souterraine possède une concentration massique acceptable en ion fer (II) pour l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), un laboratoire réalise le dosage d'un volume $V = 20,0 \text{ mL}$ d'eau souterraine par une solution de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $C = 5,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

L'équivalence du dosage est repérée par un changement de couleur pour un volume versé $V_{\text{eq}} = 9,7 \text{ mL}$.

Document 6 : Données

ions	K^+	MnO_4^-	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}
coloration	incolore	violet	incolore	incolore	Jaune pâle

- Couples oxydant/réducteur : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) ; \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) / \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$

- Masse molaire du fer : $M_{\text{Fe}} = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

12 APP Quel est le réactif titré, le réactif titrant ? Justifier.

.....

.....

13 ANA/RAI Donner, en précisant les étapes, l'équation de la réaction support de ce titrage.

.....

.....

.....

14 ANA/RAI Quels changements de couleurs sont observés au cours de ce titrage ? Justifier.

.....

.....

15 ANA/RAI Montrer qu'à l'équivalence : $C_{\text{Fe}} = \frac{5 \times C \times V}{V_{\text{eq}}}$ avec C_{Fe} , la concentration molaire en ion fer (II) dans l'échantillon.

.....

.....

16 VAL Les concentrations en fer dans les eaux souterraines peuvent prendre des valeurs allant de 0 à $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, alors que l'OMS recommande un niveau de fer inférieur à $0,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

L'eau souterraine étudiée est-elle conforme aux exigences de l'OMS ?

.....

.....

.....

Pour aller plus loin



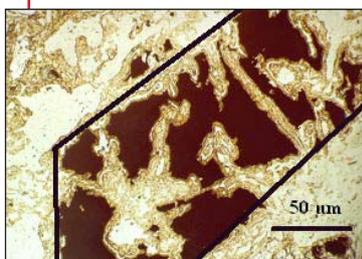
Du feu sans allumette ni briquet

Une réaction d'oxydoréduction impressionnante avec du permanganate de potassium et du glycérol.
https://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Du_feu_sans_allumette_ni_briquet



Panache de brouillard

Encore une réaction d'oxydoréduction spectaculaire avec du permanganate de potassium.
https://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Panache_de_brouillard



Comprendre les pollutions par les métaux

Cet article montre les mécanismes régissant la dispersion des éléments métalliques, puis sont examinés leurs transferts d'un milieu à un autre, avant d'évoquer diagnostic, réhabilitation et gestion à long terme des sites pollués.
www.mediachimie.org/ressource/comprendre-les-pollutions-par-les-metaux



Biochimie naturelle et traitement de l'eau : de la chimie des écosystèmes et des cocktails...

Un article complet sur la pollution des eaux et leurs traitements, ainsi que sur les pistes que nous offre la nature pour mieux lutter contre ce fléau.
www.mediachimie.org/sites/default/files/Chimie%20et%20nature_185.pdf



L'eau face à ses défis

Une vidéo claire sur le stress hydrique autour du monde.
www.lumni.fr/video/l-eau-face-a-ses-defis



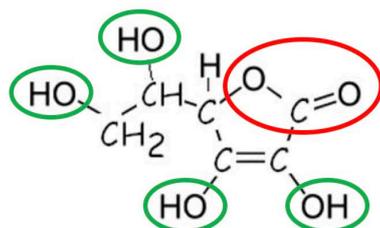
A : L'ion permanganate, un bon oxydant

1. On pourrait être tenté de dire que « E300 » fait référence à une espèce chimique de synthèse et que « la vitamine C » est naturelle.

2. E300, acide ascorbique et vitamine C désignent la même molécule.

Nous sommes malheureusement conditionnés pour appréhender différemment une même molécule en fonction de son appellation.

3. La formule semi-développée de la vitamine C est :



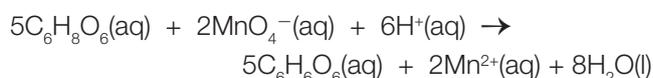
Groupe hydroxyle

Groupe ester

4. Les deux couples oxydant/réducteur sont :

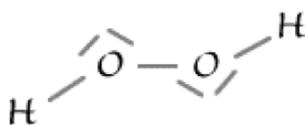


5. L'équation de cette réaction d'oxydoréduction est :

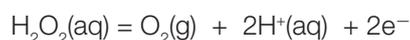


6. Un comburant est un composé nécessaire pour réaliser une combustion. Dans l'air, c'est le dioxygène qui est un comburant naturel.

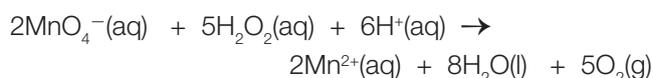
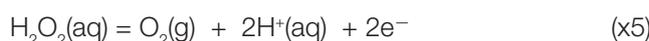
7. Le schéma de Lewis de l'eau oxygénée est :



8. La demi-équation est une oxydation :



9. On a donc :



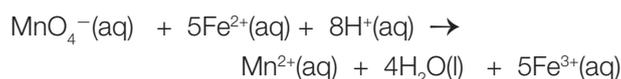
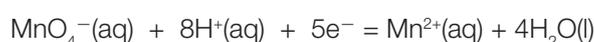
B : Le fer dans les eaux souterraines

10. Le stress hydrique est une situation où la demande en eau dépasse les ressources en eau disponibles.

11. Le développement de l'agriculture, du tourisme ainsi que l'explosion démographique font augmenter rapidement la demande en eau sur l'île de Malte. Les seules ressources en eau sont les eaux souterraines. À cette seule ressource naturelle s'ajoute une production d'eau potable par dessalement de l'eau de mer. Des pistes sont également étudiées pour traiter les eaux usées.

12. Le réactif titré est l'ion fer (II) et le réactif titrant est l'ion permanganate.

13. L'équation de la réaction support de ce titrage est :



14. Avant l'équivalence, la seule espèce chimique colorée est l'ion fer (III) : la solution est donc jaune pâle. Cette coloration s'intensifie au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'équivalence car la concentration en ion fer (III) augmente.

Après l'équivalence, l'ajout de l'ion permanganate apporte une teinte violette à la solution.

15. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. Ainsi :

$$\frac{n_{Fe^{2+}initial}}{5} = n_{MnO_4^-versé}$$

Ainsi :

$$\frac{C_{Fe} \times V_{eq}}{5} = C \times V$$

Finalement :

$$C_{Fe} = \frac{5 \times C \times V}{V_{eq}}$$

16.

$$C_{Fe} = \frac{5 \times C \times V}{V_{eq}} = \frac{5 \times 5,00 \times 10^{-5} \times 20,0 \times 10^{-3}}{9,7 \times 10^{-3}} = 5,2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

De plus $C_{m_{Fe}} = C_{Fe} \times M_{Fe}$

Donc : $C_{m_{Fe}} = 5,2 \cdot 10^{-4} \times 55,8 = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ g} \cdot L^{-1}$

La concentration massique est donc de $30 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ soit cent fois supérieure à la limite imposée par l'OMS.