

MESURER LA QUANTITÉ DE MATIÈRE D'UNE ESPÈCE DANS UN ÉCHANTILLON

Lucien Ransinangue

Objectifs Comprendre la notion de contrôle qualité.
Se familiariser avec les notions de titrage, d'espèce titrante et titrée, d'équivalence.
Réaliser une dilution.
Réaliser un titrage colorimétrique.

1^{ère} générale - enseignement de spécialité **Constitution et transformation de la matière**

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

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

Notions et contenus Titrage avec suivi colorimétrique.
Réaction d'oxydo-réduction support du titrage ; changement de réactif limitant au cours du titrage.
Définition et repérage de l'équivalence.

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

CONTRÔLE QUALITÉ

Avant la mise sur le marché, les produits de consommation doivent passer par un contrôle qualité.

Le chimiste peut ainsi vérifier si le produit répond aux attentes des normes en vigueur, jouant de ce fait un rôle de protection et de sécurité auprès des consommateurs.

Qu'est-ce que la qualité d'un produit ?

Comment déterminer la quantité de matière d'une espèce chimique pour contrôler un produit ?



Tampon d'un contrôle qualité approuvé

Partie A : Notions de qualité et d'équivalence

« Ce produit est de qualité », « la qualité de ce produit est reconnue »... l'utilisation du terme *qualité* est donc plurielle dans la vie quotidienne. Ce mot polysémique comporte donc plusieurs sens.

Quelles sont les différentes subtilités qui s'y cachent ? Et que signifie la qualité d'un produit pour un chimiste ?

Document 1 : Étymologie du terme *qualité*

Étymologiquement, le mot *qualité* vient du latin *qualitas* et plus précisément de l'adjectif *qualis* qui veut dire « tel ». *Qualité* se traduit donc littéralement par « l'état de ce qui est comme ça ».

Extrait de « Alimentation : les différentes facettes de la qualité »

<https://www.mediachimie.org/ressource/alimentation-les-differentes-facettes-de-la-qualite>



- 1 ANA/RAI D'après son étymologie, le terme *qualité* renvoie-t-il à une appréciation positive, négative ou neutre ?

- 2 ANA/RAI « Le travail de cet élève est de qualité ! » Expliquer en quoi le sens du terme *qualité* a ici évolué par rapport à son sens premier.

Document 2 : Importance des qualités et du rôle du technicien d'analyse



Vidéo

« Technicien d'analyse chimie / physico chimie »

<http://www.mediachimie.org/ressource/technicien-d-analyse-chimie-physico-chimie>



- 3 APP En quoi consiste un contrôle qualité ?

- 4 APP Pourquoi « être rigoureux » est important lors d'un contrôle qualité ?

- 5 ANA/RAI Dans quel sens le chimiste entend le terme *qualité* lorsqu'il effectue un contrôle qualité ?

Partie B : Le contrôle qualité

Un des aspects du contrôle qualité est de déterminer la quantité d'une espèce chimique présente dans la solution analysée. Pour cela, on peut faire réagir l'espèce chimique dite titrée (celle dont on cherche la quantité de matière) avec une espèce dite titrante (présente dans une solution de concentration connue). On parle alors du titrage d'une espèce chimique.

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 ont été entièrement consommés.

Activité expérimentale 1

RÉACTION RAPIDE ET LENTE – MISE EN ÉVIDENCE DE L'ÉQUIVALENCE

Matériels et solutions à disposition :

- une solution d'eau oxygénée à 10 volumes diluée par 10;
- une solution de permanganate de potassium de concentration $2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une solution d'iodure de potassium de concentration $1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une solution d'acide sulfurique concentré;
- une burette graduée de 25 mL;
- une éprouvette graduée de 25 mL;
- un agitateur magnétique avec turbulent;
- divers béchers;
- une paire de gants et de lunettes de protection.

6 **REA** Deux béchers contiennent chacun 5 mL de la solution d'eau oxygénée ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Verser dans le premier 10 mL de la solution de permanganate de potassium et dans le deuxième 15 mL de la solution d'iodure de potassium. Noter vos observations.

.....

.....

7 **ANA/RAI** En déduire la réaction qui sera utilisée pour le titrage de l'eau oxygénée.

.....

.....

8 **REA** En suivant les consignes de votre enseignant, préparer le montage permettant le titrage de la solution d'eau oxygénée. Vider le contenu de la burette dans la solution d'eau oxygénée et noter vos observations.

.....

.....

9 ANA/RAI Quelle observation expérimentale permet de repérer l'équivalence ?

10 ANA/RAI En réfléchissant à la stœchiométrie (équilibrage des réactions chimiques) des réactifs, proposer une nouvelle définition de l'équivalence.

11 ANA/RAI Argumenter sur la nécessité d'utiliser une réaction rapide pour un titrage.

Contrôle qualité du peroxyde d'hydrogène

L'eau oxygénée, même bien conservée, n'est pas stable.

En effet le peroxyde d'hydrogène se décompose lentement en formant de l'eau et du dioxygène.

Il est donc important de contrôler régulièrement la quantité en peroxyde d'hydrogène d'un flacon afin de s'assurer de son efficacité.

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 »

<https://www.mediachimie.org/actualite/les-peroxydes-organiques-et-l-ouragan-harvey>



12 ANA/RAI Réaliser le schéma de Lewis de l'eau oxygénée de formule brute H_2O_2 .

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

Activité expérimentale 2

CONTRÔLE QUALITÉ DE L'EAU OXYGÉNÉE

TITRAGE DU PEROXYDE D'HYDROGÈNE PAR LES IONS PERMANGANATE

Matériels et solutions à disposition :

- une solution commerciale d'eau oxygénée à 10 volumes;
- une solution de permanganate de potassium de concentration $C_2 = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une solution d'acide sulfurique concentré;
- une pissette d'eau distillée;
- une burette graduée de 25 mL;
- une pipette jaugée de 10 mL;
- une fiole jaugée de 100 mL;
- un agitateur magnétique avec turbulent;
- divers béchers et erlenmeyers;
- une paire de gants et de lunettes de protection.

14 REA On souhaite réaliser la solution titrée. Pour cela, préparer une solution fille de concentration C_1 , en diluant par 10 la solution commerciale d'eau oxygénée. Dans un bécher adapté, introduire $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de cette solution. Puis rajouter quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

15 ANA/RAI Écrire l'équation de réaction d'oxydoréduction, support de ce titrage.

Données : Couples mis en jeu : $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ et $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}_2$

16 ANA/RAI En déduire le rôle de l'acide sulfurique concentré au cours de ce titrage.

17 ANA/RAI Quelle solution se trouve habituellement dans la burette ? Préparer le dispositif pour réaliser ce titrage.

18 REA Effectuer un premier titrage approximatif afin de relever l'intervalle de volume versé en solution titrante dans lequel se situe l'équivalence. À quoi sert ce premier titrage ?

- 19 **REA** Réaliser un deuxième titrage et déterminer ainsi avec précision le volume de solution titrante versé à l'équivalence, noté V_E .

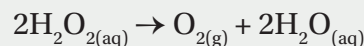
- 20 **REA** Montrer qu'à l'équivalence, on a la relation :

$$\frac{C_1 \times V_1}{5} = \frac{C_2 \times V_E}{2}$$

- 21 **REA** Déterminer la concentration expérimentale en peroxyde d'hydrogène dans la solution commerciale, notée C_{pexp} .

Document 4 : Réaction de dismutation

L'eau oxygénée se décompose spontanément suivant la réaction d'équation :



Document 5 : Volume molaire

Le volume molaire d'un gaz est le volume occupé par une mole de ce gaz.

$$V_m = \frac{V}{n}$$

Avec :

- V_m le volume molaire en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- V le volume occupé par le gaz en L;
- n la quantité de matière du gaz en mol.

- 22 **ANA/RAI** D'après la réaction de dismutation de l'eau oxygénée, quelle est la relation entre la quantité de matière en peroxyde d'hydrogène qui réagit (n_p) et la quantité de matière en dioxygène qui se forme (n_g).

- 23 **REA** En déduire que la quantité de matière en peroxyde d'hydrogène en fonction du volume en dioxygène, noté V , peut s'écrire sous la forme :

$$n_p = 2 \frac{V}{V_m}$$

Document 6 : Titre en volume

La concentration des solutions de peroxyde d'hydrogène est parfois indiquée en volumes : une solution à x volumes correspond au dégagement de x litres de dioxygène par la décomposition d'un litre de solution.

Extrait de « Produit du jour : le peroxyde d'hydrogène »

<http://www.societechimiquedefrance.fr/peroxyde-d-hydrogene.html>

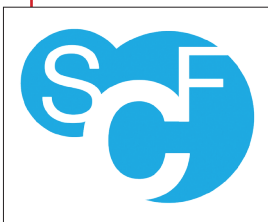


24 ANA/RAI On suppose que le dioxygène est un gaz parfait et que son volume molaire dans les conditions normales de température et de pression est de $22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Montrez que la concentration en peroxyde d'hydrogène théorique de la solution commerciale est $C_{\text{pth}} = 0,89 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

25 REA Que pouvez-vous conclure des résultats de ce titrage ?

Pour aller plus loin



• **Produit du jour de la société chimique de France**

La rubrique « Produit du jour » de la Société Chimique de France (SCF) donne en une ou trois pages la formule, la structure, la préparation et les propriétés de plus de 250 produits.

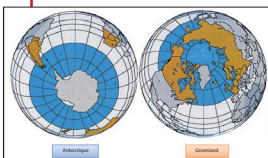
<https://www.mediachimie.org/ressource/produits-du-jour-de-la-société-chimique-de-france>



• **Panache de brouillard**

Une expérience amusante et spectaculaire à réaliser par l'enseignant.

https://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Panache_de_brouillard



• **Regarder notre passé dans la glace**

Cet article nous explique comment les scientifiques arrivent à dater la glace et quelles informations en découlent sur le passé de notre planète.

<https://www.mediachimie.org/ressource/regarder-notre-passé-dans-la-glace>



• **Alimentation : les différentes facettes de la qualité**

La qualité en alimentation est un ensemble de propriétés qui doit intégrer la totalité des éléments nécessaires à la préservation de notre bonne santé.

<https://www.mediachimie.org/ressource/alimentation-les-différentes-facettes-de-la-qualité>



1. D'après son étymologie, le terme *qualité* n'est que l'ensemble des caractéristiques de quelque chose. Son appréciation est donc neutre.

2. Dans cette expression le terme *qualité* sous-entend que le travail de l'élève est bon. Le sens a donc évolué passant d'une appréciation neutre à positive.

3. Un contrôle qualité consiste à analyser les composants d'un produit et à vérifier si leurs quantités respectent les normes en vigueur.

4. Lors d'un contrôle qualité, la précision des mesures est importante. Il s'agit donc d'être rigoureux pour obtenir des résultats fiables.

5. Pour le « chimiste » contrôler la qualité d'un produit c'est vérifier si le fabricant respecte les indications qu'il avance et si les normes sont respectées. Le terme *qualité* est alors utilisé dans son sens premier.

6. Une fois que l'on introduit la solution de permanganate de potassium, le mélange prend une couleur violette et la couleur n'évolue plus. Dans l'autre bécher, on note l'apparition d'une couleur jaune qui s'intensifie peu à peu.

7. La réaction entre la solution d'eau oxygénée et la solution d'iodure de potassium est lente. C'est donc la réaction entre la solution d'eau oxygénée et la solution de permanganate de potassium qui sera utilisée, car plus rapide.

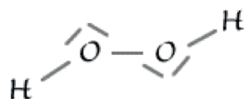
8. La solution dans le bécher reste incolore puis prend une coloration violette.

9. C'est le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.

10. L'équivalence est l'état du système pour lequel les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

11. Une réaction lente ne permettra pas d'observer l'équivalence facilement. Il est donc nécessaire d'utiliser une réaction rapide lors d'un titrage.

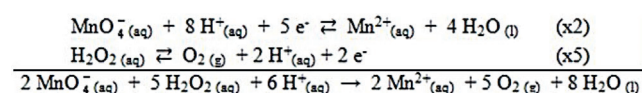
12. Le schéma de Lewis de l'eau oxygénée est :



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

14. Manipulation

15.



16. L'acide sulfurique concentré permet d'acidifier le milieu réactionnel en apportant ainsi les ions H^+ nécessaires à la réaction.

17. La burette doit contenir la solution titrante, celle dont on connaît la concentration : c'est donc la solution de permanganate de potassium.

18. Ce premier titrage permet de relever approximativement le volume de solution titrante versé pour lequel on observe l'équivalence. Ainsi on peut réaliser un deuxième titrage plus précis, goutte à goutte, aux alentours du volume versé précédent.

19. Exemple : $V_E = 18,0 \text{ mL}$.

20. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques suivantes :

$$\frac{n_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ initial}}}{5} = \frac{n_{\text{MnO}_4^- \text{ versé}}}{2}$$

Ainsi :

$$\frac{C_1 \times V_1}{5} = \frac{C_2 \times V_E}{2}$$

21. D'après la relation précédente :

$$C_1 = \frac{5 \times C_2 \times V_E}{2 \times V_1} = \frac{5 \times 2,00 \times 10^{-2} \times 18,0 \times 10^{-3}}{2 \times 10,0 \times 10^{-3}} = 9,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

De plus : $C_{pexp} = 10 \times C_1$

Donc : $C_{pexp} = 9,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

22. D'après le document 4, en observant les nombres stœchiométriques, on peut écrire que :

$$\frac{n_p}{2} = n_g$$

23. D'après la relation du document 5 : $n_g = \frac{V}{V_m}$

ainsi : $\frac{n_p}{2} = \frac{V}{V_m}$

finalement : $n_p = 2 \frac{V}{V_m}$

24. D'après la relation précédente :

$$C_{pth} = \frac{2 \times V}{V_m \times V_{\text{solution}}}$$

et d'après le document 6, pour la solution commerciale $V_{\text{solution}} = 1,0 \text{ L}$ pour $V = 10 \text{ L}$.

Ainsi : $C_{pth} = \frac{2 \times 10}{22,4 \times 1,0} = 0,89 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

25. L'incertitude relative est d'environ 1 % on peut donc conclure que la concentration en peroxyde d'hydrogène est conforme à l'indication du fabricant.