



TP 19 : Retrouver le titre d'une solution !

Ana 4	Réa 1	Val 1	Aut 1

Situation problème :

Les produits d'entretien des lentilles de contact contiennent du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (aq), appelé aussi eau oxygénée, à 3% en masse, soit une eau oxygénée à 20 volumes.

En rangeant sa salle de bain, Arthur vient de retrouver un ancien flacon de solution pour l'entretien de ses lentilles. Il aimerait savoir s'il peut encore l'utiliser ou s'il est trop vieux.

Comment vérifier que la solution convient, c'est à dire que le pourcentage en masse de peroxyde d'hydrogène du produit est correct ?

Objectif : Réaliser un titrage direct avec repérage colorimétrique de l'équivalence pour déterminer la quantité de matière d'une espèce dans un échantillon.

Document 1 : l'eau oxygénée

L'eau oxygénée est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , utilisée comme antiseptique ou agent de blanchiment. Le peroxyde d'hydrogène appartient à deux couples oxydant-réducteurs :

- Il est le réducteur du couple $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$
- Il est l'oxydant du couple $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

De ce fait, le peroxyde d'hydrogène n'est pas stable et une eau oxygénée se dégrade par une réaction lente du peroxyde d'hydrogène sur lui-même produisant du dioxygène et de l'eau, nommée dismutation.



Document 2 : Concentration d'une eau oxygénée

Sur les flacons d'eau d'oxygénée, il n'est pas écrit la concentration en peroxyde d'hydrogène, mais l'indication «x volumes». Il s'agit du volume de dioxygène, exprimé en L, que produirait la dismutation complète du peroxyde d'hydrogène contenu dans 1 L de cette solution, dans les conditions où le volume molaire est $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. Par exemple, 1 L d'eau oxygénée à 20 volumes produira 20 L de dioxygène après réaction de tout le peroxyde d'hydrogène contenu. On peut montrer qu'une telle indication correspond à une concentration en quantité de matière de peroxyde d'hydrogène de $1,66 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Document 3 : Deux types de dosage

Le dosage désigne une méthode qui permet de déterminer la concentration ou la quantité de matière d'une espèce chimique. On distingue deux grandes familles de dosage :

- les dosages par étalonnage dans lesquels on mesure une grandeur physique que l'on compare à des valeurs connues ;
- les dosages par titrage dans lesquels on fait réagir l'espèce titrée avec un réactif titrant. Cette méthode est destructive, l'échantillon est perdu à la fin du titrage.

Document 4 : Le titrage direct

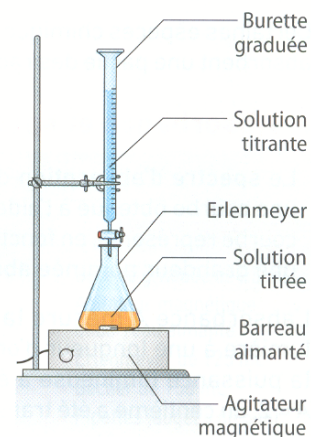
Le titrage consiste à faire réagir l'espèce chimique à doser avec un réactif dont on connaît la concentration, le réactif titrant. On ajoute progressivement le réactif titrant jusqu'à l'équivalence qui correspond au moment où les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques.

Expérimentalement, on place la solution titrante de concentration connue dans une burette.

Document 5 : matériel et produits

- pipettes jaugées de 5,0 mL, de 10,0 mL et propipette
- fiole jaugée de 100,0 mL

- Burette graduée de 25 mL + support
- Agitateur magnétique et barreau aimanté
- Erlenmeyer de 125 mL
- béchers
- produit d'entretien pour lentilles contenant du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (aq)
- solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $C_p = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- acide sulfurique concentré
- eau distillée



Document 6 : informations utiles

- le peroxyde d'hydrogène réagit avec les ions permanganate en milieu acide ($\text{H}^+(\text{aq})$ en excès).
- $M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- couple d'oxydoréduction de l'ion permanganate : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$.
- Seuls les ions permanganate MnO_4^- sont colorés.

Partie 1 : S'approprier (15 min)

1- Quel est l'objectif d'un dosage ?

.....

2- Donner les différences entre un titrage et un dosage par étalonnage.

.....

.....

3- Quelles sont les précautions de sécurité à respecter lorsqu'on manipule les espèces chimiques présentes dans le Document 5 ?

.....

.....

4- A propos de l'eau oxygénée : En utilisant les documents 1 et 2 :

a- Ecrire les demi-équations électroniques associées aux deux couples oxydant-réducteurs du peroxyde d'hydrogène.

.....

.....

b- À partir des demi-équations électroniques, écrire l'équation de la réaction de dismutation du peroxyde d'hydrogène.

.....

c- Quelle conséquence entraîne la dismutation ?

.....

d- Retrouver la valeur de la concentration en peroxyde d'hydrogène d'une solution d'eau oxygénée à 20 volumes.

.....

.....

.....

.....

Partie 2 : Analyser (20 min)

L'objectif est donc de vérifier si le produit d'entretien pour lentilles de contact contient de l'eau oxygénée à 20 volumes, comme annoncé par l'étiquette du flacon. Pour cela, nous n'allons pas attendre la dismutation complète en recueillant le dioxygène produit car cette transformation est très lente. Nous allons donc plutôt faire réagir tout le peroxyde d'hydrogène contenu dans la solution avec les ions permanganate d'un volume connu d'une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium de concentration molaire $C_p = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Cette réaction, qui est totale et rapide, est appelée réaction du titrage.

5- a- Sachant que l'ion permanganate appartient au couple $\text{MnO}_4^-(\text{aq})/\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$, déterminer le couple du peroxyde d'hydrogène qui va intervenir lors du titrage.

b- En déduire l'équation de la réaction de titrage du peroxyde d'hydrogène par les ions permanganate.

On appelle équivalence du titrage l'état du système chimique où les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. Ainsi, tous les réactifs ont réagi entièrement car une réaction de titrage est toujours totale et rapide.

6- Le système chimique est constitué par la solution de peroxyde d'hydrogène à laquelle on ajoute petit à petit au cours du temps la solution de permanganate de potassium.

a- Quelle est la couleur du système chimique initialement ?

b- Avant l'équivalence, quel est le réactif en excès ? en défaut ? En déduire la couleur du système chimique.

c- Après l'équivalence, quel est le réactif en excès ? en défaut ? En déduire la couleur du système chimique.

7- Expliquer comment repérer expérimentalement l'équivalence du titrage. Justifier que l'on parle de titrage colorimétrique.

On appelle volume équivalent V_E le volume de solution de permanganate que l'on doit verser pour observer l'équivalence.

8- On suppose que l'on cherche à titrer un volume $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ de peroxyde d'hydrogène supposée effectivement à 20 volumes comme annoncé, à l'aide de la solution fournie de permanganate de potassium.

a- Déterminer le volume équivalent V_E du titrage dans ce cas.

b- Justifier que l'on titre plutôt une solution diluée d'eau oxygénée.

Partie 3 : Réaliser (50 min)

9- À l'aide du matériel disponible, détailler le protocole permettant de réaliser une solution de peroxyde d'hydrogène diluée 20 fois.

10- Après accord du professeur, réaliser la dilution au vingtième de la solution commerciale contenant le peroxyde d'hydrogène.

Le montage d'un titrage comporte toujours un agitateur magnétique (attention à ne pas jeter le barreau aimanté associé à la fin du titrage...) afin que le mélange réactionnel soit bien homogène. La solution titrée est la solution de concentration inconnue, mais de volume connu précisément ; ici il s'agit de la solution diluée de peroxyde d'hydrogène que vous venez de réaliser. La solution titrante est de concentration connue, et son volume versé pour atteindre l'équivalence est mesurée précisément grâce à la burette ; ici il s'agit de la solution de permanganate de potassium.

Pour un dosage colorimétrique, on peut ajouter une feuille de papier blanc sous le bécher afin de bien percevoir les changements de couleur.

11- Réaliser le titrage :

- Prélever 10,0 mL de la solution à titrer et les placer dans l'ermeneyer. Ajouter avec prudence 10 mL d'acide sulfurique concentré et le barreau aimanté.
- Rincer la burette à l'eau distillée, puis avec la solution de permanganate de potassium. Remplir la burette de la solution de permanganate de potassium et ajuster le zéro.
- Placer l'ermeneyer sous la burette et commencer à agiter doucement (pas de tourbillon !).
- Grâce au travail préliminaire, nous avons une idée de la valeur du volume équivalent (théorique, si les indications de l'étiquette sont vraies). Nous cherchons à mesurer le volume équivalent de manière expérimental, mais le volume théorique attendu va nous servir de guide :

- ↳ En effet, jusqu'à $V_E - 2,0$ mL, on verse la solution titrante mL par mL, en marquant une pause pour observer à chaque fois.
- ↳ Ensuite, lorsque l'on s'approche de V_E , on verse 0,1 mL par 0,1 mL. Noter la valeur expérimentale de V_E .

Partie 4 : Valider (15 min)

12- Exploitation du titrage : à l'aide du travail préliminaire, déterminer la concentration en quantité de matière dans la solution diluée, puis dans la solution commerciale. Répondre à la situation problème. Comparer à la valeur attendue par un calcul d'écart relatif et conclure en exposant les sources d'erreurs éventuelles.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Donnée : écart relatif exprimé en pourcentage : $\varepsilon = \frac{|C_{\text{théorique}} - C_{\text{expérimentale}}|}{C_{\text{théorique}}} \times 100$