

TP 2 : Contrôle qualité d'une solution d'eau oxygénée

Capacités expérimentales travaillées :

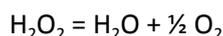
- Préparer une solution de concentration en masse ou en quantité de matière donnée
- Mettre en œuvre et exploiter un protocole expérimental correspondant à un titrage direct
- Identifier les incertitudes liées, par exemple, à l'opérateur, à l'environnement, aux instruments ou à la méthode de mesure.
- Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A) ou par une autre approche (évaluation de type B)
- Simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire de type Monte-Carlo permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée

Fiches méthode à consulter :

- Verrerie en TP de chimie
- Mesures et incertitudes en chimie
- Dosages et Titrages

L'**eau oxygénée** est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , à 30% en masse. Ses **propriétés oxydantes** sont utilisées pour le blanchissement du papier, du linge, des cheveux, etc.

Le peroxyde d'hydrogène est une espèce qui **se décompose dans l'eau** selon le bilan suivant :



Cette réaction est une **dismutation**, c'est-à-dire une réaction dans laquelle H_2O_2 joue à la fois le rôle d'oxydant et de réducteur. Cette réaction est très lente mais il est important de vérifier régulièrement le titre des solutions d'eau oxygénée à 30%, puisque la concentration en peroxyde d'hydrogène diminue au cours du temps.

On se propose de **titrer l'eau oxygénée par une solution de permanganate de potassium $KMnO_4$** .

Objectif : Déterminer la concentration molaire en H_2O_2 d'un échantillon d'eau oxygénée.
Estimer l'incertitude sur cette valeur.

Document 1 : Données de sécurité pour les composés utilisés dans ce TP

Nom	Pictogrammes
Eau oxygénée 30 %	
Solution aqueuse de H_2SO_4 (2 mol.L ⁻¹)	
Solution de $KMnO_4$ (0,025 mol.L ⁻¹)	

Document 2 : Données thermodynamiques

Potentiels standard d'oxydoréduction en solution aqueuse à 298 K et à pH = 0 :

Couple	$O_{2(g)} / H_2O_{2(aq)}$	$H_2O_{2(aq)} / H_2O_{(l)}$	$MnO_4^-_{(aq)} / Mn^{2+}_{(aq)}$	$O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$	$H^+_{(aq)} / H_{2(g)}$
E° / V	0,70	1,78	1,51	1,23	0,00

Document 3 : Rappel sur les réactions d'oxydoréduction

Les méthodes permettant de prévoir les réactions rédox et de calculer leur constante thermodynamique K° sont très similaires aux méthodes utilisées pour les réactions acide-base.

- 1) Faire un **axe vertical de E°** sur lequel on ajoute les couples ox/réd mis en jeu dans le titrage (on place les oxydants à gauche et les réducteurs à droite). On entoure ensuite sur cet axe les espèces présentes au début du titrage (y compris les deux couples du solvant H_2O , qui sont $(O_{2(g)} / H_2O_{(l)})$ et $(H^+_{(aq)} / H_{2(g)})$)
- 2) La réaction la plus favorisée sera, le plus souvent, celle qui fait intervenir l'oxydant le plus fort (= de E° le plus grand) avec le réducteur le plus faible (= de E° le plus petit).
- 3) Écrire la **demi-équation électronique** faisant intervenir l'oxydant le plus fort et celle faisant intervenir le réducteur le plus faible.
- 4) En déduire l'**équation bilan** en faisant une combinaison linéaire de ces deux demi-équations électroniques, qui ne fait plus apparaître d'électrons.
- 5) Calculer la **constante thermodynamique** d'une réaction entre un oxydant et un réducteur avec la formule :

$$K^\circ = 10^{\frac{z}{0,059}(E^\circ(\text{oxydant}) - E^\circ(\text{réducteur}))}$$

Ici le nombre "z" est la quantité d'électrons échangés dans le bilan de la réaction rédox.

Préparation théorique (à faire avant de venir en TP) :

1. Calculer la concentration molaire théorique en H_2O_2 dans l'échantillon d'eau oxygénée (contenant en théorie 30% de H_2O_2 en masse), en considérant que la densité de la solution vaut $d = 1,1$ et que la masse molaire du peroxyde d'hydrogène vaut 34 g/mol.
2. Écrire l'équation bilan équilibrée de la réaction de H_2O_2 avec $KMnO_4$ (en écrivant d'abord les deux demi-équations électroniques pour les couples rédox considérés).
3. Au vu de l'équation-bilan, expliquer l'intérêt de l'ajout d'acide sulfurique en large excès avant le titrage.
4. Calculer la constante thermodynamique K° de cette réaction.
5. Comment sera repérée l'équivalence expérimentalement ?
6. Écrire la relation à l'équivalence et déterminer la valeur de V_{essai} à prélever pour avoir une équivalence d'environ 10 mL.
7. Au vu de la valeur de V_{essai} trouvée, un prélèvement précis est-il possible ? Proposer une solution pratique permettant de réaliser le titrage.

Travail pratique

① Titrage de l'eau oxygénée

- Réaliser la dilution de la solution d'eau oxygénée à 30% en masse proposée lors de la préparation théorique. Cette solution sera notée S.
- Prélever un volume V_{essai} de solution S.
- Ajouter 10 mL de solution d'acide sulfurique de concentration 2 mol/L (large excès)
- Titrer par une solution de permanganate de potassium KMnO_4 de concentration $C_b = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$

☒ Déterminer la concentration en peroxyde d'hydrogène dans la solution S.

② Calcul d'incertitudes sur la concentration de la solution S

Pour cela, nous allons nous aider d'un programme Python, permettant de réaliser une **simulation Monte-Carlo** et ainsi de calculer en quelques minutes une incertitude-type sur une grandeur composée. Ce sera notamment très utile pour votre TIPE.

☒ Lister les grandeurs expérimentales permettant de calculer la concentration de la solution S, grandeur que l'on cherche à déterminer au cours de ce TP.

☒ Pour chacune de ces grandeurs, identifier les sources d'incertitudes liées, par exemple, à l'expérimentateur, à l'environnement, aux instruments ou à la méthode de mesure. En déduire un intervalle dans lequel est raisonnablement comprise la valeur de chaque grandeur expérimentale.

☒ Ouvrir le lien ci-dessous dans le navigateur internet de l'ordinateur :

<https://urlz.fr/j7K9>

Commencer par enregistrer une copie du Google Collab dans votre Google Drive. Vous pourrez alors modifier le fichier et exécuter les scripts Python. Suivre les indications du Google Collab pour compléter le script, permettant de calculer l'incertitude-type de la solution S à l'aide d'une simulation Monte-Carlo.

☒ En déduire l'écriture finale de la concentration en peroxyde d'hydrogène (avec son incertitude-type). On prendra garde à indiquer un nombre adéquat de chiffres significatifs.

③ Calcul d'incertitudes sur la concentration de peroxyde d'hydrogène dans l'eau oxygénée

☒ En fonction du temps, modifier le programme Python pour calculer l'incertitude-type sur la concentration en peroxyde d'hydrogène dans l'eau oxygénée.

🔍 **A la fin du TP, rendre un compte-rendu par binôme** présentant la démarche suivie pour le titrage de l'eau oxygénée, répondant aux questions posées dans le sujet, exploitant vos résultats et répondant à la problématique posée.

Principe du titrage :

- Objectif
- Équation(s) support(s) du titrage et constante(s) d'équilibre thermodynamique(s)
- Caractéristiques des réactions pour la faisabilité d'un titrage
- Choix du suivi expérimental
- Schéma du dispositif légendé

Résultats et exploitation

- Valeur du ou des volumes équivalents
- Relation entre quantités de matière à l'équivalence
- Calcul de la concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution S
- Calcul d'incertitudes et analyse des sources d'erreurs
- Calcul de la concentration en peroxyde d'hydrogène dans l'eau oxygénée
- Calcul d'incertitudes et analyse des sources d'erreurs

Conclusion