

TP Chimie n°9 : Etude cinétique de la dégradation d'un agent de blanchiment

L'industrie du papier a longtemps été une industrie non respectueuse de l'environnement. Afin d'assurer au papier blancheur, résistance et grammage, cette industrie utilise de nombreuses espèces chimiques. Le papier se compose de trois biopolymères : la cellulose (biopolymère incolore), l'hémicellulose (biopolymère incolore) et la lignine (biopolymère de couleur jaune). Pour obtenir un papier blanc, il est donc nécessaire de dégrader la lignine d'où la nécessité d'une étape de blanchiment utilisant le pouvoir oxydant du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , espèce chimique instable, qui se dégrade rapidement en dioxygène O_2 et en eau H_2O en présence d'un catalyseur Fe(III) .

Objectif du TP d'estimer le temps nécessaire pour que la solution de blanchiment de papier puisse être rejetée dans le milieu naturel sans danger pour l'environnement.

A compléter :

<https://colab.research.google.com/drive/1dq-LoBss5-pesGaE7aWehR15vvszaQaZ>

Corrigé :

https://colab.research.google.com/drive/1_Sh77UKkeTvrn-vFUg8vdxFNmEAigErk#scrollTo=kmZirZApHfUz

I. Introduction

1. Compte tenu du matériel et des produits, proposer un protocole expérimental pour déterminer la concentration en quantité de matière du peroxyde d'hydrogène $[\text{H}_2\text{O}_2]$ d'une solution : nature de la solution titrante, équation support du titrage, repérage de l'équivalence et relation à l'équivalence.
2. La dégradation du peroxyde d'hydrogène catalysée par les ions Fe(III) peut être modélisée par la réaction d'équation : $2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = \text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$.
La littérature propose un ordre 1 pour cette transformation, expliquer comment le montrer expérimentalement.

II Étude expérimentale

- Préparer 4 béchers contenant environ 50 mL d'eau froide et 5 gouttes d'acide sulfurique concentrée.
- Remplir une burette graduée avec une solution de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq})$; $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration $1,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Dans un bécher, introduire 50,0 mL de solution de peroxyde d'hydrogène à $0,090 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à l'aide d'une pipette jaugée.
- Ajouter 10,0 mL d'une solution de chlorure de fer (III) ($\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$; $3 \text{ Cl}^-(\text{aq})$) à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à l'aide d'une pipette jaugée, agiter rapidement avec une baguette de verre et déclencher le chronomètre.
- A l'aide d'une pipette jaugée, prélever un volume $V_p = 10,0 \text{ mL}$ du mélange et l'introduire dans un des béchers d'eau froide. Noter le temps t lorsque l'introduction est terminée.
- Répéter à $t = 5, 10$ et 15 minutes.
- Doser chaque échantillon par permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq})$; $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$) à $1,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

III Réponse à la problématique

1. Par un tracé graphique, montrer que la réaction de décomposition du peroxyde d'hydrogène catalysée par l'ion Fe^{3+} peut être modélisée par une transformation d'ordre 1.
2. Déterminer la constante de vitesse k à la température de la pièce.
3. Déterminer le temps au bout duquel une solution industrielle de H_2O_2 à $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est dégradée à 99 % par catalyse avec Fe(III) à la température de la pièce.
4. Expliquer l'intérêt d'avoir introduit le prélèvement de volume V_p dans un grand volume d'eau froide.

Produits à disposition :

- Solution de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 à $0,090 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- Solution de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq})$; $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$) (violette) à $1,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- Solution de chlorure de fer (III) ($\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$; $3 \text{ Cl}^-(\text{aq})$) à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- Acide sulfurique concentré

Données :

Potentiels standard à 298 K et $\text{pH} = 0$

$E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}) = 1,77 \text{ V}$ $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V}$ $E^\circ(\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})) = 0,70 \text{ V}$