



SUIVI TEMPOREL D'UNE TRANSFORMATION CHIMIQUE

Objectifs : établir la loi horaire de l'avancement d'une transformation à l'aide d'un suivi colorimétrique



Problématique : Beaucoup de synthèses organiques sont des réactions lentes. Pour limiter les coûts tout en gardant un rendement intéressant, les industriels vont donc chercher à optimiser les conditions réactionnelles et limiter la durée de réaction.

Comment suivre la cinétique d'une réaction chimique impliquant une espèce colorée ?

Principe général

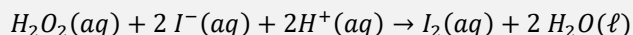


Pour suivre l'avancement x d'une transformation au cours du temps, il est possible de mesurer par colorimétrie la concentration d'un produit qui colore la solution. D'après la loi de Beer-Lambert, comme $A = k \cdot c$ à une longueur d'onde donnée, connaissant $A(t)$, nous pourrions en déduire $x(t)$.

Transformation suivie



La transformation suivie fait réagir l'eau oxygénée avec les ions iodures selon l'équation de réaction



Seul le diiode colore la solution en jaune-orangé. La longueur d'onde appropriée est donc de 445 nm. La transformation est lente et totale.

Expérience #1 : absorbance d'une solution de diiode



Une expérience préliminaire est menée au laboratoire pour relier l'absorbance d'une solution de diiode à 445 nm à sa concentration. Les résultats obtenus sont reproduits dans le tableau ci-dessous :

Solution n°	0	1	2	3	4	5	6
$[I_2] / \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	0	0,5	0,8	1,0	1,25	1,5	2,0
$A(445 \text{ nm})$	0	0,270	0,548	0,578	0,827	1,029	1,221

ANALYSER

Exploiter des résultats expérimentaux

A B C D

- À l'aide du logiciel LatisPro et d'une méthode graphique, exploiter les résultats de l'expérience #1 pour déterminer la valeur du coefficient k dans le cas d'une solution de diiode étudiée à la longueur d'onde de 445 nm.

Expérience #2 réaction entre l'eau oxygénée et les ions iodure



- Dans un bécher de 250 mL, introduire un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ d'acide sulfurique à la concentration $c_A = 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ et un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution d'iodure de potassium à la concentration $c_1 = 200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- dans LatisPro, étalonner le colorimètre et préparer un échantillonnage de 750 points pendant une durée totale de 25 min ;
- réglér la longueur d'onde du colorimètre sur 445 nm ;
- préparer un volume $V_2 = 5,0 \text{ mL}$ d'eau oxygénée de concentration $c_2 = 20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- ▲ en étant le plus rapide possible, déclencher l'acquisition dans LatisPro (ce qui correspondra à l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$) et simultanément ajouter l'eau oxygénée dans le bécher. Mélanger rapidement, placer une fraction du mélange dans une cuve et la déposer dans l'appareil. La courbe $A(t)$ se dessine automatiquement en temps réel.

RÉALISER

Mettre en œuvre un protocole en veillant à la sécurité

A B C D

- Mettre en œuvre le protocole de l'expérience #2.

Tableau d'avancement



Équation		$H_2O_2(aq) + 2 I^-(aq) + 2 H^+(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2 H_2O(l)$				
État	Avancement / mmol	Quantités de matières / μmol ($=10^{-6} \text{ mol}$)				
Initial	0			excès		
Intermédiaire	x			excès		
Final	x_f			excès		

- Remplir le tableau d'avancement associé à la transformation à l'étude.

4. Sachant que l'acide a été introduit en excès, calculer l'avancement maximal $x_{\max}$ de la transformation.
5. À l'aide du tableau d'avancement, établir la relation entre la concentration $[I_2]$ en diiode et l'avancement x .
6. À l'aide de la loi de Beer-Lambert, établir le lien entre $[I_2]$ et l'absorbance A .
7. Dédurre de deux réponses précédentes que $A(t) = \frac{k}{V_A + V_1 + V_2} \cdot x(t)$.

Temps de demi-réaction

Noté $t_{1/2}$, c'est la durée nécessaire pour que la transformation atteigne la moitié de son avancement final x_f . Ainsi,

$$t = t_{1/2} \Leftrightarrow x = \frac{x_f}{2}$$

Loi de vitesse d'ordre 1

Une transformation obéit à une loi de vitesse d'ordre 1 si l'avancement au cours du temps s'écrit

$$x(t) = x_f \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right)$$

où τ est une constante, homogène à un temps. La transformation est achevée après une durée de 5τ .

8. Dans LatisPro, créer la grandeur x et fournir au logiciel la formule qui permettra d'en calculer la valeur à chaque instant des mesures.
9. Construire la représentation graphique de l'avancement $x(t)$ en fonction du temps et la modéliser avec le modèle approprié. Consigner l'équation du modèle.
10. À l'aide de la modélisation, déterminer la valeur de l'avancement final x_f . Commenter la valeur obtenue au regard des informations fournies sur la transformation.
11. Déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-réaction de la transformation étudiée.
12. Estimer la durée à partir de laquelle il est possible de considérer que la transformation est achevée.

13. Montrer que l'avancement de la transformation peut s'exprimer à l'aide de l'égalité suivante :

$$x(t) = n_{\text{initiale}}(H_2O_2) - [H_2O_2](t) \cdot (V_A + V_1 + V_2)$$

Ce qui s'écrit encore

$$x(t) = n_2 - [H_2O_2](t) \cdot V$$

Si la transformation étudiée obéit à une cinétique d'ordre 1, il est possible d'écrire : $[H_2O_2](t) = [H_2O_2]_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$.

14. Vérifier que cette égalité est compatible avec celle de l'avancement $x(t)$ fournie dans le dernier document.