

TP : Suivi cinétique d'une réaction

TP INFO

TP du chapitre 4

MOTS CLES :

Cinétique chimique – ordre de réaction – vitesse de disparition et d'apparition

PREREQUIS

- Réactions lentes et rapides
- Temps de demi réaction
- Vitesse de disparition d'un réactif

OBJECTIFS

- Mettre en œuvre une méthode physique pour suivre l'évolution temporelle d'une concentration
- Déterminer si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1

Introduction

La cinétique chimique n'a donc pas comme seul objectif d'optimiser les réactions dans l'industrie chimique, l'un de ces domaines d'application est de valider ou non les mécanismes de réactions proposés et ainsi améliorer la compréhension des réactions chimiques.

Confronter la théorie et l'expérience fait partie du quotidien d'un chercheur spécialisé dans la cinétique chimique.

On étudie la réaction d'oxydoréduction entre l'eau de javel et le bleu brillant.

La réaction étudiée est-elle d'ordre 1 par rapport au bleu brillant ?

I. Documents

Document 1 : Théorie de la cinétique chimique

Vitesse volumique de disparition¹ d'un réactif X de concentration $[X](t)$ à la date t :

$$v_{D(X)}(t) = -\frac{d[X](t)}{dt}$$

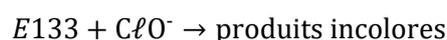
Réaction chimique d'ordre 1 par rapport au réactif X de concentration $[X]$.

$$v_{D(X)}(t) = k[X](t)$$

Avec k la constante de vitesse en s^{-1}

Document 2 : Décomposition du bleu brillant par l'eau de javel

La réaction étudiée est la suivante :



On considère que la seule espèce colorée est le E133.

Rappel de la loi de Beer Lambert dans le cas présent :

$$A = \epsilon \ell [E133]$$

Avec $\epsilon \ell = \alpha$ constante de proportionnalité. Avec le matériel utilisé $\ell = 1 \text{ cm}$

¹ Si le volume V de la solution est constant
Pieri, Malaterre, Olivier, Eneman

Document 3 : Le bleu brillant E133 : l'érioglaucine [1] [2]**Nom IUCPA :**

Sel disodique de l'acide α -[(N-éthyl-sulfo-3-benzylamino)-4-phényl]- α -(N-éthyl-sulfo-3-benzylamino-4)-cyclohexadiène-2,5-ylidène) toluènesulfonique-2

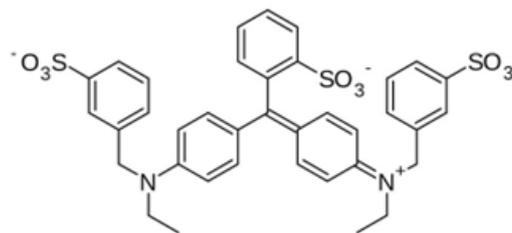
Formule : $C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$

Masse molaire : 792,9 g/mol

Propriétés physiques :

T° Fusion : 283 °C (décomposition)

Solubilité : dans l'eau, 30 mg/ml ($3,0 \times 10^4$ mg/L)



L'E133, également connu sous le nom de bleu brillant FCF ou Acid Blue 9, est un colorant alimentaire. Il est largement utilisé dans l'industrie agroalimentaire, principalement pour sa teinte bleue. Cette substance est notamment répandue dans la fabrication de bonbons.

Il s'agit d'un additif alimentaire artificiel dérivé de la pétrochimie, présenté sous forme de poudre ou de liquide de couleur bleue à violette. Souvent utilisé dans l'industrie agroalimentaire, l'E133 est apprécié pour sa facilité d'utilisation, sa capacité à être mélangé à d'autres colorants et son coût abordable. Il est fréquemment employé dans les chewing-gums, les sirops et les boissons colorées en bleu ou vert, tel que le sirop à la menthe. Cependant, il est important de noter que le bleu brillant FCF est proscrit dans les produits certifiés « bio ».

Document 4 : L'eau de Javel [3]

L'eau de Javel [...] est une solution liquide oxydante fréquemment utilisée comme désinfectant et comme décolorant.

Étudiée particulièrement à partir de 1775 par le chimiste Claude-Louis Berthollet, dont la manufacture de produits chimiques a été construite dans le village de Javel aujourd'hui intégré à Paris, elle est composée d'hypochlorite de sodium pur $NaClO$: ($Na^+(aq) + ClO^-(aq)$), en solution aqueuse avec du sel ($NaCl$), résiduel du procédé de fabrication.

Pour être totalement efficace, l'eau de Javel doit agir au moins un quart d'heure. L'eau de Javel doit toujours être utilisée avec de l'eau froide, car outre que la dilution à l'eau chaude est dangereuse, elle diminue fortement les propriétés désinfectantes de l'eau de Javel.

Document 5 : Solutions à disposition

Solutions aqueuses mises à disposition :

- Eau de javel à 4,6% (réactif large en excès) : $[ClO^-] \approx 0,68 \text{ mol.L}^{-1}$
- Solution de E133 à une concentration $C_0 = 1,0 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

Document 6 : Protocole expérimental du suivi cinétique

- Connecter le spectrovio à l'ordinateur, le porte cuve aimanté étant connecté.
 - Ouvrir le logiciel Spectrovio
 - Faire le spectre d'absorbance du E133 à la concentration donnée.
 - Choisir l'onglet cinétique et paramétrer une mesure chaque 15 ou 20 s pour une durée totale de 5 minutes
 - Régler la longueur d'onde de travail et faire le zéro (calibration) avec le solvant² (10mL d'eau distillée + 2mL d'eau de javel)
 - Prélever précisément 10,0 mL de E133 et les introduire dans un bécher ainsi que dans une cuve qu'on introduira dans le spectrovio.
 - Dans une éprouvette, introduire 2 mL de solution d'eau de Javel
- Attention pour la suite il faut aller vite !!**
- Verser les 2 mL d'eau de javel dans le bécher où il y a le bleu brillant et au même instant déclencher l'acquisition.
 - Agiter et transvaser rapidement le mélange dans une cuve et remplacer la cuve à la place de celle présente dans le porte-cuve. Le temps pour mettre la cuve dans le spectrovio est de 15 ou 20s !
 - Pendant la durée de l'acquisition répondre aux questions.

² En effet l'eau de Javel est légèrement jaune vert et peut absorber légèrement à la longueur d'onde de travail.

II. Suivi cinétique

1. Questions préliminaires

- *Justifier qu'un suivi spectrophotométrique est ici adapté.
- *Quelle sera la valeur de l'absorbance lorsque la réaction est terminée ?
- *Montrer que si la cinétique est d'ordre 1 par rapport au E133 on a :

$$-\frac{dA}{dt} = kA \quad (1)$$

- *En déduire quelle représentation graphique doit-on réaliser pour tester si la cinétique est d'ordre 1.
- *Quelle sera la modélisation à utiliser ? Comment remonter à la valeur de k ?
- En utilisant la méthode du point milieu donner l'expression approximative de $-\left.\frac{dA}{dt}\right|_i$ au point i .
- Exploiter les mesures et répondre à la problématique.
- Déterminer le temps de demi réaction $t_{1/2}$.

III. Pour aller plus loin

- Effectuer une dilution par 2 ou 2,5 de l'eau de javel et refaire l'expérience, il faudra prendre une durée d'acquisition de 10 minutes.
- Déterminer de nouveau le temps de demi réaction $t_{1/2}$ (dilué).
- Conclure

IV. Pour aller encore plus loin (CPGE)

La méthode précédente pour déterminer l'ordre de la réaction s'appelle la méthode différentielle (celle du programme) on peut aussi utiliser une méthode intégrale.

- La résolution de l'équation différentielle (1) donne la solution suivante :

$$A(t) = A_0 e^{-kt}$$

Avec A_0 absorbance à $t = 0$. Cette solution peut se réécrire sous la forme :

$$-\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = kt$$

Que peut-on tracer comme représentation graphique pour vérifier si la réaction est d'ordre 1 ?

- Mettre en œuvre la méthode intégrale et en déduire une valeur de k_{int} qu'il faudra comparer à la valeur obtenue avec la méthode différentielle.

Références

- [1] Sordalab. [En ligne]. Available: https://www.sordalab.be/RESSOURCES/documents/FR/GOYASPEC_-_TP3.pdf.
- [2] F. Minéraux. [En ligne]. Available: <https://www.france-mineraux.fr/nutrition/additifs-alimentaires/e133-bleu-brillant-fcf/>.
- [3] Wikipédia. [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_de_Javel.