Travaux pratiques – TP 10

Suivi cinétique par spectrophotométrie : décoloration de l'érythrosine

Capacités exigibles

- ▢ Relever les indications sur le risque associé au prélèvement, au mélange et au stockage des produits chimiques et adopter une attitude responsable lors de leur utilisation.
- ▢ Suivi cinétique de transformations chimiques.
- ▢ Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer une concentration ou une quantité de matière par spectrophotométrie UV-Visible.
- ▢ Établir une loi de vitesse à partir du suivi temporel d'une grandeur physique.
- ▢ Exploiter les résultats d'un suivi temporel de concentration pour déterminer les caractéristiques cinétiques d'une réaction.
- ▢ Proposer et mettre en œuvre des conditions expérimentales permettant la simplification de la loi de vitesse.
- ▢ Suivi en continu d'une grandeur physique.

I Objectifs

◇ Revoir la technique de spectrophotométrie.

◇ Tracer un spectre d'absorption d'une solution colorée : l'érythrosine.

◇ Suivre la cinétique d'une réaction lente :

◇ Vérifier des conditions expérimentales de dégénérescence de l'ordre.

II Analyser

II/A Étude cinétique de la réaction entre l'érythrosine et l'eau de Javel

II/A) 1 Présentation

L'érythrosine est un colorant artificiel utilisé dans l'industrie alimentaire (E127) pour colorer les cerises et sirops. L'érythrosine (notée E) peut être décolorée par action des ions hypochlorite (ClO^-) selon l'équation bilan

$$E(aq) + ClO^-(aq) = EClO^-(aq)$$

Le produit $EClO^-$ obtenu est incolore.

II/A) 2 Matériel et données

Données

- ◇ Solution d'érythrosine de concentration massique $c_m(\text{E}) = 30\,\text{mg·L}^{-1}$.
- ◇ Solution d'eau de Javel ($Na^+ + ClO^-$) à 4,8% de chlore actif, soit une concentration molaire $[ClO^-] \approx 0{,}24\,\text{mol·L}^{-1}$.
- ◇ Masse molaire de l'érythrosine : $M(\text{E}) = 880\,\text{g·mol}^{-1}$.

II/A) 3 Étude des conditions expérimentales

(1) Pourquoi peut-on penser qu'on peut suivre cette cinétique par spectrophotométrie ?

(2) Écrire la loi de vitesse de réaction. On appellera v cette vitesse, p l'ordre partiel par rapport à l'érythrosine, q celui par rapport à ClO^- et k la constante de vitesse de la réaction.

(3) En tenant compte des données, calculer la concentration initiale en érythrosine c_0. Y a-t-il dégénérescence de l'ordre ? Modifier l'écriture de la loi de vitesse dans ce cas, en notant k_{app} la constante de vitesse apparente.

II/A) 4 Détermination de l'ordre partiel p par rapport à l'érythrosine

On rappelle la loi de Beer-Lambert, appliquée ici à l'érythrosine : $A = \varepsilon\ell[\text{E}]$. Montrer que :

(4) Il faut tracer $\ln(A) = f(t)$ avec A l'**absorbance** pour tester l'hypothèse $p = 1$. Indiquer alors l'expression du coefficient directeur.

(5) Il faut tracer $1/A = f(t)$ avec A l'**absorbance** pour tester l'hypothèse $p = 2$. Indiquer alors l'expression du coefficient directeur.

II/A) 5 Détermination de l'ordre partiel q par rapport aux ions hypochlorites

On note $k_{\text{app},1}$ la constante de vitesse pour une concentration en ions hypochlorites $[ClO^-]_{01}$ et $k_{\text{app},2}$ la constante de vitesse pour une concentration en ions hydroxydes $[ClO^-]_{02} = [ClO^-]_{01}/2$.

(6) Montrer qu'alors
$$q = \frac{\ln\left(\frac{k_{\text{app},1}}{k_{\text{app},2}}\right)}{\ln(2)}$$

III Réaliser et valider

III/A Réalisation du spectre de l'érythrosine

Nous allons dans un premier temps établir le spectre d'absorption de l'érythrosine.

Expérience TP10.1 : Spectre d'absorption

◇ **Calibration du spectrophotomètre** :

1) Calibrer ; Appuyer sur 0/1 puis `cuve vide ?` : VAL. et `imprimer ?` : ESC.
2) Quand le calibrage est terminé : le spectro affiche : `absorbance`, etc

3) Arrêter l'appareil : 0/1.

◇ **Redémarrer le spectrophotomètre sous contrôle de l'ordinateur** :

1) Ouvrir Regressi
2) Dans Fichier → nouveau choisir S250
3) Choisir dans le menu du spectro le protocole de communication : **S 250 I/PC**.
4) Cliquer sur le bouton correspondant au spectro éteint. Le spectro se rallume alors (il faut quelques secondes !).

◇ **Tracé du spectre :** `spectre paramétrable` [335 ; 900] `nm` :

1) Choisir des longueurs d'ondes variant de 400 à 600 nm avec un pas de 3 nm.
2) Effectuer le zéro avec une cuve remplie d'eau distillée en cliquant sur `BLANC`. Le spectro trace une ligne (bleue) de zéro pour toutes les longueurs d'ondes.
3) Puis réaliser le spectre de l'érythrosine en remplissant la cuve au 3/4 de sa hauteur avec la solution, puis en cliquant sur `SPECTRE`.

Expérience TP10.2 : Exploitation du graphe

1) Basculer dans Regressi : clic sur `Sauver` et `Vers régressi` du logiciel du spectro, et remplir le nom de la grandeur (A).
2) Grâce au réticule, pointer la longueur d'onde de la valeur maximale.

1 Imprimer la courbe après avoir retiré le zéro en x et relié les points grâce à un lissage d'ordre 3 (dans le menu `Coordonnées`, décocher « zéro inclus »).

2 À quelle longueur d'onde doit-on travailler ensuite pour avoir un maximum de précision sur la mesure de l'absorbance ?

III/B Étude cinétique de la réaction

III/B) 1 Détermination de l'ordre partiel p par rapport à l'érythrosine

Expérience TP10.3 : Suivi cinétique

1) Éteignez le spectrophotomètre en le débranchant salement (mais proprement), puis le rallumer manuellement. Fermer Régressi complètement.
2) Allumer de nouveau le spectro en le rebranchant et en appuyant sur 0/1. Aller jusqu'au bout de la procédure de calibration.
3) Eteindre le spectro en appuyant sur 0/1. Le rallumer sous contrôle de l'ordinateur comme vu précédemment. Et choisir cette fois **suivi cinétique**.
4) Indiquer la valeur de λ_{max} pour déterminer la longueur d'onde à laquelle vous allez étudier l'évolution de l'intensité lumineuse.
5) Mettre la cuve avec le solvant puis appuyez `cliquer ici`.
6) Effectuer le zéro avec une cuve remplie d'eau distillée en cliquant sur `BLANC`. Le spectro trace une ligne (bleue) de zéro pour toutes les longueurs d'ondes.

7) Choisir ensuite 80 points, $\delta t = 4\,\text{s}$, pour obtenir une durée d'expérience de 5 min environ. Valider. Puis refaire le blanc avec la cuve d'eau distillée en cliquant sur `BLANC`

8) Prélever à la finnpipette : 1,2 mL d'eau de Javel, 1,2 mL d'eau distillée et 1,2 mL d'érythrosine que vous déposerez successivement dans une cuve. Recouvrir de *Parafilm* puis mélanger **rapidement**. Déposer cette dernière dans le spectro (dans le bon sens !) et lancer l'acquisition en cliquant sur `mettre la cuve avec la solution puis cliquer ici`.

9) Une fois l'acquisition terminée, transférer les données sous Regressi en cliquant sur l'icône prévue à cet effet. Créer les variables calculées nécessaires, puis effectuer les régressions linéaires trouvées précédemment ; les superposer avec deux échelles : une échelle à gauche pour $lnA = \ln(A)$ et une échelle à droite pour $invA = 1/A$. Supprimer les zéros en ordonnées (menu coordonnées).

3 Effectuer les régressions linéaires pour tester les hypothèses $p = 1$ et $p = 2$, et imprimer les courbes. Conclure sur la valeur de p.

Remarque TP10.1 : fin de cinétique

Quand la cinétique est terminée, la vitesse n'évolue plus. Dans ce cas, on peut obtenir des régressions biaisées. Il faut parfois sélectionner les données sur lesquelles ont fait la régression pour avoir une meilleure estimation du coefficient directeur.

4 Déterminer la constante apparente de vitesse de la réaction $k_{\text{app},1}$ et le temps de demi-réaction $\tau_{1/2}$.

III/B) 2 Détermination de l'ordre partiel q par rapport aux ions hydroxydes

Expérience TP10.4 : Suivi cinétique

1) Recommencer une nouvelle acquisition en prélevant : 0,6 mL d'eau de Javel, 1,8 mL d'eau distillée et 1,2 mL d'érythrosine. On a ainsi divisé par 2 la concentration initiale des ions hypochlorites et maintenue constante celle de l'érythrosine.

2) Une fois l'acquisition terminée, transférer les données sous Regressi en cliquant sur l'icône prévue à cet effet.

5 Vérifier l'ordre p que vous avez obtenu précédemment.

6 Déterminer expérimentalement la nouvelle constante apparente de vitesse de la réaction, notée $k_{\text{app},2}$.

7 En déduire l'ordre partiel q par rapport à ClO^- ; l'arrondir à sa valeur entière la plus proche.

Remarque TP10.2 :

Ne pas oublier d'imprimer les courbes obtenues, seuls repères pour l'examinataire. Vous prendrez soin de n'imprimer que les courbes et d'utiliser une impression noir et blanc.

IV Conclure

8 Quels sont les ordres partiels expérimentaux ?

9 Quel est l'ordre global de cette réaction ?

10 Cette réaction suit-elle la loi de Van't Hoff ?

Important

En fin de séance, nettoyez votre paillasse, débranchez le spectrophotomètre et ne pas oublier d'enlever la cuve à l'intérieur du spectrophotomètre.