

AE : SUIVI CINETIQUE D'UNE TRANSFORMATION CHIMIQUE

L'érythrosine est un colorant alimentaire de couleur rouge utilisé pour colorer, par exemple, les fruits confits tels que les cerises. L'eau de Javel peut venir plus ou moins vite à bout de tâches dues à ce colorant. Peut-on modéliser l'évolution de la concentration du colorant au cours du temps ?



Problème : Une transformation chimique se déroule-t-elle toujours à la même vitesse ?
Comment peut-on quantifier, en chimie, la rapidité d'une transformation ?

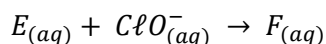
Document 1 : Matériel à disposition

- Béchers
- Pipettes jaugées : 10,0 mL ; 20,0 mL
- Spectrophotomètre + chronomètre associé (système automatisé)
- Solutions :
 - solution S_1 : solution d'eau de javel
 - solution S_2 : solution d'érythrosine
- Eau distillée
- Logiciel EsaoStudio« Ordinateur/Lecteur CD-logicielspectro/W/AS/EsaoStudio.exe ».
- Logiciel Regressi + fiche d'utilisation

Document 2 : Transformation chimique étudiée

- L'érythrosine, notée $E_{(aq)}$ peut être décolorée par les ions hypochlorite $ClO^-_{(aq)}$ apportés par une solution d'eau de Javel.

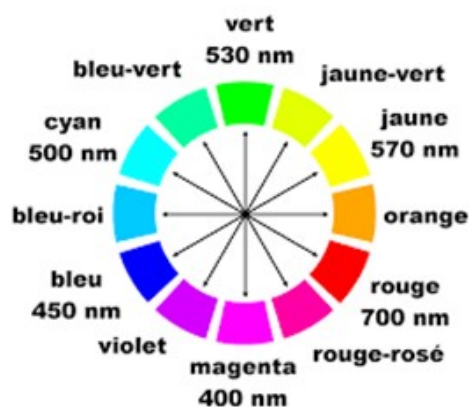
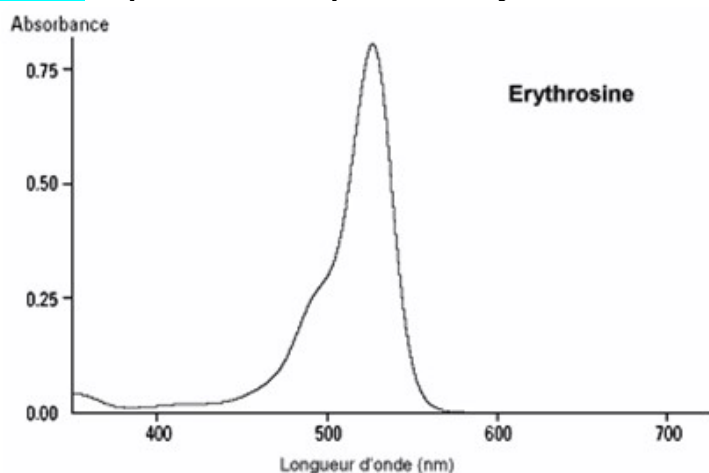
L'équation modélisant cette transformation est :



où $F_{(aq)}$ est le produit incolore formé.

- Cette réaction est totale mais **lente** ; on peut suivre à l'œil le changement de couleur.
- Parmi les espèces chimiques présentes lors de cette transformation, seule l'érythrosine peut être considérée comme colorée à la longueur d'onde de travail ($\lambda = 530$ nm).
- Pour étudier cette transformation, on mélange :
 - $V_1 = 20,0$ mL de solution d'eau de Javel (solution S_1) dont la concentration en ions ClO^- est égale à $[ClO^-]_1 = 3,90 \times 10^{-1}$ mol/L
 - $V_2 = 10,0$ mL de solution d'érythrosine (solution S_2) dont la concentration en érythrosine est égale à $[E]_2 = 2,55 \times 10^{-5}$ mol/L

Document 3 : Spectre d'absorption de l'érythrosine



I. Informations issues du travail préliminaire

- Lors du mélange :
 - l'érythrosine, notée E , est le réactif limitant ;
 - l'ion hypochlorite ClO^- est le réactif en excès.
- Pour une longueur d'onde de 530 nm, seule l'érythrosine est colorée en solution. Donc, d'après la loi de Beer Lambert on peut écrire que : $A = k \times [E]$

A : absorbance de la solution

$[E]$: concentration de l'érythrosine dans la solution

k : constante qui se détermine à partir des valeurs à $t = 0$ s de A et $[E]$: $k = \frac{A_0}{[E]_0}$

A_0 : absorbance initiale de la solution; $A_0 = 0,7$

$[E]_0$: concentration initiale en érythrosine de la solution

$$[E]_0 = 8,50 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

- Donc, à tout instant t , la mesure de l'absorbance A de la solution permet de connaître la concentration $[E]$ en érythrosine :

$$[E] = [E]_0 \times \frac{A}{A_0}$$

II. Réalisation du protocole

Protocole à réaliser (après l'avoir lu **INTEGRALEMENT** !):

- A l'aide d'une pipette jaugée, introduire dans un bécher n°1, 20,0 mL de solution S_1 .
- A l'aide d'une pipette jaugée, introduire dans un bécher n°2, 10,0 mL de solution S_2 .
- Paramétrer le spectrophotomètre : réglage de la longueur d'onde de travail (530 nm) ; réalisation du blanc ; réglage de l'intervalle de prise de mesure (30 s).
→ *S'aider du document 4.*
- Lancer l'acquisition ET mélanger rapidement le contenu des deux béchers.
- Rapidement, remplir la cuve à spectrophotométrie avec le mélange.
- Arrêter l'acquisition lorsque l'absorbance est nulle.(900s)
- Copier le tableau des mesures dans Regressi.
→ *S'aider du document 5.*
- Dans Regressi, créer une grandeur, notée $ConcE$, à partir de la grandeur mesurée A ($[E] = [E]_0 \times \frac{A}{A_0}$; pour A_0 prendre la valeur de A à $t = 0$ s)
- Tracer la courbe $ConcE = f(t)$: « $ConcE$ » en ordonnée et « t » en abscisse. Pour cela, utiliser la fonction « lissage ».

Document 4 : Utilisation du spectrophotomètre

- Brancher si nécessaire le câble USB du spectrophotomètre à l'ordinateur.
- Ouvrir le logiciel permettant l'acquisition dans :
« Ordinateur/Lecteur CD-logicielspectro/W/AS/EsaoStudio.exe ».
- Cliquer sur l'onglet « cinétique ».
- Régler la valeur de la longueur d'onde de travail.
- Avec le solvant (ici l'eau), réaliser « le blanc » ou la « calibration ».
- Fixer l'intervalle de prise de mesure à 30 secondes.
→ Le spectrophotomètre est prêt pour lancer l'acquisition.

Remarque : on utilise la même cuve pour la calibration et pour le suivi cinétique.

Document 5 : Transfert des données de ESAO vers REGRESSI

- Dans l'onglet « tableau » de l'atelier scientifique, sélectionner à l'aide de la souris l'ensemble des données à transférer, clic droit copier ou ctrl+C.
- Ouvrir le logiciel REGRESSI.
- Dans l'onglet « édition », sélectionner « coller document ».
- Dans la fenêtre qui s'ouvre remplacer « var1 » par « t » et « var2 » par « A ».
- Valider en appuyant sur « OK ».

- 1) Décrire l'évolution de la concentration $[E]$ en érythrosine au cours du temps.
Reproduire qualitativement cette courbe sur votre compte rendu.

Document 6 : Temps de demi-réaction $t_{1/2}$

- Le **temps de demi-réaction $t_{1/2}$** d'un système chimique est la **durée nécessaire pour que la moitié du réactif limitant soit consommée**.
- Il permet de caractériser, à une température donnée, l'évolution temporelle du système et ainsi d'évaluer la durée Δt de la transformation : le système cesse d'évoluer au bout d'une durée de l'ordre de quelques $t_{1/2}$.

- 2) Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction. Rajouter sur le graphe précédent les traits de construction.

Appeler le professeur pour lui montrer la détermination graphique.

Document 7 : Vitesse volumique de disparition

- Pour rendre compte de la « rapidité » d'évolution de la concentration $[E]$ en érythrosine de la solution, on définit la vitesse volumique de disparition de l'érythrosine :

$$v_{\text{disp}}(E)_t = - \frac{d[E]}{dt}$$

La vitesse de disparition de l'érythrosine est l'opposée de la dérivée par rapport au temps de la concentration $[E]$.

La vitesse de disparition de l'érythrosine s'exprime en $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$.

- Dans le tableur, créer une grandeur, notée V_{disp} , représentant la vitesse volumique de disparition de l'érythrosine.

Remarque : taper « $d(\text{grandeur à dériver})/d(t)$ » pour la fonction « **dérivée par rapport au temps** »

- Représenter l'évolution de cette vitesse volumique de disparition au cours du temps. Réaliser un lissage.

- 3) Reproduire cette courbe $v_{\text{disp}} = f(t)$ sur votre compte rendu.

III. Loi de vitesse d'ordre 1

Document 8 : La loi de vitesse d'ordre 1

Définition :

Soit une réaction d'équation : $a A + b B \rightarrow c C + d D$.

On dit que cette réaction est **d'ordre 1** par rapport au réactif A si, lorsque le réactif B est en large excès, les vitesses volumiques de disparition des réactifs ou d'apparition des produits sont proportionnelles à la concentration $[A]_t$ de l'espèce A au cours du temps.

Comment reconnaître une loi de vitesse d'ordre 1 ? → 3 méthodes

On considère une réaction d'équation : $a A + b B \rightarrow c C + d D$.

Lorsque B est en large excès, il existe plusieurs **méthodes** pour vérifier que cette réaction est d'ordre 1 par rapport au réactif A :

- méthode 1** : vérifier que le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est indépendant de la concentration initiale $[A]_0$ de l'espèce A ;
- méthode 2** : vérifier que les vitesses volumiques de disparition des réactifs ou d'apparition des produits sont proportionnelles à la concentration $[A]_t$ de l'espèce A au cours du temps ;
- méthode 3** : vérifier que l'évolution de la concentration $[A]_t$ du réactif A au cours du temps obéit à une loi exponentielle du type :

$$[A]_t = [A]_0 \times \exp(-k \times t)$$

- 1) En s'appuyant sur le document 8, qui joue le rôle du réactif A et qui joue le rôle du réactif B dans la réaction étudiée ici ?

Pour les 3 questions suivantes, il est demandé de s'appuyer sur une représentation graphique.

Dans le cadre de cette étude, on considère que le critère pour valider un modèle choisi est le suivant :
La valeur de l'écart données-modèle doit être inférieure à 10%.

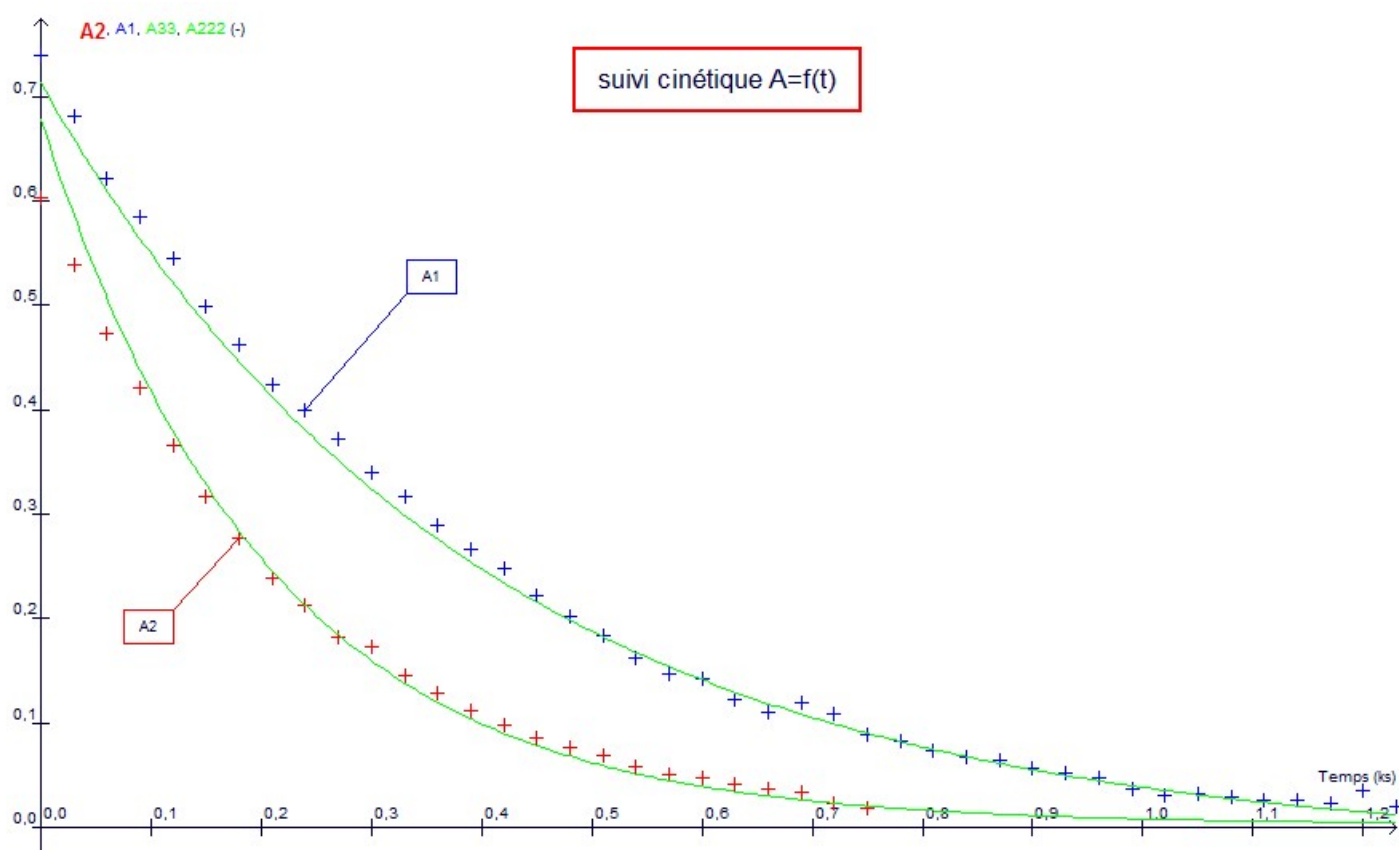
- 2) Utiliser la méthode 2 pour montrer que la réaction étudiée est d'ordre 1. Préciser la démarche suivie.
- 3) Utiliser la méthode 3 pour montrer que la réaction étudiée est d'ordre 1. Préciser la démarche suivie
- 4) Utiliser la méthode 1 pour montrer que la réaction étudiée est d'ordre 1. Préciser la démarche suivie

IV. Influence de la concentration initiale de l'ion hypochlorite

Voici les courbes de suivi cinétique de la réaction pour 2 concentrations différentes en ions hypochlorite:

- « A1 » absorbance mesurée pour une concentration initiale $[ClO^-]_0 = 0,173 \text{ mol/L}$
- « A2 » absorbance mesurée pour une concentration initiale $[ClO^-]_0 = 0,260 \text{ mol/L}$

La concentration initiale en érythrosine est la même pour les 2 acquisitions : $[E]_0 = 8,50 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$



⇒ A l'aide de ces deux acquisitions, justifier la phrase « l'évolution d'un système chimique, dont les réactifs sont en solution, est d'autant plus rapide que les concentrations des réactifs sont élevées ».