

## Fiche 1 à destination des enseignants

**Cinétique d'une réaction chimique :**  
**Réaction entre l'eau oxygénée et les ions iodure**  
 Terminale spécialité Physique-Chimie

<i>Type d'activité</i>	<i>Activité expérimentale</i>	
Partie du programme : Constitution et transformations de la matière 2. Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation A) Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique	<b>Notions et contenus du Terminale Spécialité physique chimie</b>  <b><i>Suivi temporel et modélisation macroscopique</i></b>  Vitesse volumique d'apparition d'un produit  Temps de demi-réaction	<b>Capacités exigibles</b> <b>Activités expérimentales support de la formation</b>  Mettre en œuvre une méthode physique pour suivre l'évolution d'une concentration et déterminer la vitesse volumique de formation d'un produit ou de disparition d'un réactif.  <b>Capacité numérique :</b> À l'aide d'un langage de programmation et à partir de données expérimentales, tracer l'évolution temporelle d'une concentration, d'une vitesse volumique d'apparition ou de disparition et tester une relation donnée entre la vitesse volumique de disparition et la concentration d'un réactif.
	<b>Compétences liées aux activités effectuées dans ce sujet</b>  [Analyser/Raisonner] : Préparer une solution par dissolution ou par dilution en choisissant le matériel adapté. [Réaliser] : Effectuer des mesures d'absorbance [Réaliser] : Tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration. [Réaliser] : Tracer l'évolution temporelle d'une concentration d'une espèce chimique	
<b>Conditions de mise en œuvre</b>	Les contenus de ce document doivent être adaptés pour une mise œuvre en TP.	

## Fiche 2 à destination des élèves

### Cinétique d'une réaction chimique : Réaction entre l'eau oxygénée et les ions iodure

#### Objectifs :

- Montrer que la concentration en quantité de matière d'une espèce colorée et son absorbance sont des grandeurs proportionnelles.
- Utiliser cette propriété pour mesurer la concentration en quantité de matière d'une solution inconnue et lors du suivi cinétique d'une transformation chimique.

#### I. Étalonnage du spectrophotomètre pour une solution aqueuse de diiode

##### Document 1 : rappels sur l'absorbance d'une solution aqueuse

L'absorbance d'une solution aqueuse colorée est la capacité de celle-ci à absorber la radiation monochromatique qui la traverse. C'est une grandeur positive sans unité qui dépend, entre autres, de la concentration de l'espèce chimique responsable de la coloration de la solution.

Pour de faibles concentrations en quantité de matière, l'absorbance et la concentration en quantité de matière de l'espèce chimique, s'expriment selon la relation donnée par la loi de Beer-Lambert :

$$A = k \times C$$

k : constante en  $L \cdot mol^{-1}$   
C :  $mol \cdot L^{-1}$  (concentration en quantité de matière)

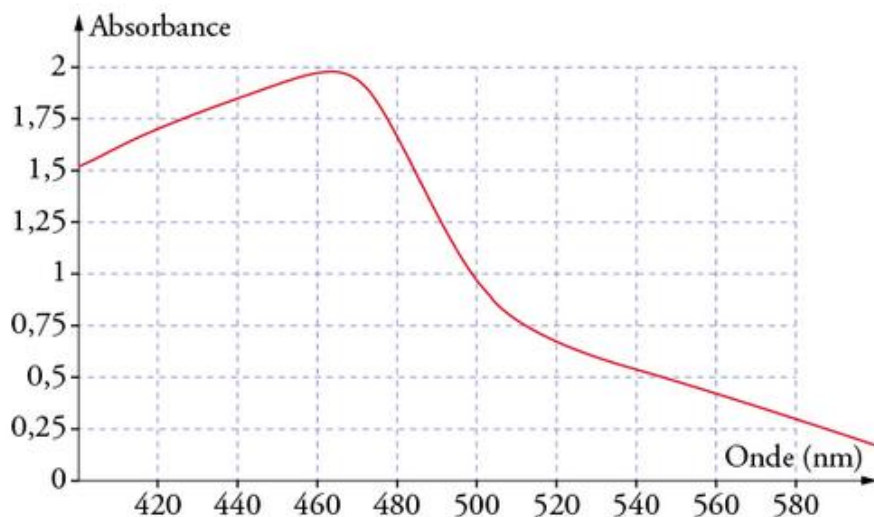
##### Document 2 : Matériel mis à disposition

- solution mère  $S_0$  de diiode de concentration en quantité de matière  $C_0 = 4,00 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$
- solutions filles  $S_i$  de concentration  $C_i$  (en  $mol \cdot L^{-1}$ ) :

$S_i$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$
$C_i$	$3,00 \cdot 10^{-3}$	$2,00 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$8,00 \cdot 10^{-4}$	$6,00 \cdot 10^{-4}$	$4,00 \cdot 10^{-4}$	$2,00 \cdot 10^{-4}$

- eau distillée
- cuves de spectrophotométrie
- pipettes Pasteur
- verrerie de laboratoire (fiole jaugée, burette, pipette jaugée, bécher)
- notice du spectrophotomètre
- un poste informatique avec le fichier « etalonnage.csv » à compléter et le programme écrit en Python permettant de tracer  $A = f(C)$

##### Document 3 : spectre d'absorbance d'une solution aqueuse de diiode



### Travail à faire :

1. (ANA) Proposer un protocole expérimental permettant de préparer un volume  $V_1 = 25,0$  mL de la solution  $S_1$  à partir de la solution mère  $S_0$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. (APP) Justifier le réglage du spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 420$  nm.

.....

.....

.....

3. (REA) Mesures : Faire le blanc avec de l'eau distillée, mesurer l'absorbance de chaque solution de diiode puis entrer les mesures dans le fichier « etal.csv ».

Le programme écrit en Python « étalonnage avec régression linéaire » permet de tracer la courbe d'étalonnage puis de la modéliser par une fonction affine de type «  $y = a \cdot x + b$  ».

4. (VAL) La courbe obtenue permet-elle de vérifier la loi de Beer-Lambert ?  
En déduire une relation numérique entre l'absorbance et la concentration en quantité de matière en diiode.

.....

.....

.....

## **II. Suivi par spectrophotométrie de la formation de diiode.**

On étudie l'oxydation des ions iodures par l'eau oxygénée. Cette transformation chimique a lieu en solution aqueuse et ne fait intervenir qu'une seule réaction chimique.

Lors de cette transformation, le diiode est la seule espèce colorée. Sa formation au cours du temps peut être suivie par spectrophotométrie et ainsi permettre d'effectuer un suivi temporel de la transformation.

### Données

Couples redox :  $H_2O_2/H_2O$      $O_2/H_2O_2$      $I_2/I^-$

### Document 4 : Protocole de la manipulation

- Préparer le spectrophotomètre (régler la longueur d'onde à 420 nm et régler l'absorbance à zéro avec une cuve contenant le solvant : de l'eau distillée).
- Préparer dans un bécher de 100 mL :
  - 10,0 mL de solution d'iodure de potassium de concentration en quantité de matière  $0,20 \text{ mol.L}^{-1}$
  - 28,0 mL d'eau distillée
  - 10,0 mL d'acide sulfurique de concentration en quantité de matière  $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$
- Placer le bécher sur l'agitateur magnétique.
- Déclencher le chronomètre en versant 2,0 mL d'eau oxygénée (de concentration en quantité de matière  $0,098 \text{ mol.L}^{-1}$ ) dans le bécher et homogénéiser le mélange réactionnel pendant quelques secondes.
- Remplir une cuve de ce mélange, la placer dans le spectrophotomètre le plus rapidement possible et faire la première mesure d'absorbance à  $t = 30$  s puis toutes les 30 s pendant 50 minutes. Rentrer au fur et à mesure les valeurs de l'absorbance  $A$  et du temps écoulé  $t$  dans le fichier « suivi.csv ».

**Travail à faire :**

1. (ANA) Montrer que la transformation chimique étudiée peut être modélisée par l'équation de réaction suivante:  $2 I^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2 H^+(aq) \rightarrow 2 H_2O(l) + I_2(aq)$

.....  
.....  
.....

2. (REA) Établir le tableau descriptif ci-dessous de l'évolution du système et déterminer la composition du milieu réactionnel à l'état final.

Équation de la réaction	2 I <sup>-</sup>	+	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	+	2 H <sup>+</sup>	→	2 H <sub>2</sub> O	+	I <sub>2</sub>
État initial									
État intermédiaire									
État final									

3. (REA) Le programme Python fourni « courbe I<sub>2</sub> en fonction du temps » permet de tracer l'évolution de la concentration [I<sub>2</sub>] en fonction du temps t à partir des données du fichier « suivi.csv ». À l'aide des résultats des questions I.3, compléter le programme (ligne 50) pour afficher la courbe donnant l'évolution de [I<sub>2</sub>] en fonction du temps t.

.....  
.....  
.....

4. (REA) À l'aide de la courbe obtenue, déterminer graphiquement le temps de demi-réaction de cette réaction d'oxydoréduction à la température de l'expérience.

.....  
.....

5. (REA) Définir la vitesse volumique de la réaction et exprimer la vitesse volumique en fonction de la concentration en quantité de matière en diiode formé.

.....  
.....  
.....

6. (VAL) Décrire l'évolution de la vitesse volumique de la réaction au cours du temps.

.....  
.....  
.....

7. (REA) Modifier le programme écrit en Python « courbe I<sub>2</sub> en fonction du temps » pour tracer la tangente à la courbe à la date t = 10 minutes (19<sup>ème</sup> point) sur la courbe. Déterminer alors graphiquement la vitesse volumique de la réaction à cette date.

.....  
.....  
.....

## Fiche 3 à destination des enseignants version 1 \_ éléments de réponses

### Cinétique d'une réaction chimique : Réaction entre l'eau oxygénée et les ions iodure

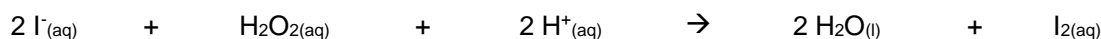
#### Quelques éléments de réponse

#### I. Étalonnage du spectrophotomètre pour une solution de diiode

1. Fiole jaugée de 25,0 mL ; burette graduée pour prélever 18,75 mL (pas de pipette jaugée de cette contenance).
2. Le maximum d'absorption du diiode correspond à  $\lambda = 420$  nm.
3. Voir fichier CSV « etal ».
4. On obtient une droite passant pratiquement par 0 de coefficient directeur égal à 275 L/mol.  
La valeur de b est très proche de 0.  
Ceci est en accord avec la loi de Beer-Lambert.  
La relation entre  $[I_2]$  et A en tenant compte de cette valeur est  $[I_2] = A / 275$ .

#### II. Suivi par spectrophotométrie d'une transformation chimique.

1.  $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$   
 $2I^- = I_2 + 2e^-$   
 $H_2O_2 + 2H^+ + 2I^- = I_2 + 2H_2O$
2. Le tableau descriptif de l'évolution du système.  
Mesures avec de l'eau oxygénée de concentration 0,08 mol/L et une longueur d'onde de 500 nm (pour éviter une saturation)



E.I.	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	Excès	0
E.C.	$2,0 \cdot 10^{-3} - 2x$	$1,6 \cdot 10^{-4} - x$	$1,0 \cdot 10^{-2} - 2x$	Excès	x
E.F.	$2,0 \cdot 10^{-3} - 2x_{max}$	$1,6 \cdot 10^{-4} - x_{max}$	$1,0 \cdot 10^{-2} - 2x_{max}$	Excès	$x_{max}$

#### Détermination de $x_{max}$

- Si  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 2x_1 = 0 \text{ mol}$ ,  $x_1 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .
- Si  $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - x_2 = 0 \text{ mol}$ ,  $x_2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ .
- Si  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} - 2x_3 = 0 \text{ mol}$ ,  $x_3 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .

Le réactif par défaut est donc l'eau oxygénée et l'avancement maximal de la réaction est  $x_{max} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ .

3. Voir programme Python, version professeur
4. Pour déterminer  $\tau_{1/2}$ , il faut d'abord déterminer la concentration du diiode à cet instant.  
 $[I_2] = [I_2]_{max}/2 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ .

D'après la courbe, on obtient donc un temps de demi-réaction environ égal à 7 minutes.

5. On obtient :  $v = \frac{d[I_2]}{dt}$

6. La vitesse volumique de réaction diminue au cours du temps.
7. La tangente peut être obtenue en modifiant une ligne du programme :  
`#tracé de la tangente en différents points de la courbe`  
`afficheTangente(19)`

On détermine ensuite le coefficient directeur de la tangente

$$v = \frac{0,032 \text{ mol/L} - 0,007 \text{ mol/L}}{20 \text{ min} - 0 \text{ min}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

### Exemple de mesures pour l'étalonnage :

Celles-ci doivent être enregistrées dans un fichier CSV dans le même répertoire que les programmes Python.

C	A
0,0002	0,054
0,0004	0,078
0,0006	0,177
0,0008	0,226
0,001	0,286
0,002	0,535
0,003	0,793
0,004	1,116

### Programme Python pour l'étalonnage :

```
 -*- coding: utf-8 -*-
from sklearn import linear_model

import matplotlib.pyplot as plt
import csv
import numpy as np
from scipy.stats import linregress

#fonction permettant de lire le fichier csv et de modifier la virgule par un point le cas échéant
def readColCSV(fichier,sep,n) :
    file=open(fichier,"r")
    reader=csv.reader(file,delimiter=sep)
    col=[]
    for row in reader :
        if(row[n][0].isdigit()) :
            notation_point=row[n].replace(",",".")
            col.append(float(notation_point))
    return col

#nom du fichier à traiter
fichier=input("Quel est le nom du fichier (sans l'extension .csv)?")+ ".csv"

#Appel de la fonction pour récupérer et lire les données.
C=readColCSV(fichier,";",0)
A=readColCSV(fichier,";",1)

#Création de la variable x pour la régression linéaire
x=np.array(C)
#Création de la variable y pour la régression linéaire
y=np.array(A)
#détermination des paramètres du modèle de droite le plus proche des points expérimentaux
(a,b,rho,_,_)=linregress(x,y)

#affichage des paramètres a et b de la droite
print("a =",a,"b =",b)

#définition du modèle
def droite(x):
    return b + a*x
ligne = droite(x)

#tracé de la courbe A=f(t)
plt.grid()
```

```
plt.title("courbe d'étalonnage")
plt.ylabel('A (sans unité)')
plt.xlabel('C (en mol/L)')
for i in range(len(C)):
    plt.plot(C[i],A[i], 'r+')

#tracé du modèle
plt.plot(x,ligne)

plt.savefig("courbe d'étalonnage")
plt.show()
```

**Exemple de mesures pour le suivi spectrophotométrique :**

t	A
0,5	0,06
1	0,11
1,5	0,151
2	0,196
2,5	0,229
3	0,263
3,5	0,295
4	0,324
4,5	0,352
5	0,377
5,5	0,403
6	0,426
6,5	0,449
7	0,468
7,5	0,487
8	0,507
8,5	0,524
9	0,539
9,5	0,555
10	0,575
10,5	0,585
11	0,597
11,5	0,611
12	0,623
12,5	0,633
13	0,645
13,5	0,654
14	0,665
14,5	0,674
15	0,684
15,5	0,691

16	0,699
16,5	0,707
17	0,714
17,5	0,721
18	0,727
18,5	0,734
19	0,74
19,5	0,745
20	0,75
20,5	0,757
21	0,762
21,5	0,765
22	0,77
22,5	0,776
23	0,779
23,5	0,784
24	0,787
24,5	0,791
25	0,794
25,5	0,798
26	0,802
26,5	0,805
27	0,808
27,5	0,811
28	0,813
28,5	0,816
29	0,819
29,5	0,821
30	0,823
30,5	0,825
31	0,827
31,5	0,829

32	0,831
32,5	0,833
33	0,835
33,5	0,836
34	0,838
34,5	0,839
35	0,84
35,5	0,842
36	0,843
36,5	0,844
37	0,845
37,5	0,846
38	0,847
38,5	0,848
39	0,849
39,5	0,85
40	0,851
40,5	0,852
41	0,853
41,5	0,854
42	0,855
42,5	0,856
43	0,857
43,5	0,858
44	0,858
44,5	0,859
45	0,859
46	0,86
47	0,861
48	0,862
49	0,862
50	0,862

**Programme Python pour l'affichage de la concentration en diode en fonction du temps :**

```
# -*- coding: utf-8 -*-
import matplotlib.pyplot as plt
import csv

#fonction permettant de lire le fichier csv et de modifier la virgule par un point le cas échéant
```

```

def readColCSV(fichier,sep,n) :
    file=open(fichier,"r")
    reader=csv.reader(file,delimiter=sep)
    col=[]
    for row in reader :
        if(row[n][0].isdigit()) :
            notation_point=row[n].replace(",",".")
            col.append(float(notation_point))
    return col

#fonction permettant de tracer une tangente à la courbe
def afficheTangente(point):
    if point>5:
        debut=-5
        fin=6
    if point>len(c)-5:
        debut=-5
        fin=len(c)-point
    if point<5:
        debut=-point
        fin=-point+6

    pente=(c[point+1]-c[point-1])/(t[point+1]-t[point-1])

    if point==0:
        pente=(c[point+1]-c[point])/(t[point+1]-t[point])

    tangente=[]
    for i in range(debut,fin):
        tangente.append(pente*(t[point+i]-t[point])+c[point])

    plt.plot(t[point+debut:point+fin],tangente,"k-")

#nom du fichier à traiter
fichier=input("Quel est le nom du fichier (sans l'extension .csv?)"+" ".csv"

#Appel de la fonction pour récupérer et lire les données.
t=readColCSV(fichier,";",0)
A=readColCSV(fichier,";",1)

#calcul de la concentration en diode
c=[i*0.015 for i in A]
#attention la valeur 0.015 dans le calcul de la concentration est à modifier
#selon les valeurs obtenues à partir de la courbe d'étalonnage

#
afficheTangente(0)

#tracé de la courbe C=f(t)

plt.grid()
plt.title("courbe [I2] en fonction du temps")
plt.ylabel('c (mol/L)')
plt.xlabel('t (en min)')
plt.plot(t,c,'r+')
plt.savefig("courbe [I2] en fonction du temps")
plt.show()

```