

## QP CHIMIE

**QP5. Rédiger** une correction pour la copie présentée en annexe 1.b. Pour chaque question, **identifier**, en le justifiant, le caractère inexact ou incomplet de la réponse sur lequel porte votre commentaire ou votre remédiation.

**QP6. Reformuler** la question 1 de l'activité fournie en annexe 1.a en utilisant un ou plusieurs verbes d'action pour expliciter au mieux les consignes.

**QP7. Décrire** une expérience, réalisable en classe de seconde générale et technologique, permettant de mettre qualitativement en évidence un type de réactivité commun aux éléments de la famille des halogènes et en préciser les résultats attendus.

**QP8. Proposer** une trame de scénario pédagogique d'une durée de 30 minutes pour la suite de l'activité, en lien avec l'expérience précédente. **Présenter** cette trame dans un tableau de la forme suivante :

Contenu	Travail de l'élève	Rôle du professeur
...	...	...
...	...	...

Le lien entre structure cristalline et masse volumique est étudié en classe d'enseignement scientifique de première de la voie générale. Une activité documentaire est proposée à des élèves de ce niveau, présentée en annexe 2.

**QP12. Rédiger**, à destination des élèves, une correction de la résolution du problème décrit dans l'annexe 2.a, à partir des éléments de réponse proposés dans l'annexe 2.b.

**QP13. Identifier** les difficultés de la résolution et proposer des outils d'aide aux élèves en difficulté.

**QP40. Répondre** aux questions 6, 12, 13, 14 et 15 de l'activité proposée en annexe 5.a.

**QP41. Identifier et rapporter** sur le modèle du tableau suivant les compétences évaluées dans les questions 6, 12, 13, 14 et 15 et **proposer** des indicateurs de réussite associés.

Question	Compétence(s) évaluée(s)	Niveau de maîtrise insuffisant	Niveau de maîtrise satisfaisant	Niveau de maîtrise très satisfaisant
6				
12				
13				
14				
15				

**QP42. Justifier** en quoi cette activité permet de travailler sur la confrontation entre un modèle et l'expérience.

**QP43. Citer** deux arguments illustrant l'intérêt didactique ou pédagogique de l'utilisation d'un programme python dans ce contexte.

**Annexe 1.a** Document support d'une activité réalisée en classe de seconde de la voie générale et technologique

La vidéo mentionnée à la question 1 n'est pas fournie, son visionnage n'est pas nécessaire aux questions posées dans le sujet (QP5 à QP8).

Chapitre 2 **Vers des entités plus stables chimiquement**

Constitutions et transformations de la matière

**Activité expérimentale : un air de famille**

*Compétences travaillées : Associer la notion de famille chimique à l'existence de propriétés communes et identifier la famille des gaz nobles / Lier modèles microscopiques et observations macroscopiques.*

**Contexte :**

Dans sa classification périodique publiée en 1869, Mendeleïev a classé le chlore, le brome et l'iode dans la même série, en se basant sur le fait qu'ils ont tous les trois des propriétés chimiques similaires. On les appelle **halogènes**.

**Problématique :**

Qu'est-ce qu'une famille chimique d'éléments ?

**I – Les alcalins****Document 1 :** Réactivité des alcalins avec l'eau

Voir la vidéo « reaction\_alcalins\_eau » dans le dossier sur l'ENT.

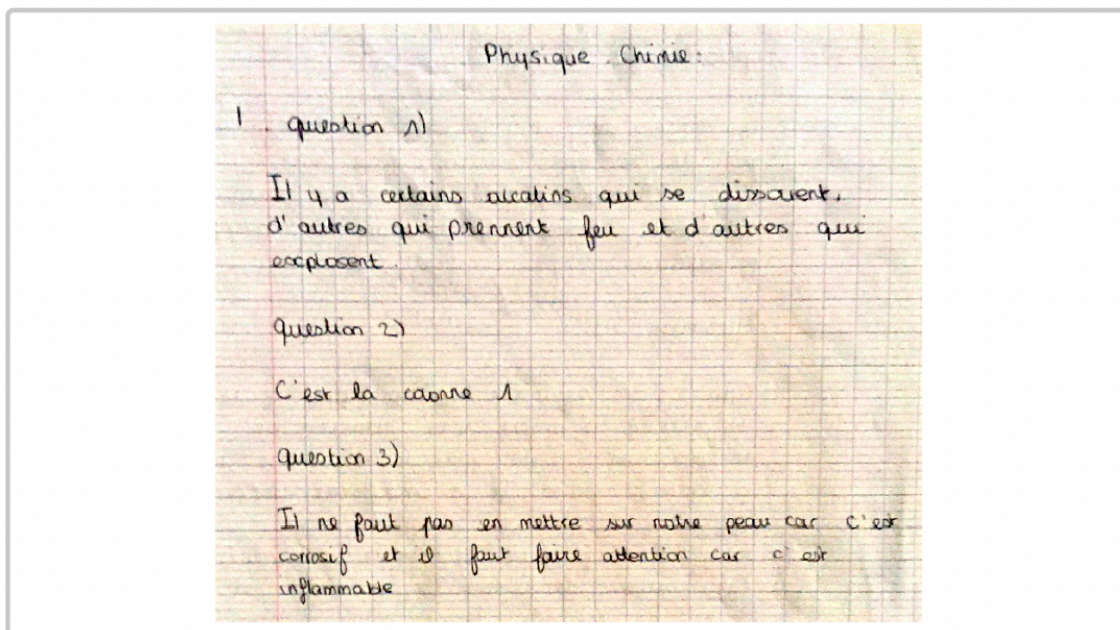
**Document 2 :** Pictogrammes de sécurité

Les pictogrammes de sécurité associés aux éléments alcalins sont :



1. Que se passe-t-il lorsque les alcalins sont mis en contact avec l'eau ?
2. Indiquer la position (numéro de colonne) des alcalins dans la classification périodique.
3. D'après le **document 2**, quelles sont les précautions à prendre pour manipuler ces espèces ?

**Annexe 1.b** Copie d'élève sur l'activité présentée en annexe 1.a



**Annexe 1.c** Extrait du programme de la classe de seconde de la voie générale et technologique

<p><b>Le cortège électronique de l'atome définit ses propriétés chimiques.</b></p> <p>Configuration électronique (1s, 2s, 2p, 3s, 3p) d'un atome à l'état fondamental et position dans le tableau périodique (blocs s et p).</p> <p>Électrons de valence.</p> <p>Familles chimiques.</p>	<p>Déterminer la position de l'élément dans le tableau périodique à partir de la donnée de la configuration électronique de l'atome à l'état fondamental.</p> <p>Déterminer les électrons de valence d'un atome (<math>Z \leq 18</math>) à partir de sa configuration électronique à l'état fondamental ou de sa position dans le tableau périodique.</p> <p>Associer la notion de famille chimique à l'existence de propriétés communes et identifier la famille des gaz nobles.</p>
--	---

## Annexe 2

**Annexe 2.a** Activité documentaire proposée dans le cadre de l'enseignement scientifique de la classe de première générale

Lecture zen (d'après le site Culture Sciences chimie : <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-des-materiaux/solides-cristallins/structure-eau-solideliquide-eau-deuteree>)

### 1. Introduction

L'objectif de cette expérience est de montrer l'influence de la substitution isotopique de l'hydrogène par le deutérium dans l'eau. On constate que la densité de l'eau lourde solide est plus élevée que celle de l'eau. Cette manipulation simple permet de rappeler plusieurs aspects importants de la structure usuelle de l'eau solide / liquide.

### 2. Expérience

#### 2.1. Protocole expérimental

On plonge des glaçons d'eau puis d'eau lourde dans un béccher rempli d'eau.

#### 2.2. Réalisation de l'expérience

Voir ci-dessous la séquence expérimentale provenant du site Chemical Education.



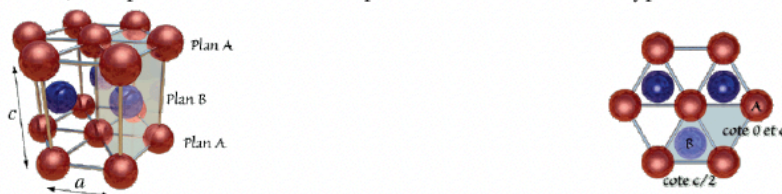
Figure 1 – À gauche, glaçons d'eau lourde ( $D_2O$ ). À droite, glaçons d'eau  $H_2O$ , dans de l'eau liquide.

### 3. Observations et interprétation

On observe que les glaçons d'eau solide flottent tandis que ceux d'eau lourde restent entre deux eaux. Cela permet d'affirmer que les densités suivent l'ordre croissant suivant :  $d(\text{eau solide}) < d(\text{eau liquide}) < d(\text{eau lourde solide})$ .

#### Problème :

Connaissant la masse molaire de l'eau ( $18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) et celle de l'eau lourde ( $20,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) ainsi que les paramètres de la maille hexagonale dans laquelle cristallise l'eau ( $a = 452 \text{ pm}$  et  $c = 739 \text{ pm}$ ) à raison de quatre molécules par maille, interpréter les observations précédentes. Préciser les hypothèses faites le cas échéant.



### Annexe 2.b Éléments de réponse

Hypothèses : on considèrera des paramètres de maille identiques pour les deux glaces.

On considèrera que les deux glaces (eau solide et eau lourde solide) sont respectivement constituées de  $H_2O$  ou  $D_2O$  uniquement.

Expression et calcul du volume de la maille :  $V = c \times a^2 \times \sin(120^\circ) = 1,31 \times 10^{-28} \text{ m}^3$

Expression et calcul de la masse de la maille d'eau solide :  $m_1 = 4 \times M(H_2O) / N_A = 4 \times 18 / 6,02 \times 10^{23} = 1,20 \times 10^{-22} \text{ g}$ .

Masse d'eau lourde solide :  $m_2 = 4 \times M(D_2O) / N_A = 4 \times 20 / 6,02 \times 10^{23} = 1,33 \times 10^{-22} \text{ g}$ .

Masse volumique de l'eau solide :  $\rho_1 = m_1 / V = 0,915 \times 10^6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$

Masse volumique de l'eau lourde solide :  $\rho_2 = m_2 / V = 1,02 \times 10^6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$

## Annexe 5

### Annexe 5.a Document support de l'activité

**Remarque importante :** il est fait référence à une vidéo dans la question I-1) ci-après. Celle-ci reprend des notions de cours de cinétique et permet une évaluation diagnostique. **Son visionnage n'est pas nécessaire pour apporter une réponse aux questions QP40 à QP43.**

#### Activité expérimentale : Suivi cinétique par spectrophotométrie

##### Objectifs :

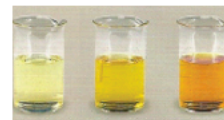
- Justifier le choix d'un capteur de suivi temporel de l'évolution d'un système.
- À partir de données expérimentales, déterminer une vitesse volumique de disparition d'un réactif, une vitesse volumique d'apparition d'un produit ou un temps de demi-réaction.
- Mettre en œuvre une méthode physique pour suivre l'évolution d'une concentration et déterminer la vitesse volumique de formation d'un produit ou de disparition d'un réactif.
- Identifier, à partir de données expérimentales, si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1.
- Capacité numérique : 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.

Étudier la cinétique consiste à s'intéresser à l'évolution temporelle d'une réaction chimique, c'est-à-dire la durée nécessaire pour que le système passe de son état initial à son état final.

Certaines réactions font intervenir des espèces colorées dont la concentration varie au cours du temps. Il est alors possible de les étudier par spectrophotométrie.

**Comment suivre cinétiquement la synthèse du diiode?**

**Comment déterminer expérimentalement si une réaction est d'ordre 1 ?**



Solutions de diiode de plus en plus concentrées.

#### Document 1 : Vitesse volumique d'apparition ou de disparition d'une espèce chimique.

Pour étudier la cinétique d'une transformation, on suit l'évolution temporelle de la concentration d'une espèce  $X_{(aq)}$ , réactif ou produit. La **vitesse volumique** (ci-contre) **d'apparition d'un produit** ou de **disparition d'un réactif** permet de mesurer la vitesse d'une réaction chimique.

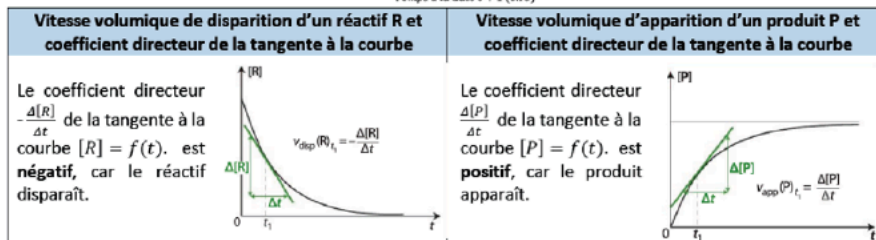
$$v_X(t) = \left| \frac{d[X]}{dt} \right|$$

Concentration molaire de l'espèce  $X_{(aq)}$  (en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )  
Vitesse volumique de disparition ou d'apparition de l'espèce  $X_{(aq)}$  (en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ )  
Temps (en s)

À une date  $t$  donnée, la **vitesse volumique d'apparition ou de disparition** est égale au **coefficient directeur de la tangente à la courbe  $[X] = f(t)$** .

$$v_X(t_i) = \frac{[X]_{t_{i+1}} - [X]_{t_i}}{t_{i+1} - t_i} = \left| \frac{\Delta[X]}{\Delta t} \right|$$

Concentration molaire de l'espèce  $X_{(aq)}$  à la date  $t+1$  (en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )  
Concentration molaire de l'espèce  $X_{(aq)}$  à la date  $t$  (en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )  
Vitesse volumique de disparition ou d'apparition de l'espèce  $X_{(aq)}$  à la date  $t$  (en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ )  
Temps à la date  $t+1$  (en s)  
Temps à la date  $t$  (en s)



**Document 2 : Loi de vitesse d'ordre 1**

On considère une réaction en solution aqueuse ayant pour équation :  $aR \rightarrow \text{produits}$ . On peut déterminer expérimentalement la loi de vitesse suivie par cette réaction.

Cette réaction chimique suit une **loi de vitesse d'ordre 1 par rapport au réactif R** si la vitesse volumique de disparition de R est proportionnelle à la concentration molaire en R :

$$v_{d,R} = k \cdot [R]$$

$v_{d,R}$  : vitesse volumique de disparition du réactif R ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$k$  : constante de vitesse ( $\text{s}^{-1}$ )

$[R]$  : concentration molaire du réactif R ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )

**I. Avant la séance**

1. Visionner la vidéo du document 1 puis tester votre compréhension avec le QCM auto-évalué disponible sur l'ENT.
2. Cette réaction est suivie par spectrophotométrie. Rappeler le principe de fonctionnement du spectrophotomètre.
3. La réaction permettant de synthétiser (= de produire) le diiode  $\text{I}_2$  fait intervenir les deux couples Ox/Red suivants :  $\text{I}_2(\text{aq})/\text{I}^-(\text{aq})$ ;  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq})/\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$   
Rappeler les définitions d'oxydant, réducteur et réaction d'oxydoréduction.  
Identifier les deux réactifs  
Établir l'équation de la réaction
4. Reproduire et compléter le tableau d'avancement suivant :

État	Avancement				
Initial	0				
En cours	$x$				
Final	$x_{\text{max}}$				

5. Écrire la loi de Beer-Lambert appliquée à cette expérience et en utilisant les notations suivantes :  $A_{470}$ ;  $\epsilon_{470}$ ;  $\ell$ ;  $[\text{I}_2]$
6. Établir la relation entre la quantité de matière  $n(\text{I}_2)$  du diiode dans la cuve à l'instant  $t$  et l'absorbance  $A_{470}$  en notant  $V$  le volume de la solution dans la cuve.

Données :  $\ell = 1,0 \text{ cm}$ ;  $V = 10,0 \text{ mL}$ ;  $\epsilon_{470} = 7,73 \times 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

**II. Expérience**

- Ouvrir le logiciel Latis-Pro.
  - Étalonner le colorimètre ( $\lambda_{\text{max}} = 470 \text{ nm}$ ) et préparer l'acquisition selon les paramètres suivants :
  - Nombre de points = 1800;  $T_0 = 500 \text{ ms}$ ;  $T_{\text{total}} = 900 \text{ s}$
  - Verser 5,0 mL d'iodure de potassium ( $\text{K}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq})$ ) à  $5,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  dans un bécher n°1.
  - Verser 5,0 mL de peroxydisulfate d'ammonium ( $2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq})$ ) à  $2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  dans un bécher n°2.
  - **Attention ! les étapes suivantes doivent être réalisées très rapidement et sans délai entre chaque.**
  - Verser le contenu d'un des deux béchers dans l'autre et homogénéiser.
  - Remplir une cuve de ce mélange, la placer dans le colorimètre et déclencher immédiatement l'acquisition.
- En attendant la fin de la transformation (un quart d'heure environ) :*
- Répondre aux questions 7 et 8.

- Ouvrir le tableur du logiciel Latis-Pro puis ajouter les variables nécessaires au tracé des courbes répertoriées ci-après.
- Tracer les courbes suivantes et reproduire leur allure (question 9) :  $A_{470} = f(t)$ ;  $[I_2] = f(t)$ ;  $v_{a,I_2} = f(t)$ ;  $n(I_2) = f(t)$ ;  $x = f(t)$
- Répondre aux questions 10 et 11.
- Ouvrir le logiciel Spyder
- Ouvrir le fichier ch6-AE.py
- Exécuter le programme.
- Répondre aux questions 12 à 15.

### III. Exploitation

7. À l'aide de vos observations du bécher contenant le mélange, décrire l'évolution de l'aspect de la solution au cours du temps.
8. Justifier le choix de la radiation incidente de longueur d'onde 470 nm.
9. Reproduire l'allure des courbes  $A_{470} = f(t)$ ,  $[I_2] = f(t)$ ,  $v_{a,I_2} = f(t)$ ;  $n(I_2) = f(t)$ ;  $x = f(t)$ .
10. Repérer sur le graphique  $x = f(t)$ , à l'aide de l'outil réticule, puis ajouter sur l'allure du graphique tracé sur votre copie :
  - L'avancement maximal  $x_{\max}$
  - La date notée  $t_{1/2}$  pour laquelle l'avancement de la transformation est égal à la moitié de l'avancement maximal. La durée  $t_{1/2}$  est appelée temps de demi-réaction.
11. Déterminer graphiquement la vitesse volumique d'apparition du diiode  $v_{a,I_2}$  à différentes dates  $t$  : 0 s, 180 s, 300 s, 600 s.
12. Décrire en quelques lignes, ce que le programme python permet de réaliser.
13. À partir des lignes 5, 7, 14 et 25, indiquer les différences entre l'expérience réalisée et celle modélisée par ce programme.
14. Expliquer ce que la ligne 56 du programme permet de réaliser.
15. Écrire la loi de vitesse d'ordre 1 associée à cette réaction pour le réactif  $S_2O_8^{2-}(\text{aq})$ .
16. À l'aide d'un des graphiques obtenus en exécutant le programme python, montrer que la réaction étudiée suit bien une loi de vitesse d'ordre 1.

### Bilan :

- Indiquer l'intérêt d'effectuer le suivi temporel d'une réaction chimique.
- Justifier le choix du spectrophotomètre pour le suivi temporel de l'évolution du système chimique étudié. Quelles autres méthodes permettent de réaliser un suivi cinétique?
- Comment vérifier si une réaction correspond à une loi de vitesse d'ordre 1?

**Annexe 5.b** Extrait du programme d'enseignement de spécialité physique-chimie en classe de terminale générale

<p><b>Suivi temporel et modélisation macroscopique</b></p> <p>Transformations lentes et rapides.</p> <p>Facteurs cinétiques : température, concentration des réactifs. Catalyse, catalyseur.</p> <p>Vitesse volumique de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit.</p> <p>Temps de demi-réaction.</p> <p>Loi de vitesse d'ordre 1.</p>	<p>Justifier le choix d'un capteur de suivi temporel de l'évolution d'un système.</p> <p>Identifier, à partir de données expérimentales, des facteurs cinétiques. Citer les propriétés d'un catalyseur et identifier un catalyseur à partir de données expérimentales.</p> <p><i>Mettre en évidence des facteurs cinétiques et l'effet d'un catalyseur.</i></p> <p>À partir de données expérimentales, déterminer une vitesse volumique de disparition d'un réactif, une vitesse volumique d'apparition d'un produit ou un temps de demi-réaction.</p> <p><i>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.</i></p> <p>Identifier, à partir de données expérimentales, si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1.</p> <p><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.</p>
---	---

**Annexe 5.c** Programme python (noté ch6-AE.py dans l'énoncé de l'activité présentée dans l'annexe 5.a)

```

1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 # Valeurs expérimentales de A et t
5 t = [0,30,60,90,120,150,180,210,240,270,300,330,360,390,420,450,480,510,540,570,600,630,660,690,720,
6 750,780,810,840,870,900,930,960]
7 A = [0.00311,0.0831,0.128,0.176,0.216,0.259,0.298,0.341,0.374,0.404,0.449,0.473,0.507,0.529,0.559,
8 0.584,0.609,0.630,0.645,0.666,0.688,0.690,0.721,0.744,0.761,0.766,0.790,0.803,0.801,0.827,0.834,
9 0.843,0.842]
10
11 # Calcul de la concentration de I2 (notée CI2) à partir des valeurs de A en mol/L
12 CI2 = []
13 for i in range (0,len(A)) :
14     CI2.append(A[i]/773)
15
16 # Tracé du graphe [I2](t)
17 plt.plot(t,CI2,"g+")
18 plt.xlabel("temps (s)", fontsize = 12)
19 plt.ylabel("[I2] (mol.L-1)", fontsize = 12)
20 plt.title("[I2] en fonction du temps", fontsize = 14)
21
22 plt.show()
23
24 # Calcul de la concentration de S2O82- (notée CS) à partir des valeurs de CI2 en mol/L
25 COS = 0.00125 # Valeur de la concentration initiale en S2O82- (notée COS) en mol/L
26 CS = []
27 for i in range (0,len(CI2)) :
28     CS.append(COS-CI2[i])
29
30
31 # Tracé du graphe [S2O82-](t)
32 plt.plot(t,CS,"r+")
33 plt.xlabel("temps (s)", fontsize = 12)
34 plt.ylabel("[S2O82-] (mol.L-1)", fontsize = 12)
35 plt.title("[S2O82-] en fonction du temps", fontsize = 14)
36

```

```

37 plt.show()
38
39 # Tracé du graphe VI2(τ)
40 VI2 = []
41 for i in range(1, len(CI2)-1) :
42     #Calcul de la vitesse volumique d'apparition de I2 (notée VI2) en mol.L-1.s-1
43     VI2.append((CI2[i+1]-CI2[i-1])/(τ[i+1]-τ[i-1]))
44
45 plt.plot(τ[1:-1],VI2,"ro")
46 plt.xlabel("temps (s)", fontsize = 12)
47 plt.ylabel("vitesse volumique d'apparition du diode (mol.L-1.s-1)", fontsize = 8)
48 plt.title("Vitesse volumique d'apparition du diode en fonction du temps", fontsize = 8)
49
50 plt.show()
51
52 # Tracé du graphe VS2082-(τ)
53 VS = []
54 for i in range(1, len(CS)-1) :
55     #Calcul de la vitesse volumique de disparition de S2082- (notée VS) en mol.L-1.s-1
56     VS.append(-(CS[i+1]-CS[i-1])/(τ[i+1]-τ[i-1]))
57
58 plt.plot(τ[1:-1],VS,"ro")
59 plt.xlabel("temps (s)", fontsize = 12)
60 plt.ylabel("vitesse volumique de disparition du S2082- (mol.L-1.s-1)", fontsize = 8)
61 plt.title("Vitesse volumique de disparition du S2082- en fonction du temps", fontsize = 8)
62
63 plt.show()
64
65 #Tracé de la vitesse volumique de disparition de S2082- (notée VS) en fonction de [S2082-]
66 plt.plot(CS[1:-1],VS,"ro")
67 plt.xlabel("[S2082-] (mol.L-1)", fontsize = 12)
68 plt.ylabel("vitesse volumique de disparition de S2082- (mol.L-1.s-1)", fontsize = 8)
69 plt.title("Vitesse volumique de disparition en fonction de la concentration
70 en S2082-", fontsize = 8)
71
72 plt.show()
73
74 # Modélisation de la courbe VS([S2082-]) par une fonction linéaire
75 model = np.polyfit(CS[1:-1],VS,1)
76
77 a = model[0]
78 VSmodel = []
79 for i in range(0, len(CS)) :
80     VSmodel.append(a*CS[i])
81
82 plt.plot(CS[1:-1],VS,"ro", label = "Points expérimentaux")
83 plt.plot(CS, VSmodel, "g--", label = "Modélisation")
84 plt.xlabel("[S2082-] (mol.L-1)", fontsize = 8)
85 plt.ylabel("vitesse volumique de disparition du S2082- (mol.L-1.s-1)", fontsize = 8)
86 plt.title("Vitesse volumique de disparition du S2082- en fonction de la concentration
87 en S2082-", fontsize = 8)
88 plt.legend()
89
90 plt.show()

```