

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

spécialité

Exercice 1 Bac 2023 Nouvelle-Calédonie Jour 2 EXERCICE I LE MIEL ET LES ABEILLES

Les abeilles sont capables de communiquer entre elles pour repérer les sources de nourriture et les sources de danger. Elles récoltent le nectar des fleurs pour le transformer en miel. Les miels vendus dans le commerce sont régulièrement analysés pour détecter d'éventuelles fraudes.

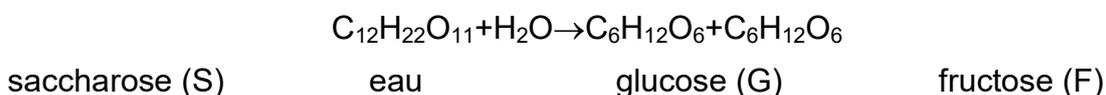
Les parties A, B et C de l'exercice sont indépendantes.

Partie A : Du nectar au miel

Les abeilles utilisent le nectar présent dans les fleurs pour fabriquer leur miel. Le nectar est aspiré par la trompe de la butineuse, puis il est emmagasiné dans son jabot où il est transformé en raison de l'absorption d'eau et de l'apport de salive riche en invertase. De retour à la ruche, la butineuse régurgite le contenu de son jabot aux ouvrières qui poursuivent la transformation dans leurs propres jabots.

Lors de cette transformation, le saccharose présent dans le nectar réagit avec l'eau pour former du glucose et du fructose qui sont les principaux constituants du miel. La molécule d'eau « casse » la molécule de saccharose en deux. On parle d'hydrolyse du saccharose. Cette transformation chimique est une transformation totale.

L'équation de la réaction d'hydrolyse est la suivante :



La température à l'intérieur de la ruche reste égale à 35 °C.

On se propose de déterminer l'ordre de la réaction d'hydrolyse du saccharose.

À température constante, à $pH = 5$ constant, on mélange du saccharose avec de l'eau (sans invertase) et on suit l'évolution de la concentration du saccharose en fonction du temps. On obtient le graphique représenté sur la **figure 1**. [S] désigne la concentration en saccharose à l'instant t :

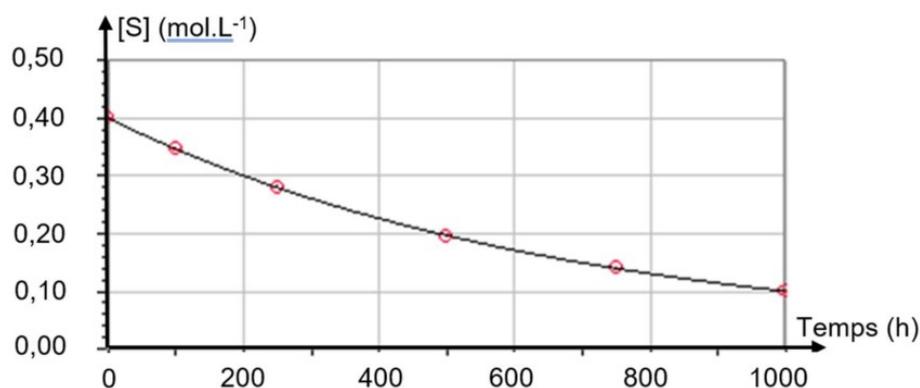


Figure 1 : Graphique représentant l'évolution de la concentration [S] en fonction du temps.

Source : dlecorgnechimie.fr

A.1. Justifier en quoi la transformation chimique peut être considérée comme lente.

- A.2.** En utilisant la **figure 1**, déterminer la concentration initiale en saccharose $[S]_0$?
- A.3.** Estimer, en expliquant la démarche, la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.
- A.4.** Définir la vitesse volumique de disparition v_{disp} du saccharose en fonction de la concentration en saccharose $[S]$.
- A.5.** Indiquer, en justifiant qualitativement, comment varie la vitesse de disparition du saccharose au cours du temps.

On fait l'hypothèse que l'hydrolyse du saccharose suit une loi de vitesse d'ordre 1. Dans ce cas, on montre que la concentration en saccharose $[S]$ vérifie la relation $\ln[S] = -k \times t + \ln[S]_0$ avec t le temps (en h), k la constante de vitesse à la température de l'expérience (en h^{-1}) et $\ln[S]_0$ le logarithme népérien de la concentration initiale en saccharose (sans unité).

Les valeurs de $\ln[S]$ ont été calculées puis modélisées par la fonction $\ln[S] = -k \times t + \ln[S]_0$ à l'aide d'un programme Python. On obtient alors le graphique représenté sur la **figure 2**.

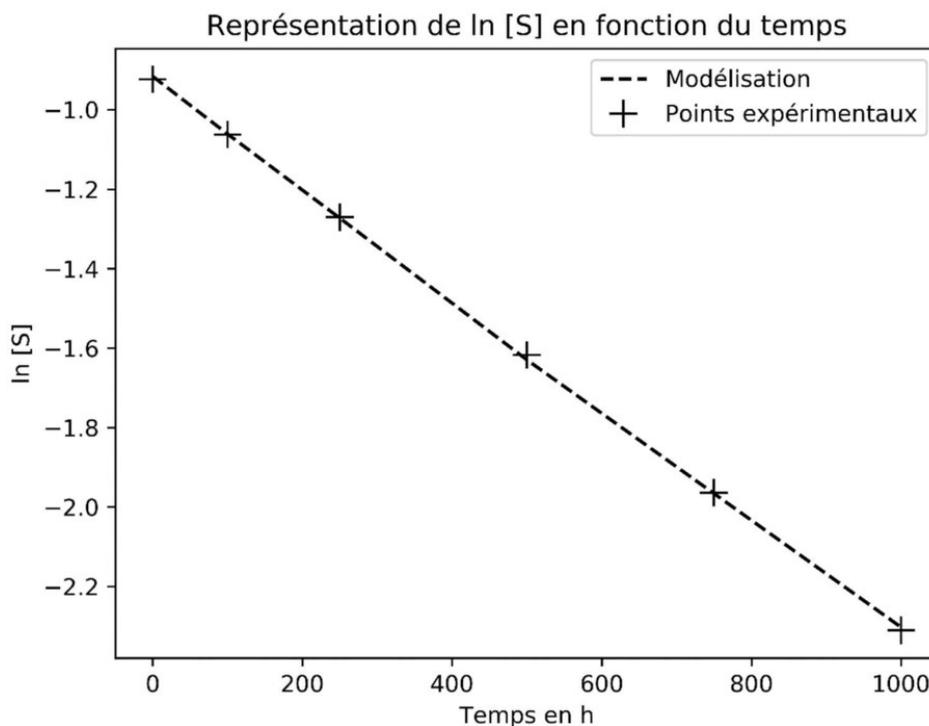


Figure 2 : Graphique représentant les données expérimentales et la modélisation

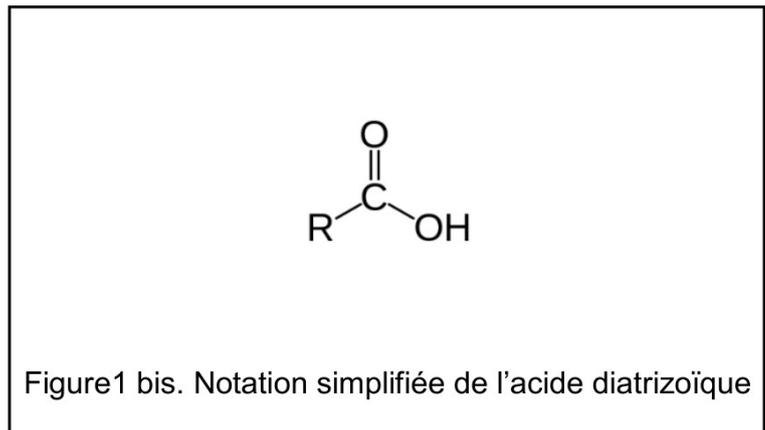
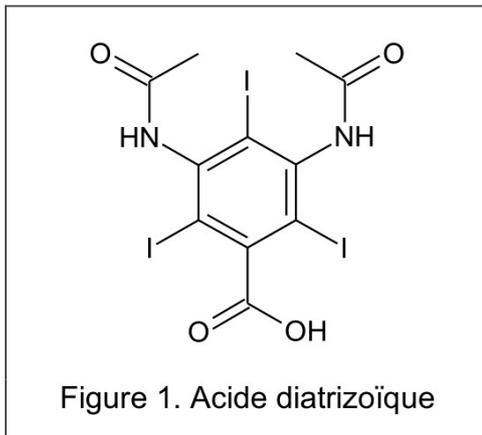
- A.6.** À partir de la modélisation représentée sur la **figure 2**, justifier que l'hypothèse de la cinétique d'ordre 1 est validée.

Exercice 2 2022 Centres étrangers 1 Jour 1 EXERCICE C – DÉGRADATION D'UN PRODUIT DE CONTRASTE (5 points)

Afin d'améliorer l'interprétation d'une radiographie, des produits de contraste peuvent être administrés aux patients avant l'examen. Ces produits de contraste, non toxiques, une fois éliminés par l'organisme du patient, ne sont pas dégradés par la majorité des stations d'épuration. Pour éviter leur accumulation dans la nature, des chercheurs ont étudié la dégradation des produits de contraste sous l'effet du rayonnement ultraviolet.

Cet exercice traitera dans sa première partie des propriétés chimiques de l'un de ces produits de contraste (l'acide diatrizoïque) puis dans une seconde partie de la cinétique de dégradation de l'acide diatrizoïque et de deux autres produits de contraste (l'acide iotalamique et l'iopamidol) par action d'un rayonnement ultraviolet.

La formule topologique de l'acide diatrizoïque est donnée à la figure 1 ci-dessous.



Données :

➤ Masses molaires atomiques :

Élément	H	C	O
M (g·mol ⁻¹)	1,00	12,0	16,0

Seconde partie : cinétique de dégradation de produits de contraste

Sous l'effet du rayonnement ultraviolet, les produits de contraste sont dégradés. On s'intéresse à la cinétique de dégradation des trois produits de contraste : l'acide diatrizoïque, l'acide iotalamique et l'iopamidol, étudiée dans un article signé par *Allard S., Criquet J. et al.*

On s'intéresse dans un premier temps à la dégradation des acides diatrizoïque et iotalamique.

La figure 2 suivante représente la variation de concentration des acides diatrizoïque et iotalamique en solution aqueuse en fonction du temps.

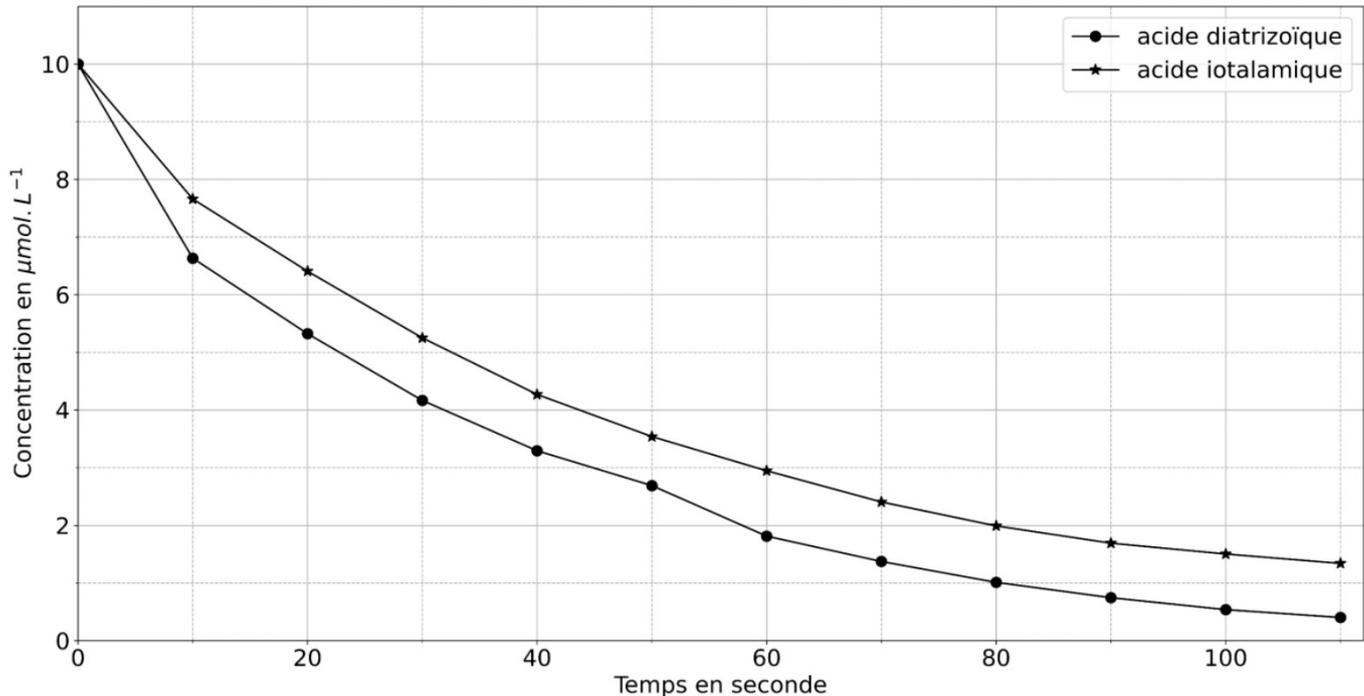


Figure 2. Cinétique de dégradation de deux produits de contraste

Source : Allard S., Criquet J. et al. Water Research. 2016

4. À l'aide de la figure 2, déterminer les valeurs des temps de demi-réaction pour les deux acides.

Identifier le produit de contraste qui se dégrade le plus rapidement.

On s'intéresse dans un second temps à la dégradation de l'iopamidol en solution aqueuse. On note $[Iop](t)$ la concentration en iopamidol à la date t .

5. Donner la définition de la vitesse volumique W de disparition de l'iopamidol en fonction de sa concentration $[Iop](t)$.

Si la cinétique de dégradation est d'ordre 1 alors la vitesse volumique de disparition de l'iopamidol peut s'écrire également : $V = k \times [Iop](t)$ où k est une constante positive.

6. En déduire que, dans ce cas, l'évolution temporelle de la concentration peut être modélisée par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d[Iop](t)}{dt} + k \times [Iop](t) = 0$$

À l'aide d'un programme Python (voir ci-dessous), les données de *Allard S., Criquet J. et al.* ont été modélisées en utilisant la solution de cette équation différentielle, qui est de la forme :

$$[Iop](t) = [Iop]_0 \times e^{-(k.t)}$$

Dans cette expression, $[Iop]_0$ est égale à $[Iop](t = 0)$, concentration en iopamidol à la date $t = 0$.

Programme Python permettant de modéliser les données :

```
import numpy as np
from scipy.optimize import curve_fit

#Données
temps = np.array([0,10,20,30,40,50,60,70,80,90,100,110])
Iopamidol = np.array([10.0,7.74,6.22,5.24,4.36,3.67,2.98,2.43,1.99,1.66,1.39,1.11])

def func(x, a, b):
    return a * np.exp(-b*x)          #modèle de notre fonction

#modélisation des données expérimentale par notre fonction
popt, pcov = curve_fit(func, temps, Iopamidol, bounds=(0, [15, 0.1]))
```

Les valeurs obtenues à l'aide du programme Python sont : $a = 9,70$ et $b = 0,020$.

7. À partir des données et de la courbe de modélisation représentée figure 3 ci-dessous, justifier que le modèle de la cinétique d'ordre 1 est validé. Relier les deux paramètres a et b du programme Python aux constantes $[Iop]_0$ et k .

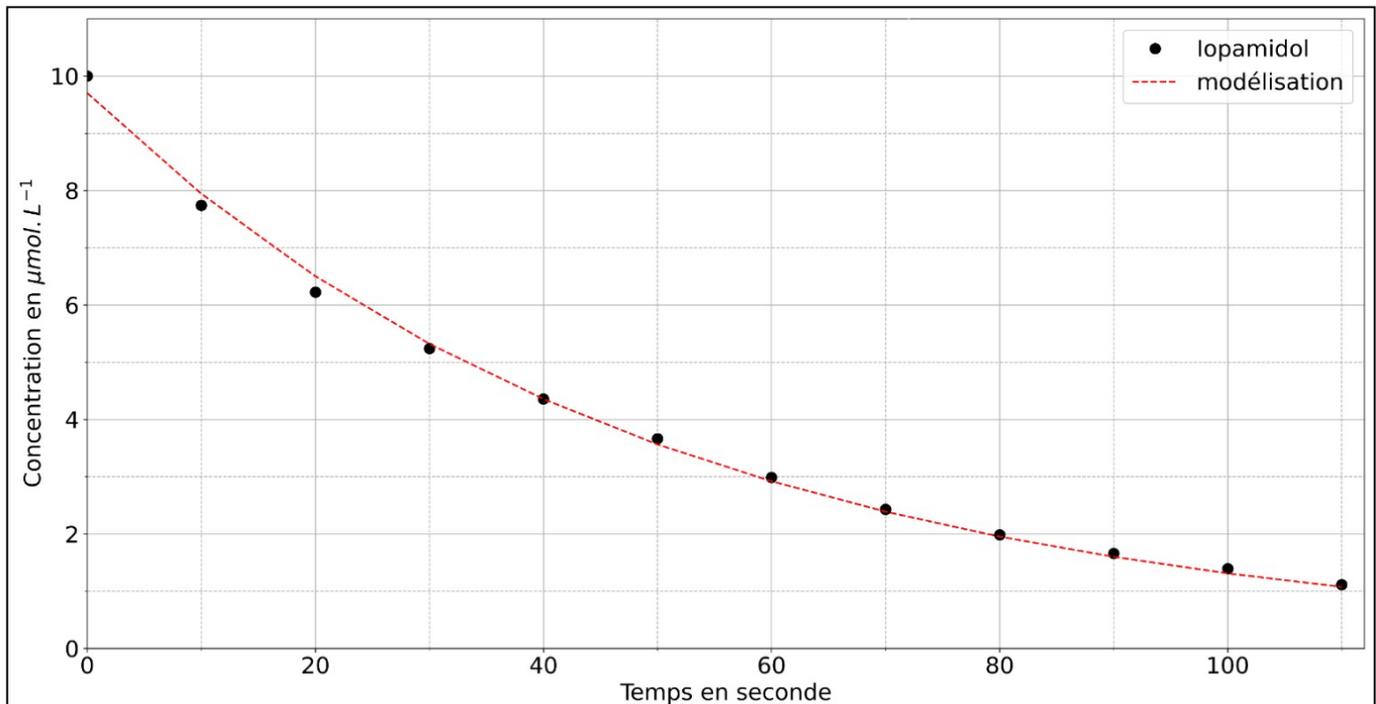


Figure 3 : Graphique représentant les données expérimentales et la modélisation pour une cinétique d'ordre 1

Un établissement de santé souhaite traiter ses eaux usées à l'aide de rayonnement ultraviolet identique à celui utilisé par les chercheurs pour limiter son rejet d'iopamidol. La valeur de la concentration initiale de ses eaux usées en iopamidol $[Iop]_0$ est de $10,0 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Il souhaite ne pas dépasser une concentration en masse de $2,0 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'eau traitée.

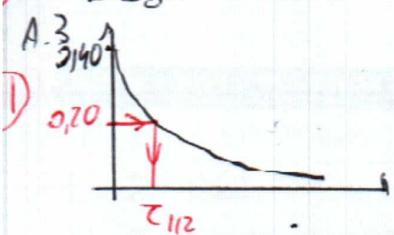
8. En précisant la méthode, déterminer la durée minimum t_m nécessaire du traitement.

Donnée : La valeur de la masse molaire de l'iopamidol est égale à $777 \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exo 1 / 17 pts

A.1. La transformation est lente car elle se déroule sur un temps long (1000h)

A.7. $[S]_0 = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$



$\tau_{1/2}$ est le temps au bout duquel la moitié du réactif limitant a été consommé.

ici $\tau_{1/2} = 500 \text{ h}$

A.4. $v = -\frac{1}{\nu} \frac{d[S]}{dt}$

$\frac{d[S]}{dt}$ représente le coefficient directeur de la tangente à la courbe v est donc maximale à l'état initial, décroît au cours du temps pour s'annuler à l'état final

A.6. ordre 1: $\ln[S] = -k \cdot t + \ln[S]_0$

graphes: la modélisation montre qu'il s'agit d'un modèle affine du type $y = ax + b$.
 y représente $\ln[S]$, x le temps t
 $a = -k$ et $b = \ln[S]_0$ ordonnées à l'origine
 le coeff. directeur
 nous retrouvons donc une loi de vitesse d'ordre 1.

Exo 2 4. Diatrizoïque: $\tau_{1/2} = 24 \text{ h}$ L'acide diatrizoïque se dégrade plus rapidement
 italamique: $\tau_{1/2} = 34 \text{ h}$

5. $v = -\frac{1}{\nu} \frac{d[\text{Iop}]}{dt}$

6. $v = k[\text{Iop}]$ donc $-\frac{d[\text{Iop}]}{dt} = k[\text{Iop}] \Leftrightarrow \frac{d[\text{Iop}]}{dt} + k[\text{Iop}] = 0$

7. La réaction est d'ordre 1 si $[\text{Iop}] = [\text{Iop}]_0 e^{-kt}$

II nous utilisons la fonction (sous python) $a \cdot e^{-bx}$
 } x correspond au temps t
 } b ——— $a \cdot k$
 } a ——— $a \cdot [\text{Iop}]_0$

nous obtenons des points expérimentaux qui correspondent au modèle d'ordre 1.
 donc $k = 0,020 \text{ s}^{-1}$

$[\text{Iop}]_0 = 9,70 \mu\text{mol.L}^{-1}$

8. on considère la constante de réaction identique $k = 0,020 \text{ s}^{-1}$
 La réaction est d'ordre 1 et vérifie $[\text{Iop}] = [\text{Iop}]_0 e^{-kt}$ (1)

III A $t = t_m$ $[\text{Iop}] = \frac{2,0 \text{ mg.L}^{-1}}{777 \text{ g.mol}^{-1}} = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

Il s'écrit $-kt_m = \ln\left(\frac{[\text{Iop}]}{[\text{Iop}]_0}\right)$

soit $t_m = \frac{1}{k} \ln\left(\frac{[\text{Iop}]_0}{[\text{Iop}]}\right)$

calcul numérique
 $t_m = \frac{1}{0,020 \text{ s}^{-1}} \ln\left(\frac{9,70}{2,6}\right)$
 $t_m = 4,1 \cdot 10^2 \text{ s}$