

Le luminol ou 5-amino-2,3-dihydrophthalazine-1,4-dione est un composé organique de formule brute  $C_8H_7N_3O_2$ . Sa réaction avec certains oxydants conduit à l'émission d'une lumière d'un éclat bleu caractéristique. On parle de chimiluminescence.

L'oxydant habituellement utilisé est l'eau oxygénée  $H_2O_2(aq)$ . On obtient alors après réaction des ions aminophthalate, du diazote et de l'eau.

Les ions aminophthalate sont dans ce cas dans un état excité. Ils vont retrouver leur état de repos en « dégageant leur surplus d'énergie » sous forme de photons, ce qui se traduit par l'émission d'une lumière bleue.

Toutefois, **cette réaction est très lente, elle se compte en mois ... Par contre, elle se produit rapidement en présence d'un composé ferrique, c'est-à-dire un composé contenant des ions fer III.**

L'hémoglobine des globules rouges du sang contient des ions fer III. Le luminol va servir à détecter des traces de sang, même infimes, diluées par lavage ou séchées.

Après avoir assombri les lieux, les techniciens de la police scientifique pulvérisent un mélange de luminol et d'eau oxygénée. Au contact des endroits où du sang est tombé, des chimiluminescences apparaissent avant de s'éteindre environ 30 secondes après. Un appareil photo mis en pose lente permet de localiser ces traces.

D'après le site : <http://la-science-rattrape-jack>.

**Données :**

- Vitesse de la lumière dans le vide :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante de Planck :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
- La loi des gaz parfaits s'écrit :  $P.V = n.R.T$
- Constante des gaz parfaits :  $R = 8,3 \text{ SI}$

**1 . La lumière émise est une lumière bleue.**

**1.1. Quelques définitions**

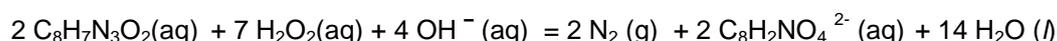
- 1.1.1. À quel domaine, mécanique ou électromagnétique, une onde lumineuse appartient-elle ?
- 1.1.2. Concernant le milieu de propagation, en quoi ces deux types d'onde se différencient-ils ?

**1.2. La longueur d'onde de l'onde émise est voisine de 400 nm.**

- 1.2.1. Quelle énergie un photon émis transporte-t-il lors de la désexcitation des ions aminophthalate ?
- 1.2.2. Cette valeur serait-elle plus élevée si la lumière émise était rouge ? Justifier.

**2 . La réaction produite est une réaction d'oxydoréduction.**

L'équation de la réaction s'écrit :



Pour illustrer cette réaction, trois solutions sont préparées :

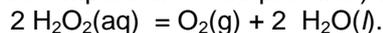
- une solution  $S_1$  avec 1g de luminol, 250 g d'hydroxyde de sodium NaOH (s) et de l'eau distillée.
- une solution  $S_2$  avec 5 g de ferricyanure de potassium  $K_3Fe(CN)_6$  (s) et 250 mL d'eau distillée.
- une solution  $S_3$  constituée de 0,5 mL d'eau oxygénée à 110 volumes.

Les solutions  $S_1$  et  $S_2$  sont mélangées dans un bécher puis la solution  $S_3$  est ajoutée. Le mélange réactionnel a un volume  $V = 350 \text{ mL}$ .

On constate qu'avant l'ajout de la solution  $S_3$ , le mélange est jaune et qu'après, des taches bleues apparaissent.

**2.1. L'eau oxygénée joue le rôle de l'oxydant. Qu'appelle-t-on oxydant ?**

- 2.2. Le titre d'une eau oxygénée exprime le volume de dioxygène (mesuré en litres dans les conditions normales de température et de pression) que peut libérer un litre d'eau oxygénée lors de la réaction de dismutation :



Ainsi, une eau oxygénée à 110 volumes a une concentration molaire  $C = 9,8 \text{ mol. L}^{-1}$ .

On veut vérifier la concentration molaire de la solution d'eau oxygénée à 110 volumes. Cette solution est diluée 10 fois. On obtient la solution  $S_R$ , de concentration molaire  $C_R$ . Un prélèvement  $V_R = 10,0 \text{ mL}$  de cette solution est dosé par une solution de permanganate de potassium acidifiée de concentration molaire  $C_O = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Les couples mis en jeu sont les suivants :  $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$  et  $\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ .

2.2.1. Ecrire l'équation de la réaction support du dosage.

2.2.2. Rappeler la définition de l'équivalence. Comment l'équivalence est-elle repérée dans ce dosage ?

2.2.3. Le volume de solution de permanganate de potassium acidifié versé à l'équivalence est  $V_E = 8,0 \text{ mL}$ . En déduire la concentration  $C_R$  de la solution diluée  $S_R$  et vérifier que la concentration de la solution d'eau oxygénée à 110 volumes est voisine de celle annoncée. (On pourra s'aider d'un tableau d'avancement).

### 3. La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée est une transformation lente.

La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée est réalisée maintenant dans une enceinte fermée. On rappelle que le mélange réactionnel a un volume  $V = 350 \text{ mL}$ .

La formation de diazote crée une surpression qui s'additionne à la pression de l'air initialement présent.

Grâce à un capteur de pression, on mesure, en fonction du temps, la valeur de la pression  $P$  à l'intérieur de l'enceinte.

Soit  $P_0$  la pression due à l'air régnant initialement dans l'enceinte,  $T = 300 \text{ K}$  la température du milieu (supposée constante durant l'expérience) et  $V_{\text{gaz}} = 2,1 \text{ L}$ , le volume de gaz contenu dans l'enceinte. Tous les gaz sont considérés comme parfaits.

#### 3.1.

3.1.1. Exprimer  $P_0$  en fonction de  $n(\text{air})$ ,  $V_{\text{gaz}}$ ,  $R$  et  $T$  si  $n(\text{air})$  est la quantité de matière d'air initialement présente dans l'enceinte. Soit  $n_{(\text{N}_2)}$  la quantité de matière de diazote formé au cours de la réaction.

3.1.2. Exprimer  $P$  en fonction de  $n_{(\text{air})}$ ,  $n_{(\text{N}_2)}$ ,  $V_{\text{gaz}}$ ,  $R$  et  $T$ .

3.1.3. En déduire l'expression de la surpression  $P - P_0$

3.2. Soit  $n_1$  et  $n_2$  les quantités initiales de matière de luminol et d'eau oxygénée. Les ions hydroxydes  $\text{HO}^-(\text{aq})$  sont introduits en excès. Compléter le tableau d'avancement simplifié donné en document 1 sur l'**annexe page 8/8 à rendre avec la copie**. Déterminer la valeur de l'avancement maximum noté  $x_{\text{max}}$ .

Dans ce tableau, la quantité de diazote **correspond exclusivement au diazote produit par la réaction**.

3.3. Etablir la relation entre  $x$  l'avancement de la réaction, la surpression  $(P - P_0)$ ,  $V_{\text{gaz}}$ ,  $R$  et  $T$ .

3.4. On mesure, dans l'état final, une surpression de  $1660 \text{ Pa}$ . Retrouver la valeur  $x_{\text{max}}$  de l'avancement maximal.

3.5. Un logiciel permet de traiter les mesures de pression  $P$  afin d'obtenir la courbe  $x = f(t)$  donnée en **document 2** sur l'**annexe page 8/8 à rendre avec la copie**. La tangente (T) à l'origine a été tracée.

3.5.1. La vitesse volumique de réaction à la date  $t$  est donnée par la relation  $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$  où  $x$  est l'avancement

de la réaction à cette date et  $V$  le volume du mélange réactionnel.

Comment évolue cette vitesse en fonction du temps ? Comment expliquer cette évolution ?

3.5.2. Définir le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  et le déterminer approximativement à partir de la courbe  $x = f(t)$ .

### 4. La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée devient rapide en présence d'un composé ferrique.

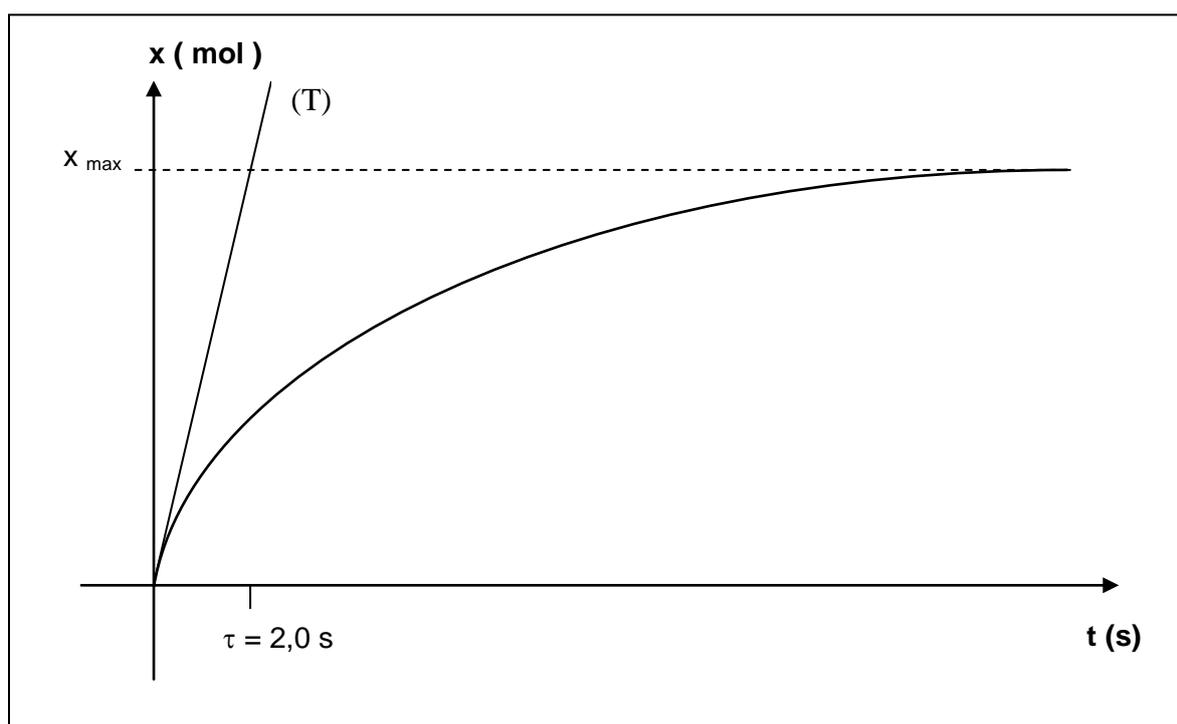
4.1. Les ions fer III jouent le rôle de catalyseur. Qu'est-ce qu'un catalyseur ?

4.2. Expliquer, en deux ou trois lignes, pourquoi cette transformation, dont la vitesse est accrue, est intéressante en criminologie.

**ANNEXE DE L'EXERCICE 1 :**

| Avancement         |                  | $2 \text{ C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2(\text{aq}) + 7 \text{ H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + \dots = 2 \text{ N}_2(\text{g}) + \dots$ |                                       |  |
|--------------------|------------------|---|---------------------------------------|--|
| Etat initial       | 0                | $n_1 = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$   | $n_2 = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ |  |
| Etat intermédiaire | x                |   |                                       |  |
| Etat final         | $x_{\text{max}}$ |   |                                       |  |

**Document 1 : Tableau d'avancement simplifié**

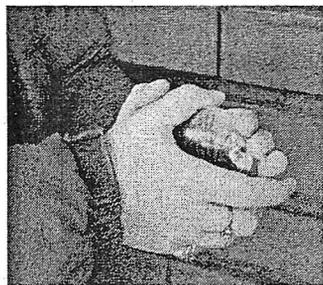


**Document 2 : Courbe  $x = f(t)$**



## EXERCICE I. LA BOUILLOTTE MAGIQUE (6,5 points)

Voici des informations recueillies sur Internet au cours d'une recherche réalisée par des élèves de première dans le cadre d'un TPE (Travail Personnel Encadré).



Les "bouillottes magiques" sont des poches en plastique qui contiennent un liquide coloré et translucide. Après avoir cliqué la petite pièce métallique à l'intérieur de la poche, la cristallisation du liquide se fait en quelques secondes avec un "dégagement de chaleur incroyable" ! La température obtenue est de l'ordre de 50°C.

Idéal lors des balades dans la neige, pour se réchauffer les mains ! Lorsque la bouillotte est devenue dure, il suffit de la mettre au bain-marie quelques minutes pour qu'elle soit de nouveau prête à être réutilisée.

Composition des bouillottes :

- poche en P.V.C ;
- contenu : eau sursaturée en acétate (ou éthanoate) de sodium, non toxique ;
- pièce métallique.

(D'après la notice)

L'objet de cet exercice est d'étudier la transformation conduisant à l'éthanoate de sodium, espèce chimique contenue dans la bouillotte, puis d'interpréter le phénomène décrit.

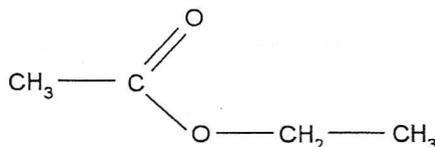
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

### 1. Étude théorique d'une synthèse de l'éthanoate de sodium

Au laboratoire du lycée, les élèves ont souhaité synthétiser l'éthanoate de sodium à partir de l'éthanoate d'éthyle à température ambiante.

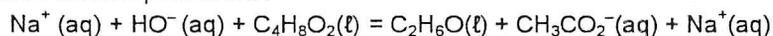
Donnée :

- l'éthanoate d'éthyle a pour formule brute  $C_4H_8O_2$  et pour formule semi-développée :



1.1. Recopier la formule semi-développée de l'éthanoate d'éthyle sur la copie puis entourer et nommer le groupe caractéristique présent dans cette molécule.

1.2. L'hydrolyse basique de l'éthanoate d'éthyle est la réaction entre l'éthanoate d'éthyle et une solution d'hydroxyde de sodium dont l'équation est :



1.2.1. Donner une formule semi-développée et le nom de l'espèce chimique de formule brute  $C_2H_6O$ .

1.2.2. Que peut-on dire de l'avancement final de cette réaction ?

### 2. Étude cinétique de la synthèse de l'éthanoate de sodium par conductimétrie

On rappelle que la conductivité  $\sigma$  d'une solution s'exprime selon la loi :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$$

dans laquelle  $[X_i]$  représente la concentration d'une espèce ionique en solution et  $\lambda_i$  la conductivité molaire ionique de cette espèce.

### Données :

- conductivités molaires ioniques à 20°C de quelques ions :

| ion  | Na <sup>+</sup>      | HO <sup>-</sup>      | CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |
|--|----------------------|----------------------|--|
| $\lambda_i$ en S.m <sup>2</sup> .mol <sup>-1</sup> | $5,0 \times 10^{-3}$ | $2,0 \times 10^{-2}$ | $4,1 \times 10^{-3}$                         |

- masse molaire moléculaire de l'éthanoate d'éthyle :  $M = 88 \text{ g.mol}^{-1}$  ;

- masse volumique de l'éthanoate d'éthyle :  $\rho = 0,90 \text{ g.mL}^{-1}$ .

Un volume  $V_0 = 200 \text{ mL}$  d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire apportée  $c_0 = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  est versé dans un grand bécher. Une agitation douce est entretenue.

À un instant choisi comme date  $t_0 = 0 \text{ min}$ , on introduit un volume  $V_1 = 1,0 \text{ mL}$  d'éthanoate d'éthyle dans le bécher. On appelle S le mélange réactionnel obtenu.

Une cellule conductimétrique plongée dans le bécher et reliée à un ordinateur permet le suivi de la conductivité  $\sigma$  du milieu réactionnel S au cours du temps.

La température de la solution reste égale à 20°C.

### 2.1. Évolution de la transformation

2.1.1. Calculer la quantité de matière initiale  $n_0$  en ions hydroxyde contenue dans le volume  $V_0$ .

2.1.2. Calculer la quantité de matière initiale  $n_1$  d'éthanoate d'éthyle contenue dans le volume  $V_1 = 1,0 \text{ mL}$ .

|                  |                         |                           |                          |
|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Aide au calcul : | $9,0 \times 8,8 = 79$ ; | $\frac{9,0}{8,8} = 1,0$ ; | $\frac{8,8}{9,0} = 0,98$ |
|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|

2.1.3. En considérant la réaction comme totale, compléter littéralement le tableau d'évolution de la transformation de la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**. On note  $x$  l'avancement de la réaction d'hydrolyse basique de l'éthanoate d'éthyle.

2.1.4. Quel est le réactif limitant ?

### 2.2. Étude conductimétrique

Le volume  $V_1$  est négligé devant le volume  $V_0$ . On note  $V$  le volume total du mélange S et on considère que  $V = V_0$ .

Dans la suite de l'exercice, la réaction d'autoprotolyse de l'eau est négligée.

2.2.1. On note  $\sigma_0$  la conductivité de la solution initiale à la date  $t_0 = 0 \text{ min}$ . Montrer que cette conductivité a pour expression :  $\sigma_0 = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{HO}^-}) \cdot c_0$

De la même façon, on peut établir (la démonstration n'est pas demandée) qu'à l'état final la conductivité  $\sigma_f$  de la solution S a alors pour expression :  $\sigma_f = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-}) \cdot c_0$

2.2.2. Expliquer qualitativement pourquoi la conductivité de la solution diminue entre la date  $t_0 = 0 \text{ min}$  et l'état final.

2.2.3. Montrer, en vous aidant du tableau d'évolution, que la conductivité  $\sigma$  de la solution S, à une date  $t$ , a pour expression :

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{x}{V} \cdot (\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} - \lambda_{\text{HO}^-})$$

### 2.3. Étude cinétique

Le suivi conductimétrique a permis le tracé de la courbe d'évolution temporelle de l'avancement  $x$  (**FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**).

2.3.1. La vitesse volumique de réaction  $v$  est définie par :

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

En précisant la méthode utilisée, décrire l'évolution de cette vitesse volumique au cours du temps.

2.3.2. Peut-on considérer qu'à la date  $t_1 = 14$  min le système a atteint son état final ? Justifier la réponse.

2.3.3. Définir puis déterminer la valeur du temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .

2.3.4. La même expérience est réalisée à nouveau en plaçant le bécher dans un bain thermostaté à  $40^\circ\text{C}$ . Soit  $t'_{1/2}$  la valeur du temps de demi-réaction correspondante, choisir la réponse correcte en justifiant le choix :

| Réponse | A                    | B                    | C                    |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|
|         | $t'_{1/2} < t_{1/2}$ | $t'_{1/2} = t_{1/2}$ | $t'_{1/2} > t_{1/2}$ |

2.3.5. Exprimer la concentration en ions hydroxyde  $[\text{HO}^-]_{1/2}$  à la date  $t_{1/2}$  en fonction de  $c_0$ .

2.3.6. Pour calculer le temps de demi-réaction, un élève du groupe de T.P.E. a construit la courbe représentative de  $\ln\left(\frac{c_0}{[\text{HO}^-]}\right) = f(t)$  et a obtenu le graphe de la FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11.

a. En analysant ce graphe, montrer que l'on peut écrire :  $\ln\left(\frac{c_0}{[\text{HO}^-]}\right) = k.t$ .

Vérifier que le coefficient  $k$  est égal à  $4,0 \times 10^{-1} \text{ min}^{-1}$  en explicitant les calculs.

b. Montrer que le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  a pour expression :  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$

c. Calculer la valeur de  $t_{1/2}$  et la comparer à celle obtenue dans la question 2.3.3.

Aide au calcul :  $\ln 2 = 0,70$

### 3. Comment interpréter le dégagement de chaleur ?

La dissolution de l'acétate de sodium ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$ ) dans l'eau est un processus endothermique : il faut de l'énergie pour rompre la structure cristalline et obtenir les ions  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  et  $\text{Na}^+$  en solution dans l'eau. À température ambiante, la solubilité de l'acétate de sodium est limitée.

Dans le cas de la bouillotte magique, on a une solution instable dans laquelle on réussit à dissoudre plus d'acétate de sodium qu'on ne peut normalement en dissoudre ; une partie doit donc précipiter. Cette précipitation ou cristallisation s'amorce à partir de perturbations de la solution ou de l'introduction de germes de cristallisation. Dès qu'une telle perturbation intervient, la cristallisation peut démarrer. Cette cristallisation, à l'inverse de la dissolution, est une réaction fortement exothermique.

*Forum sciences*

3.1. À partir des indications données ci-dessus et du texte introductif, préciser quelle est la perturbation qui provoque la cristallisation dans la bouillotte.

3.2. Écrire l'équation de la réaction de précipitation qui se produit alors dans la bouillotte.

3.3. Expliquer l'augmentation de température de la bouillotte ressentie par les utilisateurs.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

|   |                     |  |  |  |  |  |       |
|---|---------------------|--|--|--|--|--|-------|
| Équation chimique                             |                     | $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) + \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2(\ell) = \text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\ell) + \text{CH}_3\text{CO}_2^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq})$ |  |  |  |  |       |
| État du système                               | Avancement (en mol) | Quantités de matière (en mol)  |  |  |  |  |       |
| État initial                                  | 0                   | $n_0$  |  |  |  |  | $n_0$ |
| État en cours de transformation à la date $t$ | $x$                 | $n_0$  |  |  |  |  | $n_0$ |
| État final                                    | $x_f$               | $n_0$  |  |  |  |  | $n_0$ |

Figure 1. Tableau d'évolution de la synthèse de l'éthanoate de sodium

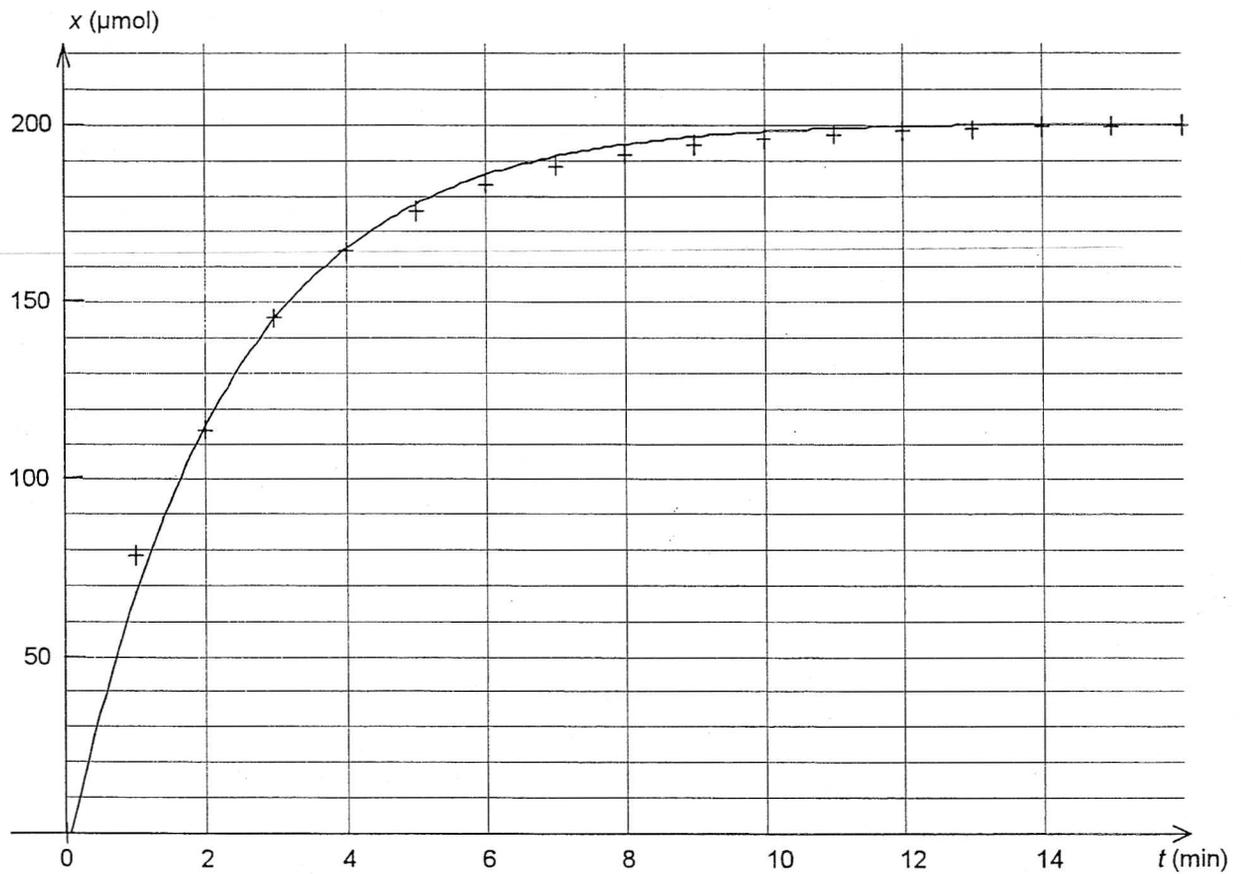
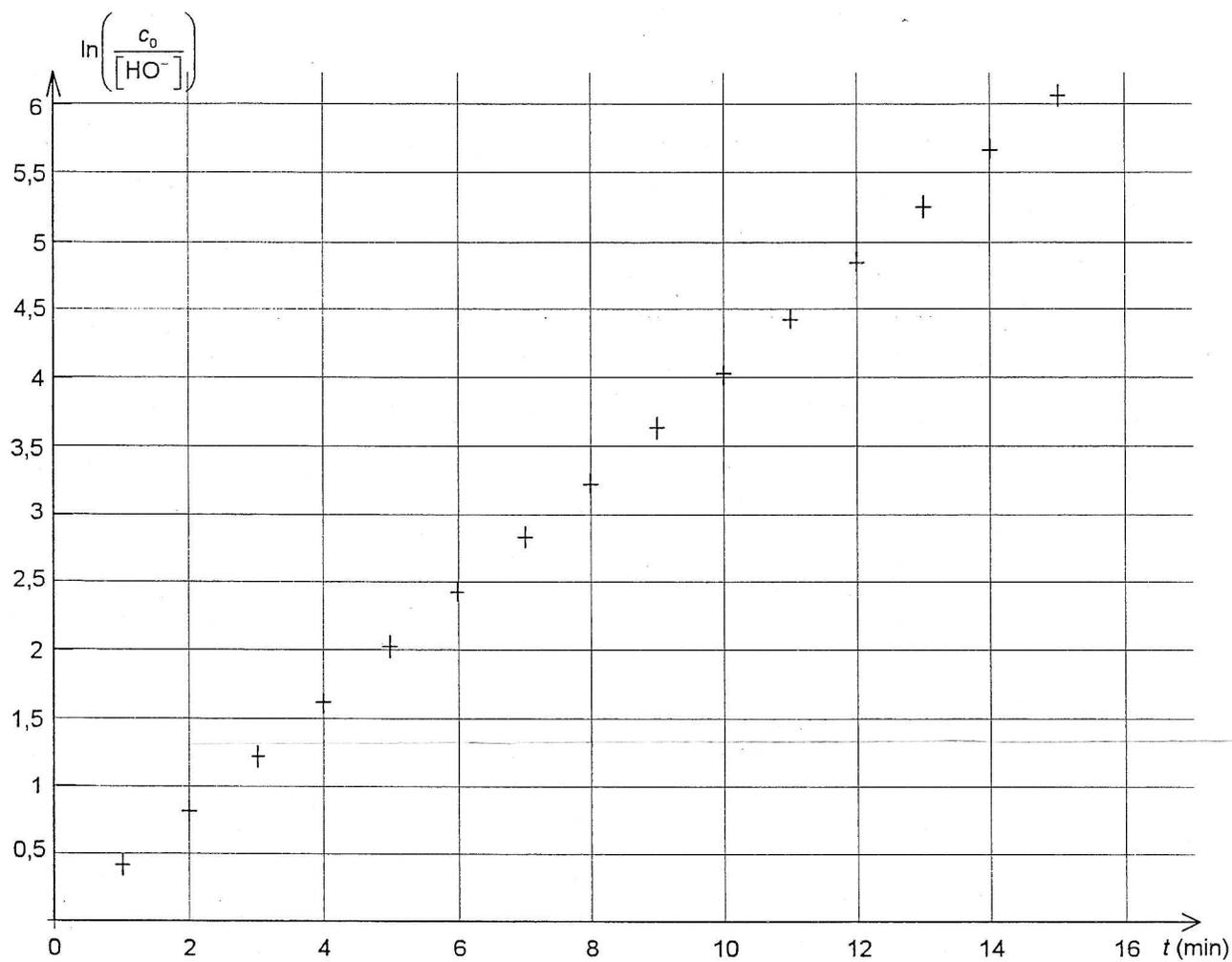


Figure 2. Courbe d'évolution temporelle de l'avancement  $x$  de la réaction

## ANNEXE DE L'EXERCICE I

Figure 3. Courbe  $\ln\left(\frac{c_0}{[HO^-]}\right) = f(t)$

## **EXERCICE 1 : Titrage avec une réaction lente (6,5 points)**

On souhaite déterminer la concentration  $C_{\text{com}}$  en peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée) contenue dans une solution commerciale.

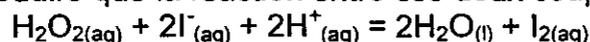
Pour cela, on se propose d'étudier la réaction entre les ions iodure  $I^-$  et le peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  en milieu acide. Cette réaction est lente et totale.

Ces deux espèces chimiques appartiennent aux couples d'oxydoréduction  $I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}$  et  $H_2O_{2(aq)} / H_2O_{(l)}$ . Parmi ces espèces, seul le diiode est coloré (jaune) en solution aqueuse. L'étude de la cinétique se fait par spectrophotométrie.

### **1. Étude de la réaction d'oxydoréduction et préparation de la solution**

1.1. Écrire les demi-équations d'oxydoréduction des deux couples étudiés.

1.2. En déduire que la réaction entre ces deux couples a pour équation :



1.3. Comment évolue la coloration de la solution au cours du temps ?

1.4. Avant de faire réagir la solution commerciale d'eau oxygénée, on souhaite la diluer d'un facteur 10. Donner les principales étapes du protocole opératoire afin de préparer  $V_2 = 50 \text{ mL}$  d'une solution d'eau oxygénée de concentration  $C_2 = \frac{C_{\text{com}}}{10}$ .

### **2. Étude d'une transformation par spectrophotométrie**

2.1. On utilise le spectrophotomètre pour réaliser la mesure de l'absorbance d'une solution aqueuse de diiode de concentration  $C_0 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . On mesure alors une absorbance  $A_0 = 0,60$ . Sachant que l'absorbance  $A$  est proportionnelle à la concentration en diiode, déterminer le coefficient de proportionnalité  $k$ .

2.2. A une date  $t = 0$ , on mélange dans un bécher une solution d'iodure de potassium de volume  $V_1 = 25 \text{ mL}$  de concentration  $C_1 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et acidifiée (les ions oxonium seront considérés en large excès) à une solution d'eau oxygénée de volume  $V_2 = 50 \text{ mL}$  et de concentration inconnue  $C_2$ . On verse alors rapidement un faible volume (négligeable devant  $V_1$  et  $V_2$ ) de ce mélange réactionnel dans une cuve qu'on introduit dans le spectrophotomètre.

2.2.1. Compléter le tableau d'avancement donné en **annexe à rendre avec la copie**.

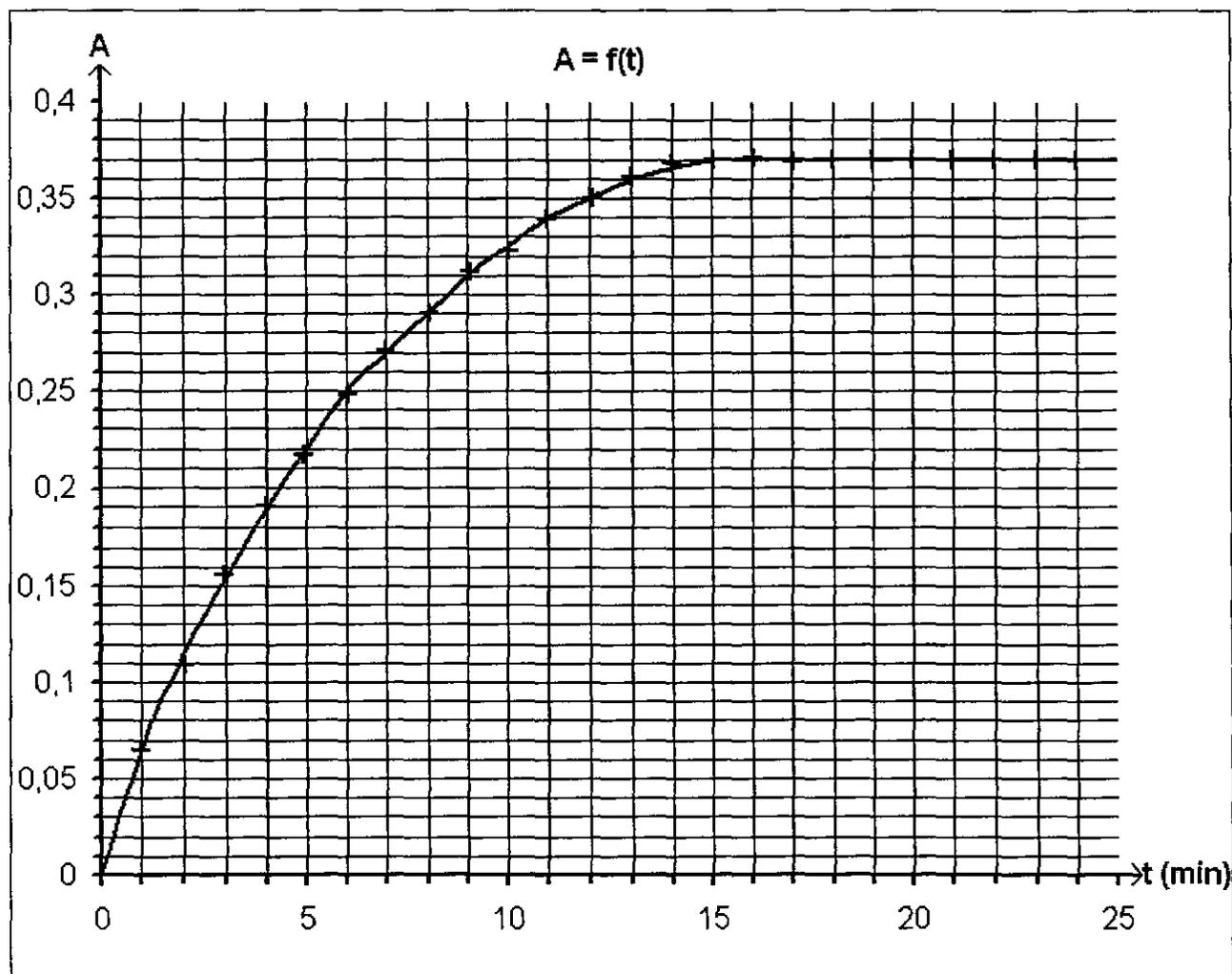
2.2.2. Quelle relation littérale existe-t-il entre l'avancement  $x$  et la concentration en diiode dans le mélange réactionnel ?

2.2.3. En déduire la relation littérale entre l'absorbance  $A$  et l'avancement  $x$  de la réaction étudiée.

2.2.4. En supposant que l'iodure de potassium est le réactif en défaut, quelle valeur numérique l'avancement devrait-il prendre lorsque le système chimique atteindra son état final ? En déduire la valeur finale de l'absorbance.

### 3. Exploitation de la courbe représentant l'absorbance au cours du temps

Le spectrophotomètre est relié à un ordinateur qui trace la courbe représentant l'absorbance au cours du temps, le résultat est le suivant :



3.1. Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction  $v$  en fonction de  $V_1$ ,  $V_2$  et  $x$ .

Montrer qu'elle peut se mettre sous la forme  $v = \frac{1}{k} \cdot \frac{dA}{dt}$ .

3.2. A partir de la courbe, dire comment évolue  $v$  au cours du temps. Interpréter cette évolution.

3.3. Expliquer pourquoi on peut considérer qu'au bout de 15 minutes, le système a atteint son état final.

3.4. Déterminer après l'avoir défini le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .

3.5. La valeur finale de l'absorbance est inférieure à la valeur trouvée à la question 2.2.4.

3.5.1. A partir de la valeur prise par l'absorbance dans l'état final, montrer que l'avancement maximal est  $x_{\max} = 4,6 \cdot 10^{-4}$  mol.  
L'hypothèse faite en 2.2.4. est-elle correcte ?

3.5.2. Déterminer la valeur de  $C_2$ , en déduire celle de  $C_{\text{com}}$ .

3.5.3. La réaction étudiée a-t-elle toutes les caractéristiques d'une réaction de titrage ? Conclure.

**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**

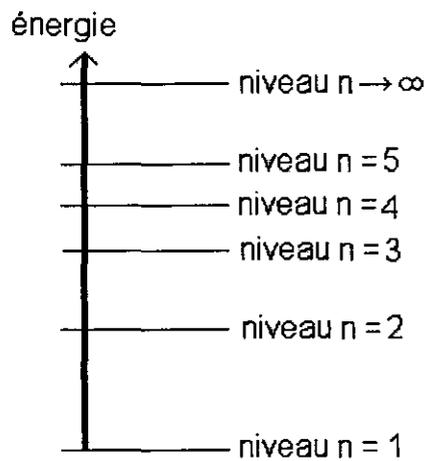
**EXERCICE 1**

**2.2.1.**

| Équation chimique               |                  | $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2\text{I}^-_{(\text{aq})} + 2\text{H}^+_{(\text{aq})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{I}_{2(\text{aq})}$ |  |  |  |  |
|---------------------------------|------------------|--|--|--|--|--|
| État du système                 | Avancement (mol) | Quantités de matière (mol)   |  |  |  |  |
| État initial                    | 0                |  |  |  |  |  |
| État en cours de transformation | x                |  |  |  |  |  |
| État final                      | $x_{\text{max}}$ |  |  |  |  |  |

**EXERCICE 2**

**1.3.**



**3.3.**

