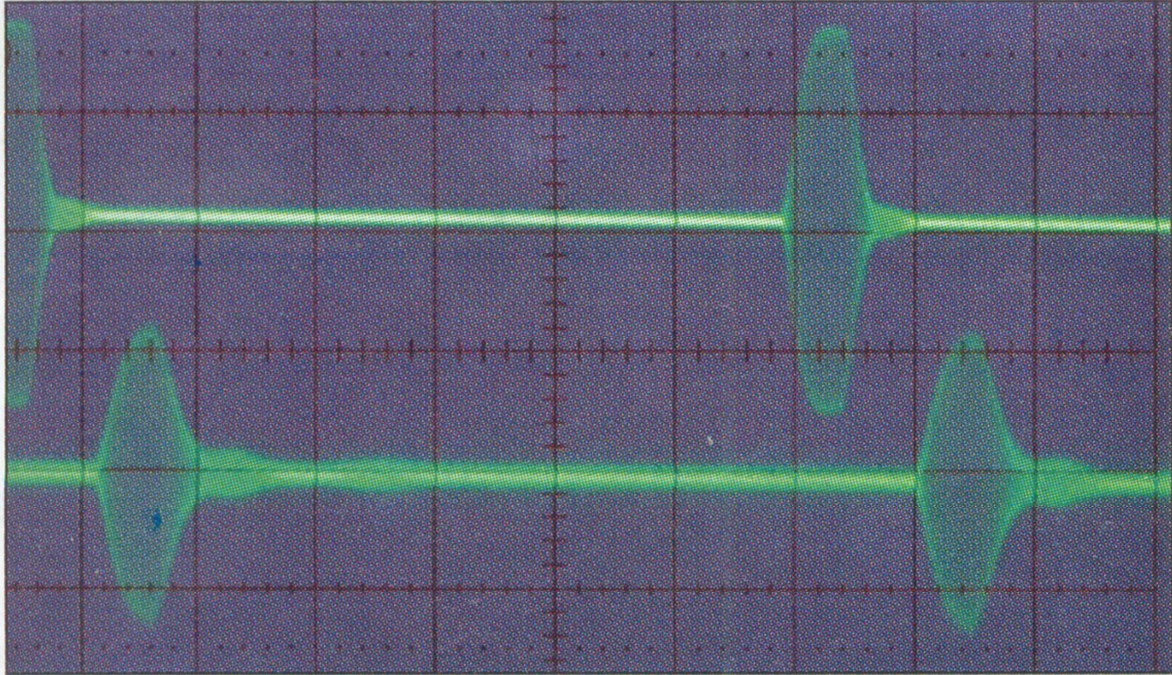


Exercice n°1 (3 points)



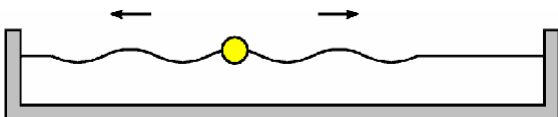
Deux récepteurs d'ultrasons R_1 et R_2 sont placés en face d'un émetteur E de salves ultrasonores. Chacun des récepteurs R_1 et R_2 est branché sur l'une des entrées de l'oscilloscope (voie A et voie B, respectivement).

Le récepteur R_2 , le plus éloigné de l'émetteur, étant situé sur la droite passant par E et R_1 à une distance de 77 cm de R_1 , on obtient l'oscillogramme ci-dessus. La base de temps est réglée sur 2 ms / DIV.

1) Quel signal, sur l'écran, représente ce que reçoit R_1 ? ce que reçoit R_2 ? Justifier. **(0,5 pt)**

- 2) En soignant la rédaction, calculer une estimation de la vitesse des ultrasons dans l'air. **(1,5 pts)**
- 3) a) Définir ce qu'est une onde mécanique longitudinale, ce qu'est une onde mécanique transversale. **(0,5 pt)**
b) À lequel de ces deux types d'ondes les ondes sonores appartiennent-elles ? **(0,5 pt)**

Exercice n°2 (5 points)



Voici l'extrait d'un article vantant les mérites de la « boule à vagues », dispositif dont le rôle est de créer des vagues dans un bassin, une piscine...

« D'une légère ondulation aux vagues puissantes de la haute mer, la Boule à Vagues donne vie à l'eau de votre piscine.

En produisant différents types de vagues, la boule anime tous les objets flottant à la surface de l'eau et procure aux nageurs une sensation de liberté.

Sans modification de la structure de votre bassin, la Boule à Vagues métamorphose votre piscine en un merveilleux parc aquatique pour petits et grands. (...)

Chaque vague est caractérisée par (...) sa longueur d'onde (distance entre deux crêtes) et sa fréquence (vitesse d'oscillation).

Embarqués au cœur de la boule qui à la fois crée et suit la vague, les capteurs mesurent ces paramètres à tout moment et les transmettent à l'équipement de contrôle. Celui-ci est géré par un programme informatique

paramétré lors de l'installation, en fonction de vos préférences personnelles. »

Source de l'article : <http://www.wowcompany.com>

La Boule à vagues est installée dans une grande piscine. On considère les courbes 1 et 2, page suivante.

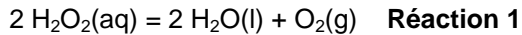
La courbe 1 reproduit les variations de la hauteur d'eau h en un point O d'un bassin en fonction du temps. La deuxième courbe donne, à un instant t_1 , les variations de cette même hauteur h en fonction de la position par rapport au point O.

- 1) Donner une définition de la longueur d'onde. **(1 pt)**
- 2) Obtenir les valeurs de la longueur d'onde et de la fréquence de l'onde, à l'aide des courbes fournies. **(1,5 pt)**
- 3) Calculer la célérité de l'onde. **(1 pt)**
- 4) Combien de temps après l'instant t_1 un point A situé à 5,0 m de O sera-t-il en haut de la vague ? Justifier. **(1,5 pt)**

Exercice n°3 (11 points)

L'eau oxygénée commerciale est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène utilisée comme désinfectant pour des plaies, pour l'entretien des lentilles de contact ou comme agent de blanchiment.

Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) intervient dans deux couples oxydant-réducteur : $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ et $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$. Le peroxyde d'hydrogène est capable dans certaines conditions de réagir sur lui-même c'est à dire de se dismuter selon l'équation de réaction suivante :



La partie 3 est indépendante des parties 1 et 2.

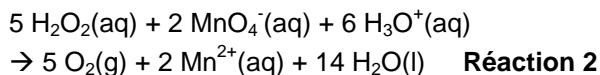
Partie 1 : Étude de la réaction de dismutation

- 1) Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction des deux couples auxquels le peroxyde d'hydrogène appartient. (1 pt)
- 2) Compléter le tableau d'évolution du système en annexe à remettre avec la copie. (0,5 pt)

Partie 2 : Détermination de la concentration initiale de la solution de peroxyde d'hydrogène

L'eau oxygénée du commerce se présente en flacons opaques afin d'éviter que la lumière favorise la transformation chimique précédente. Le flacon utilisé dans cette étude porte la mention suivante : eau oxygénée à 10 volumes. Cela signifie que la concentration en peroxyde d'hydrogène de cette solution devrait être égale à $8,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

- 1) Pour vérifier la valeur de la concentration précédente, on réalise le titrage d'un volume $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ de cette solution par une solution de permanganate de potassium acidifiée de concentration en soluté $C_1 = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Les couples oxydant-réducteur intervenant au cours du titrage sont $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ et $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$. Le volume de solution de permanganate de potassium versé pour obtenir l'équivalence est $V_{\text{eq}} = 14,6 \text{ mL}$. L'équation de la réaction de titrage est la suivante :



- a) L'ion permanganate $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ donne une coloration violette aux solutions aqueuses qui le contiennent. Comment l'équivalence est-elle repérée au cours du titrage ? (0,5 pt)
- b) Quelle relation peut-on écrire entre la quantité initiale de peroxyde d'hydrogène se trouvant dans le bécher $n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$ et la quantité d'ions permanganate introduits dans le bécher à l'équivalence $n_{\text{eq}}(\text{MnO}_4^-)$? (0,75 pt)
- c) Donner l'expression de la concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution commerciale $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}}$ en fonction de C_1 , V_0 et V_{eq} . (0,75 pt)
- d) Montrer que l'on a :
 $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} = 7,3 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. (1 pt)
- e) Comparer à la valeur attendue (calculer l'erreur relative en %). Les erreurs de manipulation mises

à part, comment peut-on expliquer l'écart de concentration obtenu ? (1,5 pt)

Partie 3 : Étude cinétique de la dismutation du peroxyde d'hydrogène

La dismutation du peroxyde d'hydrogène est une réaction lente mais qui peut être accélérée en utilisant par exemple des ions fer III ($\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$) présents dans une solution de chlorure de fer III. L'équation de la réaction associée à cette transformation est donnée au début de l'énoncé (réaction 1).

On mélange 10,0 mL de la solution commerciale d'eau oxygénée avec 85 mL d'eau. À l'instant $t = 0 \text{ s}$, on introduit dans le système 5 mL d'une solution de chlorure de fer III.

Au bout d'un temps déterminé, on prélève 10,0 mL du mélange réactionnel que l'on verse dans un bécher d'eau glacée. On titre alors le contenu du bécher par une solution de permanganate de potassium afin de déterminer la concentration en peroxyde d'hydrogène se trouvant dans le milieu réactionnel.

On obtient les résultats suivants :

t (min)	0,0	5,0	10,0
$[\text{H}_2\text{O}_2]$ (mol.L ⁻¹)	$7,30 \times 10^{-2}$	$5,25 \times 10^{-2}$	$4,20 \times 10^{-2}$
t (min)	20,0	30,0	35,0
$[\text{H}_2\text{O}_2]$ (mol.L ⁻¹)	$2,35 \times 10^{-2}$	$1,21 \times 10^{-2}$	$0,90 \times 10^{-2}$

On démontre (il n'est pas demandé de le faire !) que

l'avancement volumique $\frac{x(t)}{V}$ est ici égal à

$$\frac{x(t)}{V} = \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_0 - [\text{H}_2\text{O}_2]_t}{2}, \text{ où } [\text{H}_2\text{O}_2]_t \text{ est la concentration}$$

en peroxyde d'hydrogène à un instant t, et $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 7,30 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ la concentration en peroxyde d'hydrogène à l'instant $t = 0$.

- 1) Tracer sur une feuille de papier millimétré, à remettre avec la copie, l'évolution de l'avancement volumique $\frac{x(t)}{V}$ en fonction du temps (c'est une fonction croissante). (2 pts)

La vitesse volumique v de la transformation chimique est définie par la dérivée de l'avancement volumique au

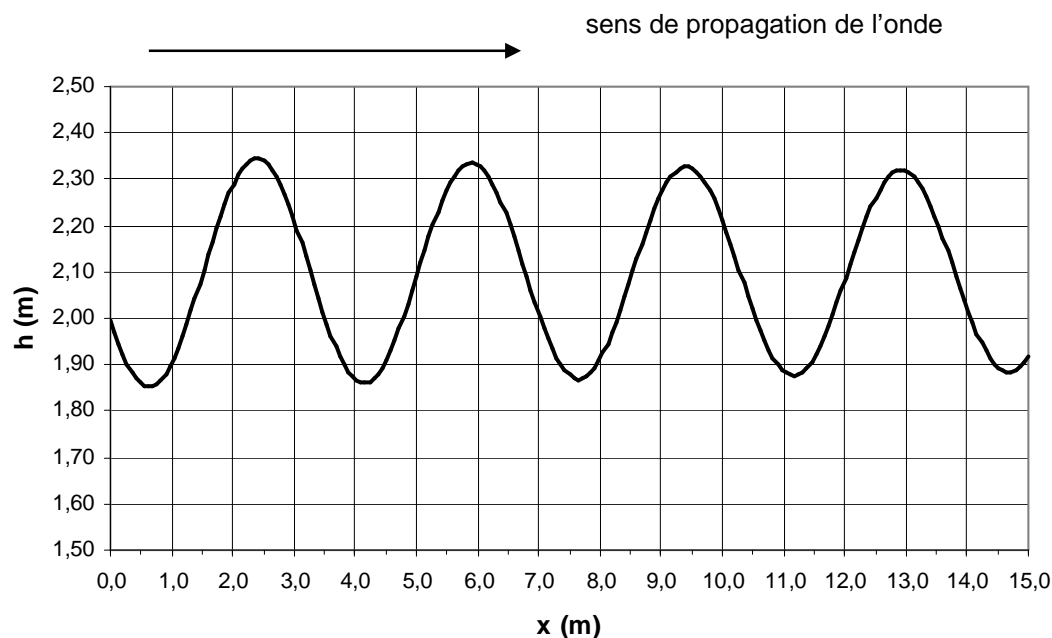
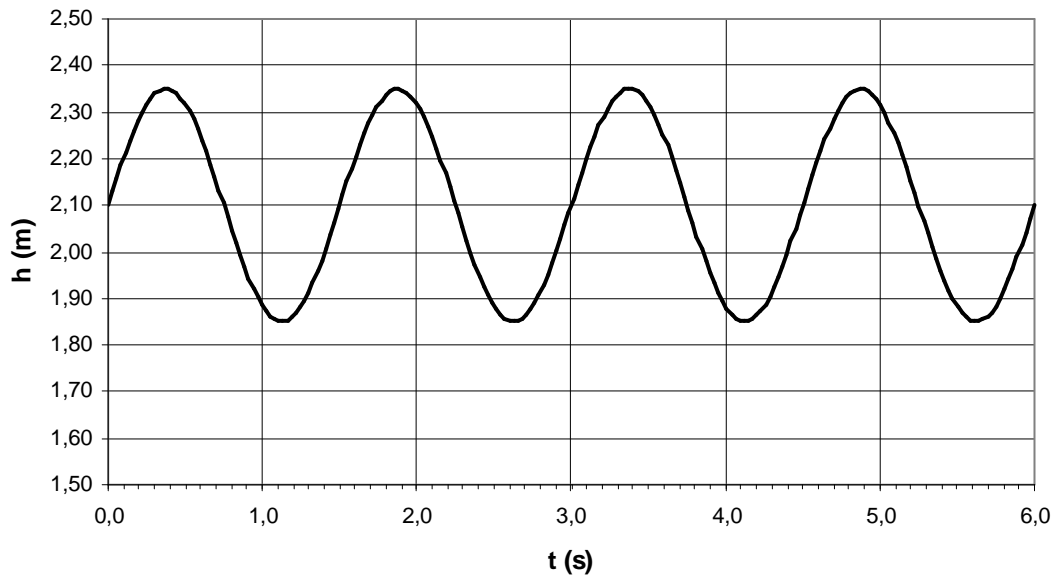
$$\text{cours du temps : } v = \left(\frac{x}{V} \right)'(t).$$

- 2) En s'aidant de cette relation et de la courbe, indiquer comment évolue la vitesse de la transformation chimique au cours du temps. Expliquer le raisonnement. (1 pt)
- 3) Comment peut-on expliquer que la vitesse évolue de cette manière au cours de la transformation ? (0,5 pt)
- 4) Calculer la vitesse de la réaction à $t = 20 \text{ min}$. (1,5 pt)

NOM, PRÉNOM : _____

Annexe À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 2

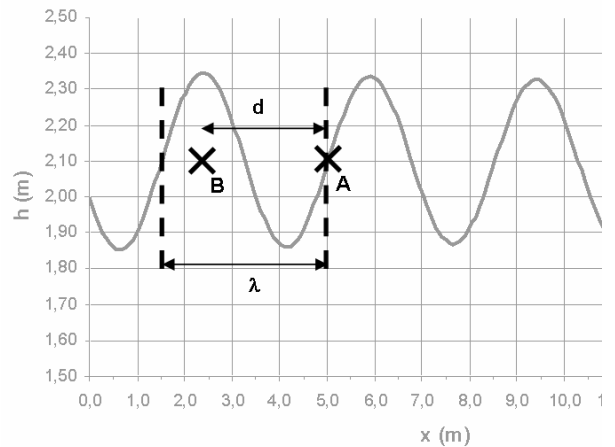


Exercice 3

Équation chimique		$2 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} = 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{O}_{2(\text{g})}$		
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)		
État initial	$x = 0$	$n_0 (\text{H}_2\text{O}_2)$		$n_0 (\text{O}_2) = 0$
État en cours de transformation	$x(t)$			
État final	x_{max}			

Exercice n° 1

- 1) Sur l'écran, le signal du haut représente celui reçu par R_1 . En effet, il est en avance sur celui du bas, tout comme R_1 reçoit un signal sonore en avance par rapport à R_2 .
- 2) R_2 reçoit le signal avec un retard de 1,1 division.
 $\tau = 1,1 \times 2 \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
 Ce retard correspond à la durée que met le son pour parcourir la distance $d = 0,77 \text{ m}$. La célérité du son est donc $c = \frac{d}{\tau} = \frac{0,77}{2,2 \cdot 10^{-3}} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$
- 3) a) Une onde mécanique est longitudinale quand la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation. Une onde mécanique est transversale quand la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.
 b) Les ondes sonores appartiennent à la catégorie des ondes mécaniques longitudinales.



La durée τ correspond au temps que met l'onde pour parcourir la distance d : on a $\tau = \frac{d}{c}$.

$$\text{Donc } \tau = \frac{\frac{3}{4} \times \lambda}{c} = \frac{3 \times \lambda}{4 \times c}$$

$$\text{A.N. : } \tau = \frac{3 \times 3,50}{4 \times 2,33} = 1,1 \text{ s.}$$

Exercice n° 2

- 1) La longueur d'onde λ est la plus petite distance au bout de laquelle l'onde, à un instant donné, dans l'espace, se répète identiquement (c'est l'une des deux définitions vues en classe, l'autre étant « la distance parcourue par l'onde pendant une période de temps »).
- 2) Ici, on mesure sur la deuxième courbe,
 $3 \lambda = 10,50 \text{ m}$, c'est-à-dire $\lambda = \frac{10,50}{3} = 3,50 \text{ m}$.
 La fréquence f est égale à l'inverse de la période T , laquelle représente la durée d'une oscillation en un endroit donné.
 On mesure sur la première courbe, $3 T = 4,50 \text{ s}$.
 On a donc $f = \frac{1}{T} = \frac{3}{4,50} = 0,667 \text{ Hz}$.
- 3) La célérité c de l'onde est égale à la distance parcourue par l'onde pendant une unité de temps. Puisque l'onde parcourt une distance λ pendant la durée T , on a $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f$.
 A.N. : $c = 3,50 \times 0,667 = 2,33 \text{ m.s}^{-1}$.
- 4) Soit τ la durée, après l'instant t_1 , au bout de laquelle le point A sera en haut de la vague.
 A $t = t_1$, le point A se situe à une distance d du point B, qui correspond au sommet de la vague qui va l'atteindre en premier. On observe que l'on a $d = \frac{3}{4} \lambda$.

Exercice n°3

Partie 1

- 1) Couple $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$:
 $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+(\text{aq}) = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 Couple $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$:
 $\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$
- 2) Voir le tableau ci-après :

équation chimique		$2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	=	$2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+	$\text{O}_2(\text{g})$
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)				
État initial	$x = 0$	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$				$n_0(\text{O}_2) = 0$
Etat en cours de transformation	$x(t)$	$n_1(\text{H}_2\text{O}_2) = n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x(t)$				$n(\text{O}_2) = x$
État final	x_{max}	$n(\text{H}_2\text{O}_2) = n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x_{\text{max}}$				$n(\text{O}_2) = x_{\text{max}}$

Partie 2

- 1) a) Avant l'équivalence, MnO_4^- est le réactif limitant, la solution est incolore. À l'équivalence, il y a changement de réactif limitant. Juste au-delà de l'équivalence, les ions permanganate constituent le réactif en excès. Ils donnent une coloration violette au milieu réactionnel, ce qui permet de repérer l'équivalence.
- b) À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, soit d'après l'équation chimique : $\frac{n_0(\text{H}_2\text{O}_2)}{5} = \frac{n_{\text{eq}}(\text{MnO}_4^-)}{2}$.
- c) De la relation précédente, nous déduisons : $\frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} \times V_0}{5} = \frac{C_1 \times V_{\text{eq}}}{2}$, c'est-à-dire $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} = \frac{5 \times C_1 \times V_{\text{eq}}}{2 \times V_0}$.
- d) $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} = \frac{5 \times 2,0 \times 10^{-1} \times 14,6 \times 10^{-3}}{2 \times 10,0 \times 10^{-3}}$
 $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} = 7,3 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.
- e) La valeur attendue est, d'après l'énoncé, égale à $8,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. L'écart relatif entre ces deux valeurs est de $\frac{|7,3 \times 10^{-1} - 8,0 \times 10^{-1}|}{8,0 \times 10^{-1}} \times 100 = 8,8 \%$

On peut penser qu'une partie du peroxyde d'hydrogène a réagi sur lui-même avant que l'on procède au titrage. Cette réaction est lente à température ordinaire, mais elle peut expliquer que l'on obtienne une concentration expérimentale inférieure à la concentration théorique.

Partie 3

- 1) Voir courbe page suivante.
- 2) $v = \left(\frac{x}{V}\right)'(t)$ représente le coefficient directeur de la tangente à la courbe. À la date $t = 0 \text{ min}$, ce coefficient directeur est le plus fort, car la tangente est la plus inclinée. Puis l'inclinaison de la tangente diminue, ainsi que son coefficient directeur ; ainsi la vitesse volumique diminue par la suite. Elle tend vers 0, puisque la tangente à la courbe se rapproche d'une droite horizontale (de coefficient directeur nul).
- 3) La concentration en réactifs est un facteur cinétique. Au début, la concentration en peroxyde d'hydrogène est élevée, la vitesse volumique de la transformation est grande. Au fur et à mesure de la consommation du peroxyde d'hydrogène, sa concentration diminue et donc la vitesse diminue.
- 4) Nous traçons la tangente à la courbe en $t = 20 \text{ min}$. Cette droite passe par les points A(0,0 min ; $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$) et B(34,0 min ; $3,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$). Son coefficient directeur est donc égal à $\frac{3,5 \times 10^{-2} - 1,0 \times 10^{-2}}{34,0 - 0,0} = 7,4 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$
 ou bien $\frac{3,5 \times 10^{-2} - 1,0 \times 10^{-2}}{(34,0 - 0,0) \times 60} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$.

