

Nom et Prénom :

Exercice 1 : Analyse d'un rein à l'aide d'une échographie (5,25 points)

L'échographie est une technique médicale permettant de détecter la présence de calculs rénaux en utilisant une sonde à ultrasons. Les sondes ultrasonores sont des céramiques piézoélectriques fonctionnant successivement en émission et en réception.

1. Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air.

1.1. Les ultrasons sont des ondes :

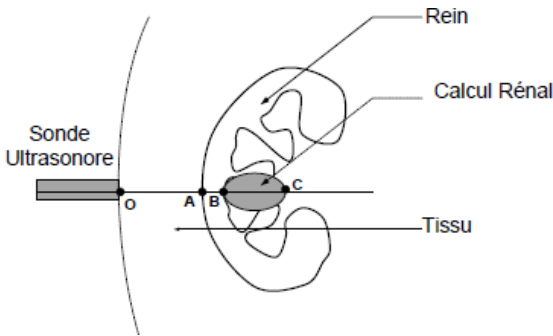
- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> longitudinales | <input type="checkbox"/> électromagnétiques | <input type="checkbox"/> déplaçant de la matière |
| <input type="checkbox"/> transversales | <input type="checkbox"/> mécaniques | <input type="checkbox"/> déplaçant de l'énergie |

0,75

1.2. Quelle est la fréquence minimale des ultrasons ?

0,25

2. Propagation d'une onde ultrasonore dans les tissus.



La vitesse de propagation des ultrasons est :

dans le tissu $v_{\text{tissu}} = 1400 \text{ m.s}^{-1}$,

dans le rein $v_{\text{rein}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$

dans le calcul rénal $v_{\text{calcul}} = 1540 \text{ m.s}^{-1}$

On suppose que dans le tissu, le rein ou le calcul, la vitesse de l'onde ultrasonore est indépendante de la fréquence.

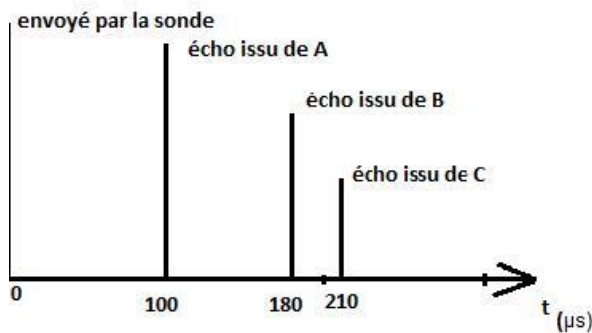
2.1. a/ Donner la définition de la longueur d'onde des ultrasons.

1

b/ Donner l'expression puis calculer la longueur d'onde des ultrasons dans le rein pour une fréquence de $f_1 = 3.5 \text{ MHz}$.

0,75

Une onde ultrasonore incidente est émise à l'instant $t=0$ au point O. Ci-dessous, l'enregistrement des échos renvoyés par les surfaces de séparation des différents milieux : sur le rein en A, sur le calcul rénal en B puis en C.



2.2. Calculer la distance OA entre la surface de la peau et la surface du rein ?

1

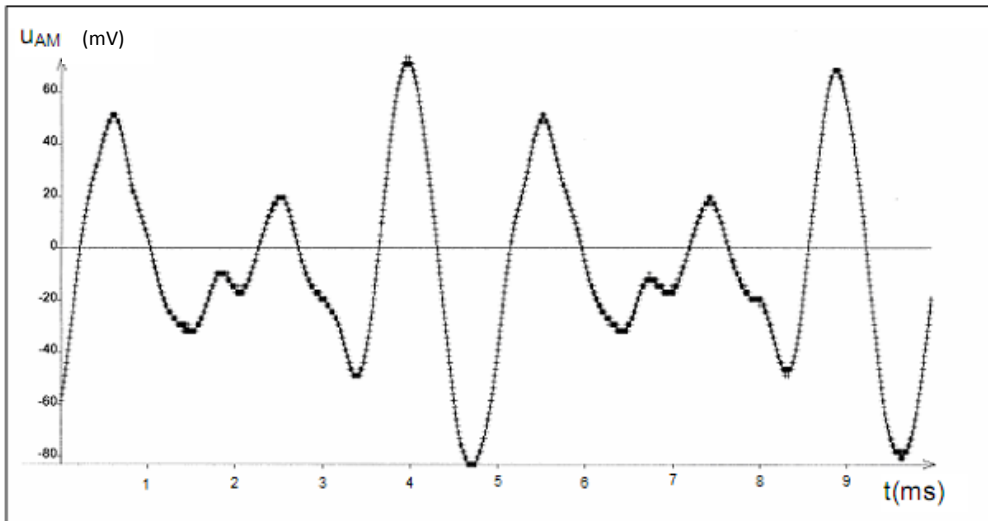
2.3. Calculer la longueur BC du calcul rénal.

1,5

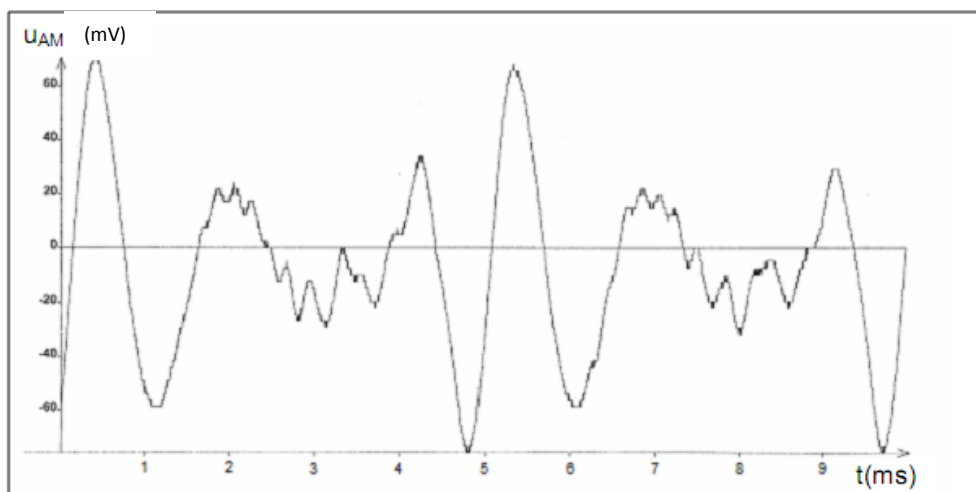
Exercice 2 : L'enregistrement en studio d'un groupe de musique (6,5 points)

Un groupe de musique composé d'un chanteur, de deux guitaristes, d'un violoniste, d'un bassiste et d'un batteur se prépare à un enregistrement en studio. Lors de la « balance » (moment préalable à un enregistrement ou à un concert) l'ingénieur du son réalise séparément pour chaque instrument des enregistrements à l'aide de micros reliés à un système informatisé.

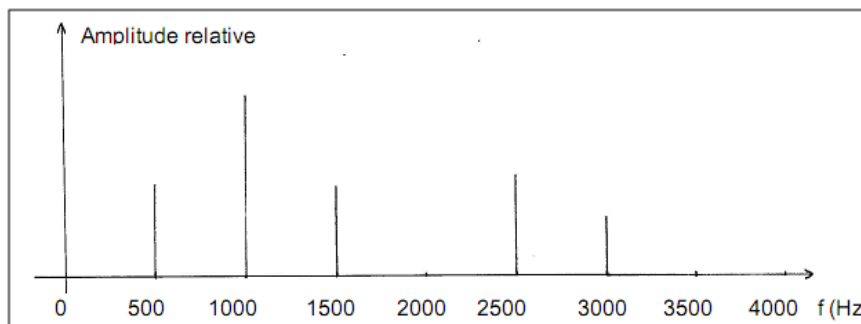
La tension électrique notée U_{AM} en mV, détectée au niveau de l'interface informatique, est proportionnelle à la pression acoustique du son ou encore à l'intensité sonore. Cette tension en fonction du temps est représentée ci-dessous.



Document 1 : enregistrement numérique d'un son de la guitare.



Document 2 : enregistrement numérique d'un son de la basse.



Document 3 : spectres de fréquences d'un son de violon.

1. Etude des sons

1.1. Les sons joués par les trois instruments sont-ils des sons purs ou des sons complexes ? Justifier.

1,5

1.2. Définir la hauteur d'un son. Déterminer la hauteur de son joué par la guitare et par la basse.

1,5

1.3. Le son joué par le violon est-il plus aigu ou plus grave que celui de la guitare ?

1

1.4. La guitare et la basse ont-elles le même timbre ? Justifier.

0,5

2. Niveau sonore des instruments

2.1. Donner la relation mathématique existant entre le niveau sonore L et l'intensité sonore I d'un instrument.

0,5

2.2. La première guitare joue un premier thème. On enregistre son niveau sonore moyen L_{1G} qui est de 61 dB. La deuxième guitare se joint à la première pour jouer à l'unisson (c'est à dire strictement le même enchaînement de notes) mais avec un niveau sonore L_{2G} qui est de 59 dB.

Quel niveau sonore moyen noté L_{moyen} mesure-t-on lors de la prise de son lorsque les deux guitares jouent simultanément, sachant que l'intensité sonore totale est la somme des intensités sonores des deux instruments ?

1,5

Donnée : seuil d'audibilité $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Exercice 3 : Suivi d'une réaction lente (8,5 points)

On étudie la réaction d'oxydation de l'acide oxalique HOOC-COOH (solution incolore) par l'ion permanganate MnO_4^- en milieu acide (solution de couleur violette). Le suivi de la réaction est réalisé par un enregistrement spectrophotométrique.

1. Préparation de la solution de permanganate de potassium

On dispose d'une solution mère de concentration : $c(\text{KMnO}_4) = c_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
et du matériel suivant :

- béchers de 75 mL, 150 mL ;
- pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL ;
- éprouvettes graduées de 50 mL, 125 mL ;
- fioles jaugées de 50 mL, 100 mL, 250 mL ;
- erlenmeyer de 250 mL.

Décrire, en précisant le matériel utilisé, le protocole à suivre pour préparer 50,0 mL de solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $c_1 = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

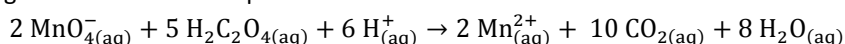
1

2. Réaction d'oxydoréduction

La réaction met en jeu les deux couples suivants : $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ et $\text{CO}_2 / \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

2.1. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction de ces deux couples, puis retrouver l'équation de la réaction entre les ions permanganate et l'acide oxalique donnée ci-dessous :

0,75



2.2. On mélange $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration molaire apportée c_1 , quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et $V_2 = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide oxalique de concentration molaire apportée $c_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

a/ Quelle est, à l'instant $t = 0$, la quantité de matière n_{01} d'ions permanganate ?

0,25

b/ Quelle est, à l'instant $t = 0$, la quantité de matière n_{02} d'acide oxalique ?

0,25

c/ Calculer l'avancement maximal x_{max} . En déduire le réactif limitant.

0,75

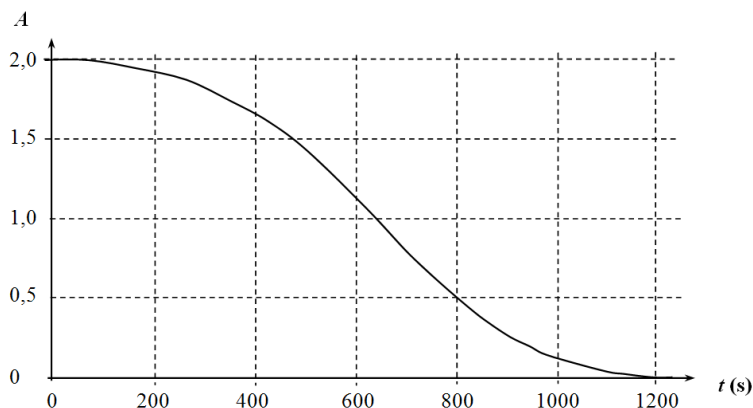
Les ions Mn^{2+} ne colorent pas le milieu réactionnel.

d/ Comment va évoluer la couleur du mélange lorsque la transformation se déroule ?

0,25

3. Suivi spectrophotométrique

La transformation chimique supposée totale étant lente, on peut suivre son évolution par spectrophotométrie. On mesure l'absorbance A du mélange réactionnel placé dans la cuve du spectrophotomètre. (**Courbe 1**)



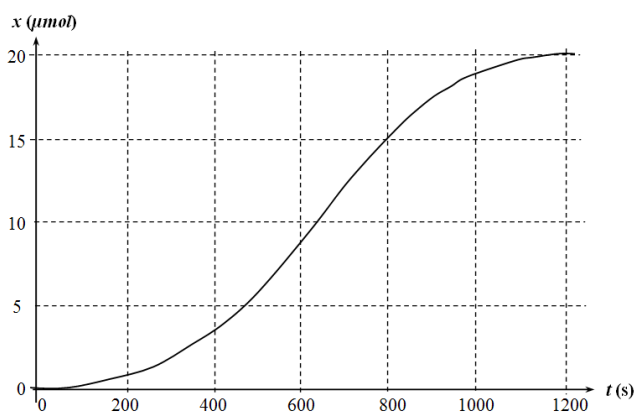
Courbe 1. Absorbance en fonction du temps: $A = f(t)$

- 3.1. Quelle est l'espèce chimique principalement responsable de l'absorbance A de la solution ? 0,25
- 3.2. Dans les conditions de l'expérience (à 20°C), la concentration des ions permanganate est proportionnelle à la valeur de l'absorbance A mesurée. Selon la loi de Beer-Lambert, on a : $A(t) = k \times [\text{MnO}_4^-](t)$
- a/ En quoi la courbe $A = f(t)$ permet-elle de retrouver le réactif limitant ? 0,5
- b/ Montrer que le coefficient de proportionnalité k vaut $2,0 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. 0,75
- c/ Montrer que l'absorbance $A(t)$ et l'avancement de la réaction $x(t)$ sont reliés par la relation :

$$x(t) = (2,0 \times 10^{-5} - A(t) \times 1,0 \times 10^{-5}) \text{ mol.}$$

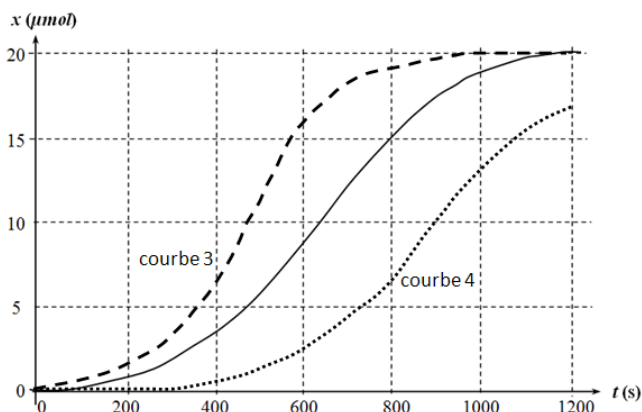
Par des logiciels appropriés, on obtient la **courbe 2**. Elle diffère par son allure de celles que l'on rencontre en général lors de la disparition d'un réactif dans une réaction lente.

- 3.3. a/ Définir puis déterminer le temps de demi-réaction.
b/ Comparer les temps de réaction t_f et $t_{1/2}$. Conclure.



Courbe 2. Avancement en fonction du temps: $x = f(t)$

- 3.4. On refait la même expérience en modifiant la température à 5°C et à 40°C. Attribuer les courbes 3 et 4 aux différentes températures. Justifier.



0,25
0,5
0,75
0,75
1
0,75
1

Exercice 1 : Analyse d'un rein à l'aide d'une échographie (5,25 points)**1. Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air.**

1.1. Les ultrasons sont des ondes :

- longitudinales électromagnétiques déplaçant de la matière
 transversales mécaniques déplaçant de l'énergie

1.2. La fréquence minimale des ultrasons est 20 kHz

2. Propagation d'une onde ultrasonore dans les tissus.

2.1. a/ La longueur d'onde λ est la distance minimale entre deux points du milieu se trouvant dans le même état de perturbation.

$$b/ \lambda_1 = \frac{v_{\text{rein}}}{f_1} = \frac{1500}{3,5 \times 10^6} = 4,3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$2.2. v_{\text{tissus}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2 \times OA}{\Delta t} \Rightarrow OA = \frac{v_{\text{tissus}} \times \Delta t}{2} = \frac{1400 \times 100 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,0700 \text{ m} = 7,00 \text{ cm}$$

$$2.3. v_{\text{calcul}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2 \times BC}{\Delta t} \Rightarrow BC = \frac{v_{\text{calcul}} \times \Delta t}{2} = \frac{1540 \times (210 \cdot 10^{-6} - 180 \cdot 10^{-6})}{2} = 0,0231 \text{ m} = 2,31 \text{ cm.}$$

Exercice 2 : L'enregistrement en studio d'un groupe de musique (6,5 points)

1.1 Un son pur correspond à un signal sinusoïdal. Les enregistrements des sons joués par la guitare et la basse montrent des oscillogrammes non-sinusoïdaux, ce sont donc des sons complexes. Le spectre de fréquences du violon montre une fréquence fondamentale et plusieurs fréquences multiples du fondamental donc des harmoniques. Le son joué par le violon est donc aussi un son complexe.

1.2 La hauteur d'un son correspond à la fréquence fondamentale du signal émis. On mesure la période T sur les enregistrements (5,5 cm) ainsi que l'échelle de l'axe des abscisses (5,6 cm pour 5,0 ms) puis on calcule la fréquence : pour la guitare $T = 5,5 \cdot 5 / 5,6 = 4,9 \text{ ms}$ d'où $f = 1/T = 2,0 \cdot 10^2 \text{ Hz}$. On obtient le même résultat pour la basse.

1.3 On observe que la fréquence fondamentale du son joué par le violon est de 500 Hz. Plus la fréquence d'un son est élevée, plus le son est aigu donc le son joué par le violon est plus aigu que celui de la guitare.

1.4 La forme de l'oscillogramme obtenu pour la guitare est différente de celui obtenu pour la basse. Cela signifie que la guitare et la basse n'ont pas le même timbre, leurs harmoniques n'ont pas la même amplitude.

$$2.1 \text{ Relation entre } L \text{ et } I : L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ ou encore } I = I_0 \times 10^{\left(\frac{L}{10}\right)}$$

$$2.2 \text{ Soit } I_1 = I_0 \times 10^{\left(\frac{L_1}{10}\right)} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ W.m}^{-2} \quad \text{et } I_2 = I_0 \times 10^{\left(\frac{L_2}{10}\right)} = 7,9 \cdot 10^{-7} \text{ W.m}^{-2}$$

On calcule le niveau sonore L correspondant à l'intensité sonore $I = I_1 + I_2 = 2,05 \cdot 10^{-6} \text{ W.m}^{-2}$

$$\text{d'où } L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 63 \text{ dB.}$$

Exercice 3 : Suivi d'une réaction lente (8,5 points)

1. Préparation de la solution de permanganate de potassium

On va procéder à une dilution.

Solution mère:

$$c_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

V_0 volume à prélever

Solution fille:

$$c_1 = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$V_1 = 50,0 \text{ mL}$$

Au cours de la dilution la quantité de matière de permanganate de potassium se conserve.

$$\text{Soit } n_0 = n_1, \text{ donc } c_0 \cdot V_0 = c_1 \cdot V_1$$

$$V_0 = \frac{c_1 \cdot V_1}{c_0} = \frac{2,00 \times 10^{-3} \times 50,0}{1,00 \times 10^{-2}} = 10,0 \text{ mL}$$

Protocole: On verse de la solution mère dans un bécher de 75 mL.

À l'aide d'une pipette jaugée de 10 mL, on prélève V_0 millilitres de la solution mère de ce bécher.

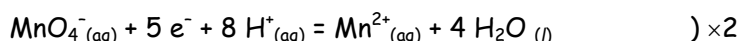
On verse ce prélèvement dans une fiole jaugée de 50 mL.

On ajoute de l'eau distillée au $\frac{3}{4}$ de la fiole. On agite.

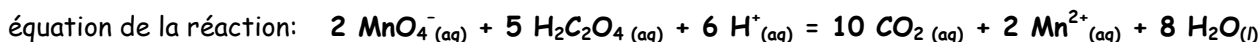
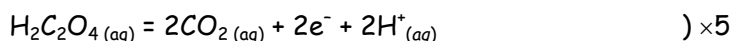
On complète jusqu'au trait de jauge. On agite de nouveau pour homogénéiser.

2. Réaction d'oxydoréduction

2.1. demi-équation de réduction de l'ion permanganate :



demi-équation d'oxydation de l'acide oxalique:



2.2. a/ à l'instant $t = 0$, on a $n_{01} = c_1 \cdot V_1$

$$n_{01} = 2,00 \times 10^{-3} \times 20,0 \times 10^{-3}$$

$$n_{01} = 4,00 \times 10^{-5} \text{ mol d'ions MnO}_4^-$$

b/ à l'instant $t = 0$, on a $n_{02} = c_2 \cdot V_2$

$$n_{02} = 5,00 \times 10^{-2} \times 20,0 \times 10^{-3}$$

$$n_{02} = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol d'acide oxalique C}_2\text{H}_4\text{O}_2.$$

c/ Avancement maximal: Attention, il faut tenir compte des coefficients stœchiométriques.

Si MnO_4^- est le réactif limitant, il est totalement consommé. Alors $n_{01} - 2x_{\text{max}} = 0$.

$$\text{soit } x_{\text{max}} = \frac{n_{01}}{2} = \frac{4,00 \times 10^{-5}}{2} = 2,00 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Si $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ est le réactif limitant alors $n_{02} - 5x_{\text{max}} = 0$.

$$\text{soit } x_{\text{max}} = \frac{n_{02}}{5} = \frac{1,00 \times 10^{-3}}{5} = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Le réactif limitant est celui qui conduit à la valeur la plus faible de x_{max} .

Il s'agit de l'ion permanganate et $x_{\text{max}} = 2,00 \times 10^{-5} \text{ mol}$.

d/ Les ions MnO_4^- colorent le mélange réactionnel en violet. Au fur et à mesure de leur consommation, la coloration violette va disparaître. Le mélange va progressivement devenir incolore.

3. Suivi spectrophotométrique

3.1. La seule espèce chimique colorée est MnO_4^- , c'est cette espèce qui est responsable de l'absorbance de la solution.

3.2. a/ Pour $t_f > 1200 \text{ s}$, l'absorbance de la solution est nulle. Les ions MnO_4^- sont alors totalement consommés.

b/ A $t = 0 \text{ s}$ on a : $A(0) = k \times [\text{MnO}_4^-](0)$

$$\text{avec } A(0) = 2 \text{ et } [\text{MnO}_4^-](0) = \frac{n_{01}}{V_1 + V_2} = \frac{4,0 \times 10^{-5}}{4,0 \times 10^{-2}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\text{d'où } k = \frac{A(0)}{[\text{MnO}_4^-](0)} = \frac{2}{1,0 \times 10^{-3}} = 2,0 \times 10^3 \text{ L/mol}$$

c/ On sait que : $A(t) = k \times [\text{MnO}_4^-](t)$

$$n_t(\text{MnO}_4^-) = n_{01} - 2 x(t)$$

$$[\text{MnO}_4^-](t) \times V_T = n_{01} - 2 x(t)$$

$$\frac{A(t)}{k} \times V_T = n_{01} - 2 x(t)$$

$$x(t) = \frac{1}{2} \left(n_{01} - \frac{A(t)}{k} \times V_T \right) \quad \Rightarrow \quad x(t) = \frac{1}{2} \left(4,0 \times 10^{-5} - \frac{4,0 \times 10^{-2}}{2,0 \times 10^3} \times A(t) \right)$$

$$x(t) = (2,0 \times 10^{-5} - A(t) \times 1,0 \times 10^{-5}) \text{ mol.}$$

3.3. a/ Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement x est atteint la moitié de sa valeur finale.

Ici, comme la transformation est totale, pour $t = t_{1/2}$, alors $x = x_{\text{max}}/2$.

$$x(t_{1/2}) = 1,00 \times 10^{-5} \text{ mol} = 10,0 \times 10^{-6} \text{ mol} = \mathbf{10,0 \mu\text{mol}}$$

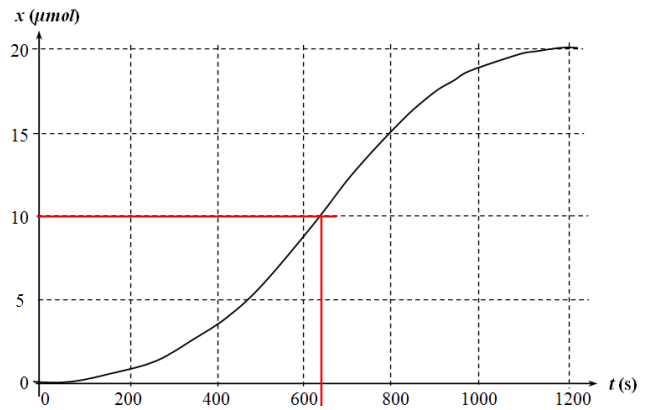
Par lecture graphique sur la courbe 2, on obtient

$$t_{1/2} = 6,4 \times 10^2 \text{ s.}$$

b/ $t_f \ll 6 \times t_{1/2}$

La réaction est terminée bien avant le temps attendu, cela signifie qu'elle a été accélérée.

La réaction est autocatalysée.



Courbe 2. Avancement et $t_{1/2}$ au temps : $x = f(t)$

3.4. La température est un facteur cinétique, plus elle augmente plus la vitesse de réaction augmente.

La courbe 3 augmente plus rapidement et x_{max} est atteint plus tôt. Cela correspond donc à une température plus élevée, soit 40°C .

La courbe 4 correspond donc à 5°C car la progression est beaucoup plus lente. L'état final restera le même mais sera atteint plus tard.