

Devoir maison n° 2

Exercice 1 : La physique sur un plan d'eau

Partie A : Onde à la surface de l'eau

Le gerris est un insecte que l'on peut observer sur les plans d'eau calmes de certaines rivières. Très léger cet insecte évolue sur la surface en ramant avec ses pattes.

Malgré sa discrétion, sa présence est souvent trahie par des ombres projetées sur le fond.

Ces ombres (**figure 1**) sont la conséquence de la déformation de la surface de l'eau au contact de l'extrémité des six pattes de l'insecte (**figure 2**).

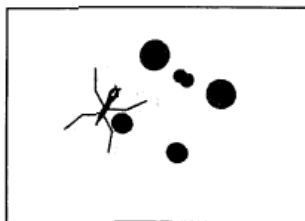


Figure 1



Figure 2

1. Quel dispositif utilisé en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau est également basé sur la projection d'ombres ?

Les déplacements de l'insecte génèrent des ondes à la surface de l'eau qui se propagent dans toutes les directions offertes par le milieu. Le schéma (**figure 3**) donne une vue en coupe de l'onde créée par une patte de gerris à l'instant t .

O est le point source : point de surface où est créée l'onde.

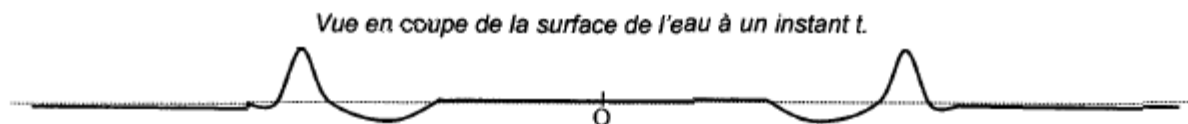


Figure 3

2. L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiée de transversale ou de longitudinale ? Justifier la réponse.
3. Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.
4. La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document suivant est à l'échelle 1/100^e (**figure 4**). Calculer la célérité de l'onde.

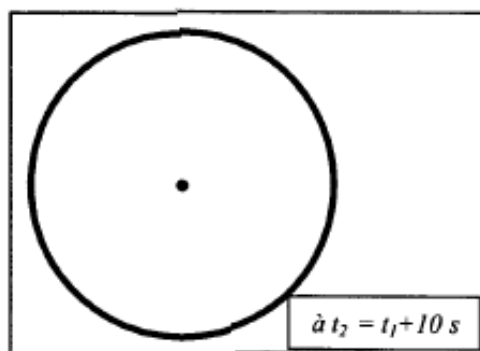
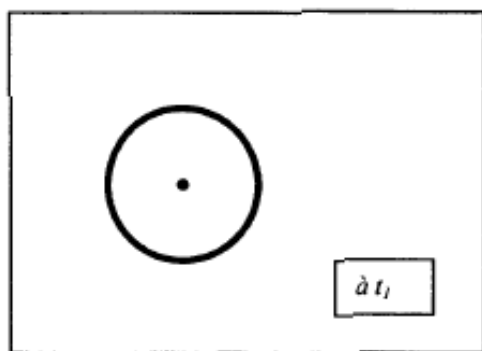


Figure 4

Un petit papillon tombé à l'eau est une proie facile pour le gerris. L'insecte prisonnier de la surface crée en se débattant des trains d'ondes sinusoïdales. La fréquence de battements des ailes du papillon est de 5 Hz ce qui génère des ondes de même fréquence à la surface de l'eau (**figure 5**).

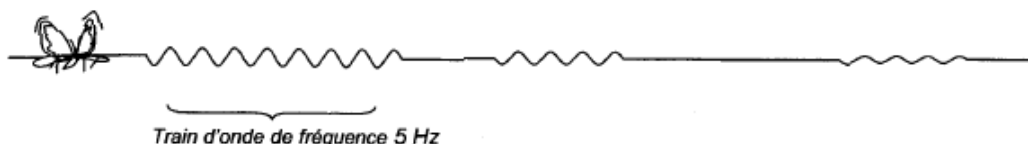


Figure 5

5. Déterminer la longueur d'onde de l'onde émise par le papillon en utilisant l'agrandissement à l'échelle 2 de la coupe de la surface de l'eau (**figure 6**).



Figure 6

6. Montrer que la célérité de cette onde est de $4,4 \text{ cm.s}^{-1}$.

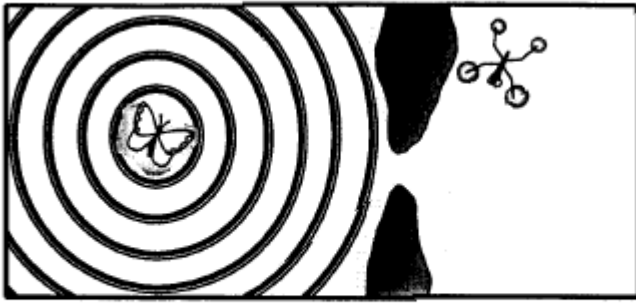


Figure 7

7. Un train d'ondes émis par le papillon arrive sur un obstacle constitué de deux galets émergeant de l'eau. Voir **figure 7** en annexe (à rendre avec la copie).

- Quel doit être l'ordre de grandeur de la distance entre les deux galets émergeant de l'eau pour que le gerris placé comme l'indique la **figure 7** (en annexe) ait des chances de détecter le signal de détresse généré par le papillon ?
- Quel nom donne-t-on à ce phénomène propre aux ondes ?
- Compléter avec le maximum de précision la figure 7 (annexe) en représentant l'allure de la forme de l'onde près le passage de l'obstacle.

La concurrence est rude sur le plan d'eau entre trois gerris ...

Les extrémités de leurs pattes antérieures, situées près de leurs antennes (zone de détection), leur permettent de déterminer la direction et le sens de la propagation de l'onde émise par une proie.

8. Le papillon se débat à une distance $d_1 = 6 \text{ cm}$ du gerris n°1.

L'onde générée par le papillon a mis 1 s pour parvenir au gerris n°2.

Le gerris n°3 détecte cette même onde avec un retard de 1,5 s sur le gerris n°2.

- Déterminer la distance d_2 entre le papillon et le gerris n°2.
- Déterminer la distance d_3 entre le papillon et le gerris n°3.
- Déterminer sur la **figure 8** (fournie en annexe et à rendre avec la copie) la position du papillon à l'aide d'un compas.

ANNEXE

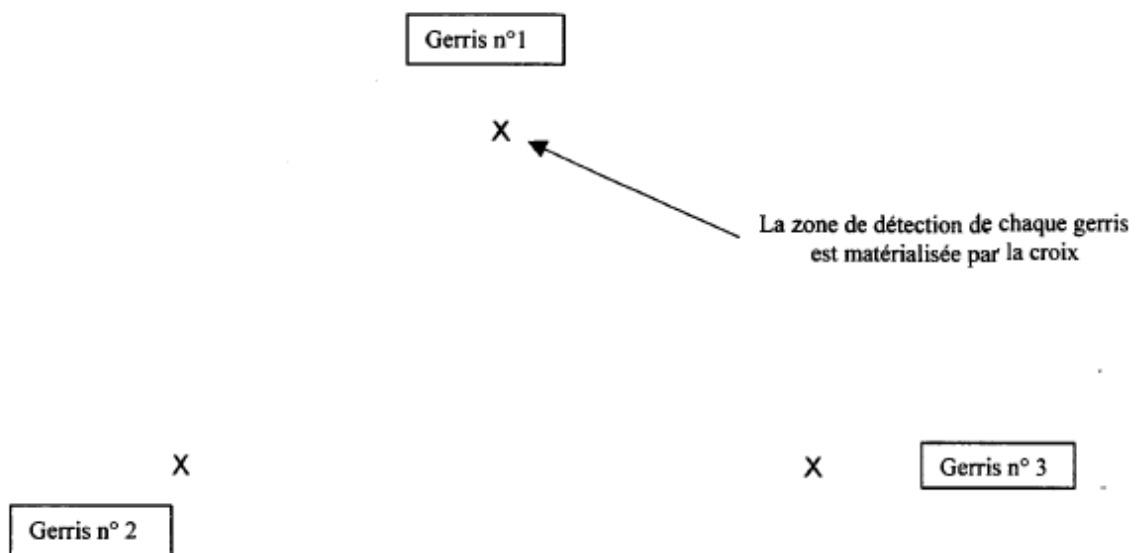


Figure 8

Exercice 2 : Onde ultrasonore : deux applications

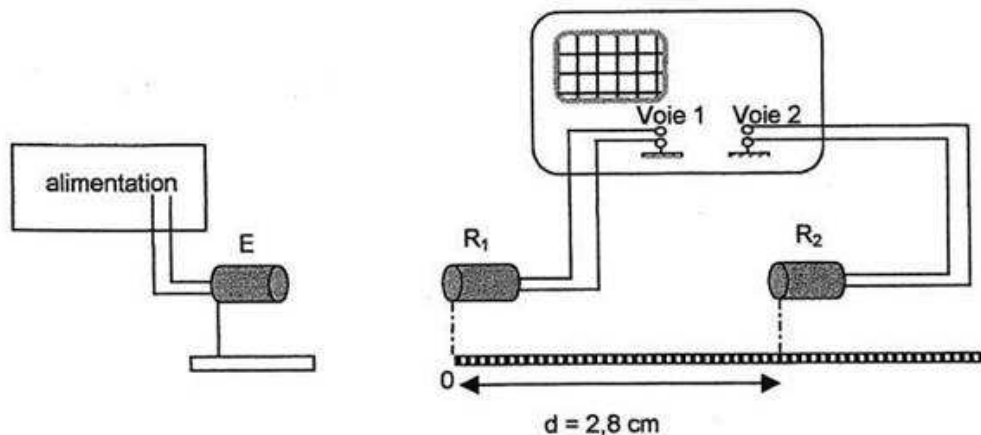
Cet exercice a pour objectifs de déterminer, dans la partie A, quelques grandeurs caractéristiques des ultrasons puis, dans la partie B, d'étudier deux applications des ultrasons : le nettoyage par cavitation acoustique et l'échogramme du cerveau.

Partie A

1. Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève dispose du matériel suivant :

- un émetteur d'ultrasons E et son alimentation électrique ;
- deux récepteurs d'ultrasons R_1 et R_2 ;
- un oscilloscope ;
- une règle graduée.

Il réalise le montage suivant :

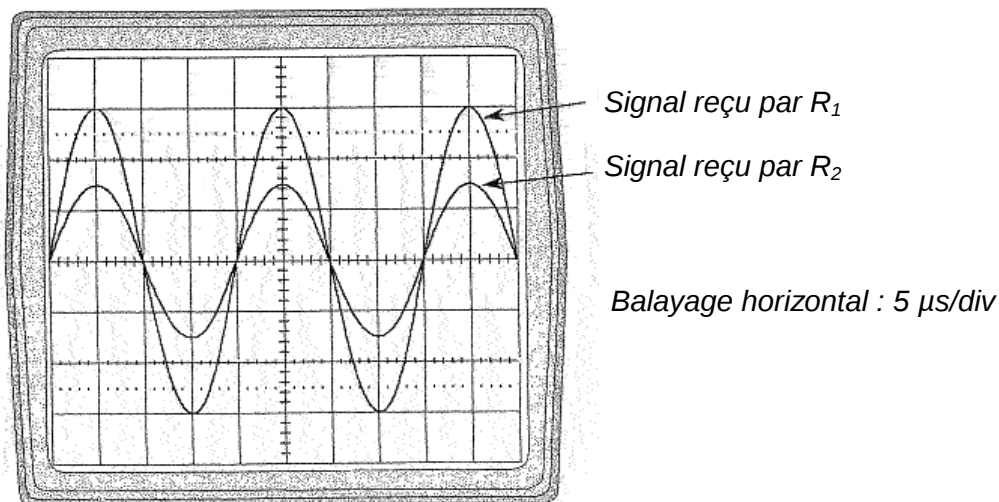


L'émetteur E génère une onde ultrasonore progressive sinusoïdale qui se propage dans l'air jusqu'aux récepteurs R_1 et R_2 . L'émetteur et les deux récepteurs sont alignés.

Le récepteur R_1 est placé au zéro de la règle graduée.

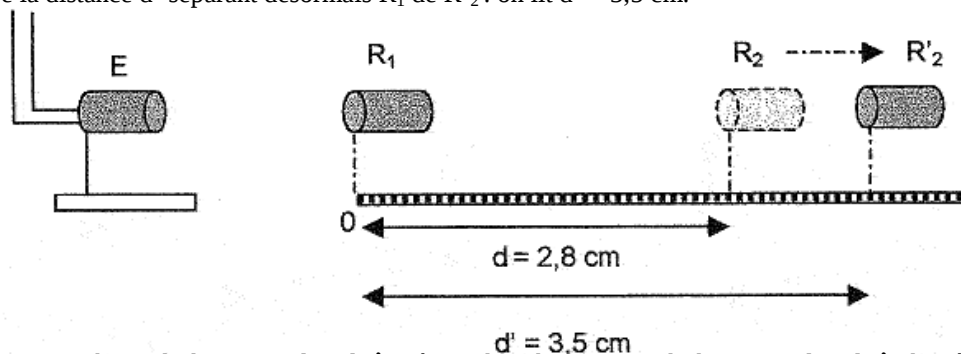
Les signaux captés par les récepteurs R_1 et R_2 sont appliqués respectivement sur les voies 1 et 2 d'un oscilloscope pour être visualisés sur l'écran de celui-ci.

Lorsque le récepteur R_2 est situé à $d = 2,8$ cm du récepteur R_1 , les signaux reçus par les deux récepteurs sont en phase. On observe l'oscillogramme ci-dessous sur l'écran.



1.1. Déterminer la fréquence f des ultrasons émis.

On éloigne lentement R_2 le long de la règle ; on constate que le signal reçu par R_2 se décale vers la droite ; on continue à éloigner R_2 jusqu'à ce que les signaux reçus par R_1 et R_2 soient à nouveau en phase. Soit R'_2 la nouvelle position occupée par R_2 . On relève la distance d' séparant désormais R_1 de R'_2 : on lit $d' = 3,5$ cm.



1.2. Définir en une phrase la longueur d'onde λ ; écrire la relation entre la longueur d'onde λ , la célérité v des ultrasons dans le milieu et la période T des ultrasons.

1.3. Exprimer en fonction de la période T des ultrasons le retard τ du signal reçu par R'_2 par rapport à celui reçu par R_2 .

En déduire la longueur d'onde.

1.4. Calculer la célérité des ultrasons dans l'air.

1.5. On immerge, en veillant à leur étanchéité, l'émetteur et les deux récepteurs R_1 et R_2 dans l'eau contenue dans une cuve de dimensions suffisantes. Sans changer la fréquence f de l'émetteur, on constate que pour observer deux signaux successifs captés par R_2 en phase, il faut éloigner R_2 de R_1 sur une distance 4 fois plus grande que dans l'air.

Déterminer la célérité des ultrasons dans l'eau.

Partie B

2. Le nettoyage par cavitation acoustique.

Le nettoyage par ultrasons est mis en œuvre dans de très nombreux secteurs d'activités : industrie mécanique, horlogerie, bijouterie, optique ... Il repose sur le phénomène de cavitation acoustique la cavitation est produite en émettant des ultrasons de forte puissance dans un liquide.

L'émetteur est un disque constitué d'un matériau piézoélectrique sur les faces duquel sont déposées deux électrodes métallisées. Lorsqu'une tension électrique sinusoïdale est appliquée entre ces deux électrodes, le matériau se dilate et se contracte périodiquement. Ces déplacements périodiques du disque provoquent des successions de dépressions - surpressions du liquide qui est en son contact. Cette perturbation se propage ensuite de proche en proche dans l'ensemble du fluide : c'est l'onde ultrasonore.



Lors du passage de l'onde dans une « tranche » de liquide, le phénomène de cavitation se produit si la puissance de l'onde est suffisante : des microbulles de vapeur dont le diamètre peut atteindre $100\text{ }\mu\text{m}$ apparaissent. Les microbulles de vapeur sont transitoires. Elles implosent en moins d'une microseconde. Les ondes de choc émises par l'implosion nettoient la surface d'un solide plongé dans le liquide.

2.1. L'onde ultrasonore est une onde mécanique progressive.

Définir une telle onde.

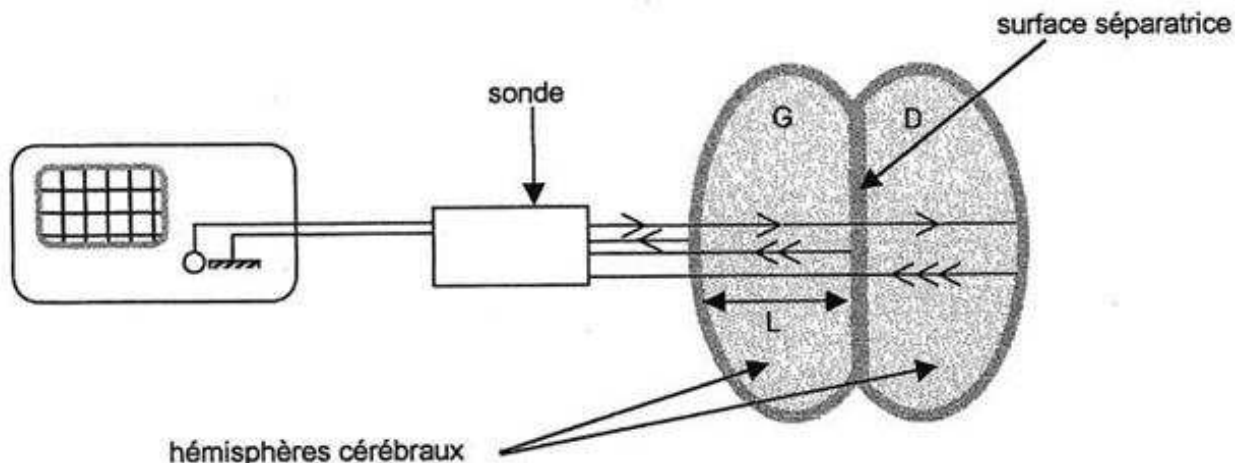
2.2. S'agit-il d'une onde longitudinale ou transversale ?

2.3. Interpréter brièvement la formation suivie de l'implosion des microbulles dans une tranche de liquide.

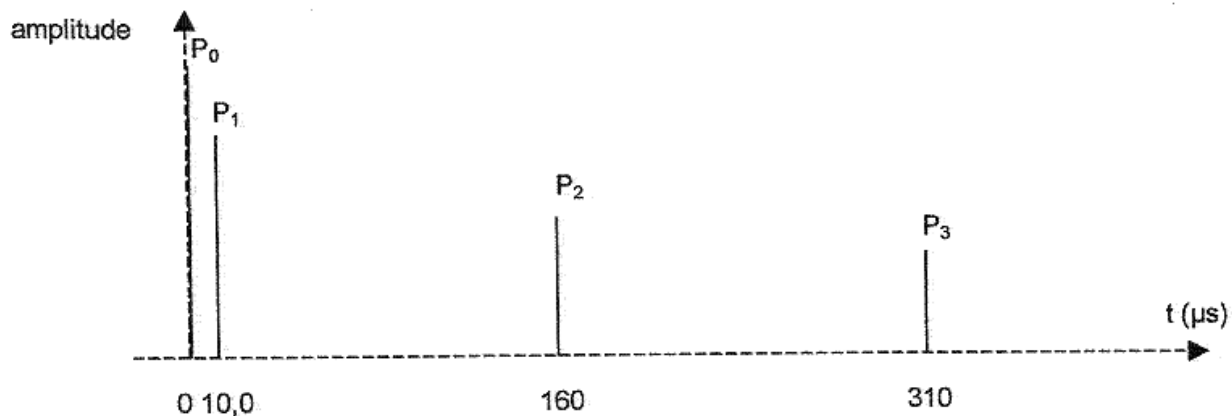
Données :
- la température d'ébullition d'un liquide diminue quand la pression diminue.
- définition d'une implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.

3. L'échogramme du cerveau.

Une sonde, jouant le rôle d'émetteur et de récepteur, envoie une impulsion ultrasonore de faible durée et de faible puissance en direction du crâne d'un patient. L'onde sonore pénètre dans le crâne, s'y propage et s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu. Les signaux réfléchis génèrent des échos qui, au retour sur la sonde, y engendrent une tension électrique très brève. Un oscilloscope relié à la sonde permet la détection à la fois de l'impulsion émettrice et des divers échos.



L'oscillogramme obtenu sur un patient permet de tracer l'échogramme ci-dessous : les tensions électriques étant redressées, seule la partie positive de celles-ci est envoyée sur l'oscilloscope ; la durée d'émission de l'impulsion étant très brève ainsi que celle des échos, on observe sur l'écran des pics verticaux : P_0 , P_1 , P_2 , P_3 .



P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t = 0$ s de l'impulsion ; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche (G sur le schéma) ; P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères ; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit (D sur le schéma).

La célérité des ultrasons dans les hémisphères est $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

3.1. Quelle est la durée Δt du parcours de l'onde ultrasonore dans l'hémisphère gauche ainsi que dans le droit ?

3.2. En déduire la largeur L de chaque hémisphère.

Exercice 3 : Etat final d'un système : étude par spectrophotométrie et titrage

Les ions iodure (I^-) réagissent avec les ions peroxodisulfate ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$).

L'équation associée à la réaction s'écrit : $2\text{I}^-_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})} = \text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ (1)

En présence d'ions iodure, le diiode se transforme en ions triiodure (I_3^-) de couleur brune.

Pour simplifier l'écriture, on raisonnera à partir de l'équation (1) sans tenir compte de la formation des ions triiodure.

A un instant pris pour origine des dates ($t = 0$ min), on réalise un mélange réactionnel S à partir d'un volume $V_1 = 10,0$ mL de solution aqueuse d'iodure de potassium ($\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire en soluté apporté $c_1 = 5,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et d'un volume $V_2 = 10,0$ mL de solution aqueuse de peroxodisulfate de sodium ($2\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})}$) de concentration molaire en soluté apporté $c_2 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

1. Suivi spectrophotométrique de la transformation chimique.

On souhaite étudier la formation du diiode au cours du temps par spectrophotométrie.

Un prélèvement du mélange réactionnel S est introduit rapidement dans la cuve d'un spectrophotomètre dont la longueur d'onde est réglée sur une valeur adaptée à l'absorption par le diiode. On admettra que le diiode est la seule espèce colorée présente dans le mélange et qu'au cours de l'expérience la température de la solution reste constante.

Les résultats des mesures d'absorbance en fonction du temps sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

t (min)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30	40	50	60	90
A	0,08	0,13	0,23	0,31	0,39	0,45	0,50	0,55	0,59	0,62	0,65	0,74	0,77	0,79	0,79	0,79

1.1. La spectrophotométrie est une méthode non destructive pour suivre l'évolution d'un système chimique. Proposer une autre méthode de suivi cinétique non destructive.

1.2. La mesure de l'absorbance A de solutions aqueuses de diiode de différentes concentrations molaires c montre que A est proportionnelle à c . On détermine le coefficient de proportionnalité k à partir du couple de valeurs ($c = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $A = 1,70$).

1.2.1. Montrer que la valeur du coefficient de proportionnalité k vaut $3,4 \times 10^2$ et préciser son unité.

1.2.2. Montrer, que pour que le mélange réactionnel S réalisé au début de l'étude, la quantité de matière de diiode

formé à l'instant t s'exprime sous la forme : $n_{\text{I}_2}(t) = \frac{A(t)}{k} (V_1 + V_2)$

1.2.3. Calculer la quantité de matière de diiode formé à l'instant de date $t = 90$ min.

1.3. On note x l'avancement de la réaction à l'instant de date t . a cet instant, la quantité de diiode formé est égale à x .

En utilisant les valeurs expérimentales et la relation donnée à la question 1.2.3., on obtient la courbe traduisant l'évolution de x en fonction du temps ; cette courbe est représentée sur l'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.

La vitesse volumique de réaction est définie par $v = \frac{1}{V_s} \frac{dx}{dt}$ où V_s correspond au volume de la solution.

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

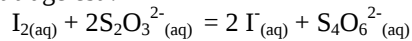
1.3.2. La justifier d'après les connaissances du cours.

1.3.3. Donner une méthode qui permettrait d'obtenir plus rapidement la même quantité finale de diiode à partir du même mélange réactionnel S.

2. Titrage du diiode formé après 90 minutes de réaction.

On veut vérifier par un titrage la quantité de matière de diiode formé à l'instant de date $t = 90$ min. Pour cela, à cet instant, on introduit dans un erlenmeyer contenant de l'eau glacée un échantillon de volume $V = 5,0$ mL du mélange réactionnel S. A l'aide d'une solution étalon de thiosulfate de sodium ($2\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$) de concentration molaire en soluté apporté $c' = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, on titre le diiode présent dans l'échantillon en présence d'un indicateur de fin de réaction. L'équivalence est atteinte pour un volume $V'_E = 9,2$ mL.

L'équation associée à la réaction support du titrage est :



2.1. Représenter sur la copie le schéma du dispositif de titrage en précisant le nom du matériel et la nature des solutions.

2.2. Définir l'équivalence du titrage.

2.3. Exploitation du titrage.

2.3.1. En exploitant le résultat du titrage, exprimer littéralement en fonction de c' et de V'_E la quantité de matière de diiode formé, à l'instant de date $t = 90$ min, dans le mélange réactionnel décrit au début de l'exercice.

Le candidat s'il le souhaite, pourra compléter et exploiter le tableau d'avancement figurant sur l'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.

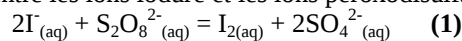
2.3.2. Calculer la valeur de cette quantité de diiode formé.

2.3.3. Cette valeur est-elle compatible avec celle trouvée au 1.2.3. ?

Aucun calcul d'écart relatif n'est demandé.

3. Étude théorique et bilan comparatif.

3.1. L'équation (1) associée à la réaction entre les ions iodure et les ions peroxodisulfate est rappelée ci-dessous :



Les couples mis en jeu sont $\text{I}_{2(\text{aq})} / \text{I}^-_{(\text{aq})}$ et $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})} / \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$

A partir des demi-équations retrouver l'équation (1) associée à la réaction.

3.2. La transformation chimique est supposée totale.

3.2.1. En utilisant les données concernant le mélange réactionnel S, à l'instant $t = 0$ s, défini en introduction de l'exercice, compléter le tableau d'avancement figurant sur l'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.

3.2.2. En déduire l'avancement maximal de la réaction et la quantité de matière maximale en diiode formé.

3.3. On appelle écart relatif d'une valeur expérimentale $n_{\text{exp}}(\text{I}_2)$ par rapport à la valeur théorique attendue $n_{\text{th}}(\text{I}_2)$ le rapport :

$$\frac{|n_{\text{exp}}(\text{I}_2) - n_{\text{th}}(\text{I}_2)|}{n_{\text{th}}(\text{I}_2)}$$

Comparer les résultats expérimentaux (questions 1.2.3. et 2.3.2.) au résultat théorique de la question 3.2.2. Commenter.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Question 2.3.

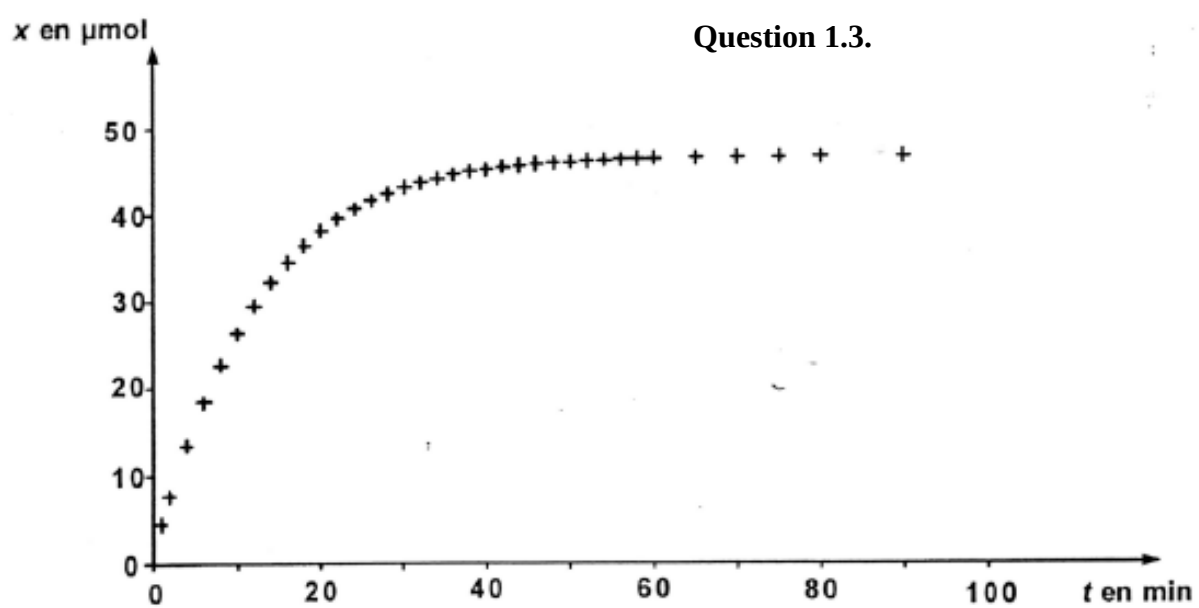
Rappel: le candidat pourra, s'il le souhaite compléter et exploiter le tableau donné ci-dessous:

Relation stœchiométrique		$\text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})} = 2\text{I}^-_{(\text{aq})} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})}$			
État du système	Avancement	Quantité de matière en mol			
État initial					
Au cours de la transformation					
A l'équivalence					

Question 3.2.

Relation stœchiométrique		$2\text{I}^-_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})} = \text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$			
État du système	Avancement	Quantité de matière en mol			
État initial					
Au cours de la transformation					
État final attendu	x_{max}				

Question 1.3.

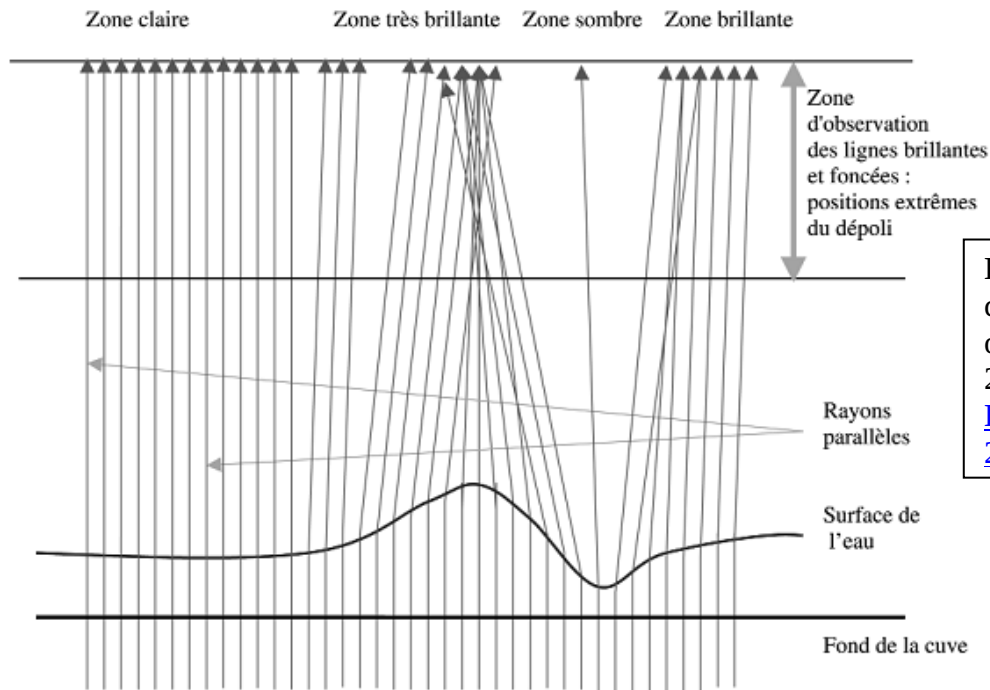


Correction du D.M. n°2

Exercice 1 :

Partie A: Onde à la surface de l'eau

1. La cuve à ondes est utilisée en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau.
Pour information : la réfraction des rayons lumineux lors du passage de l'eau à l'air est responsable de l'apparition de zones claires et de zones sombres.



Extrait de "Comment construire une cuve à ondes pour moins de 20 euros" Marc Gyr
[BUP vol.96 Mars 2002](#)

2. L'onde générée par le gerris est transversale, en effet la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.

3.

④ à l'instant $t + t_1 + t_2 + t_3 + t_4$:

Le brin d'herbe retrouve sa position initiale.

Il n'y a pas eu transport de matière, seulement un déplacement temporaire

② à l'instant $t + t_1 + t_2$:
le brin d'herbe remonte

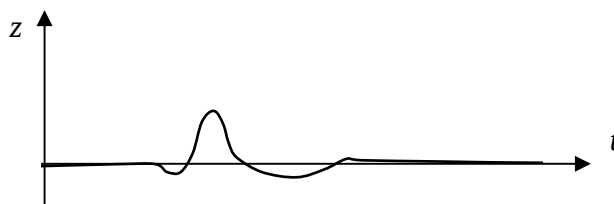
① à l'instant $t + t_1$:
le brin d'herbe descend

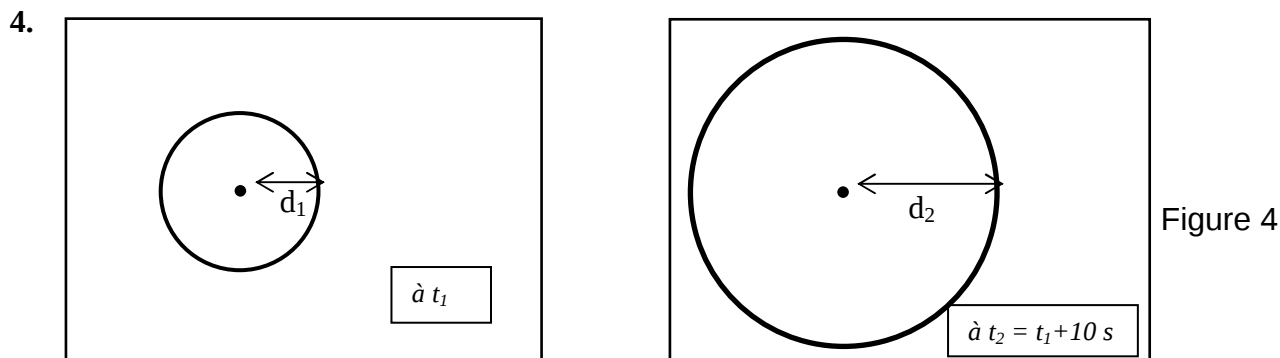
③ à l'instant $t + t_1 + t_2 + t_3$:
le brin d'herbe redescend

Vue en coupe de la surface de l'eau à un instant t .

Figure 3

Mouvement du brin d'herbe suivant un axe vertical Oz : (si le brin d'herbe est à droite de O)





Distance entre la source vibratoire et la perturbation :

à la date t_1 : $d_1 = 1,0$ cm (sur la figure)

à la date t_2 : $d_2 = 2,0$ cm (sur la figure).

Pendant une durée $\Delta t = t_2 - t_1 = 10$ s, l'onde a parcouru une distance $d = d_2 - d_1$

$d = 1,0 \times 100 = 1,0 \times 10^2$ cm = 1,0 m (on multiplie par 100 pour tenir compte de l'échelle)

Soit pour la célérité de l'onde : $v = \frac{d}{\Delta t}$

$$v = \frac{1,0}{10} = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{ou } v = 10 \text{ cm.s}^{-1}$$

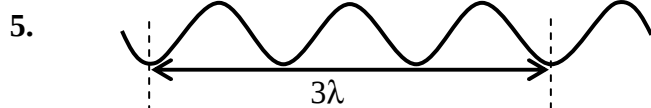


Figure 6

agrandissement à l'échelle 2

$$3\lambda = 5,3 \text{ cm} \quad \text{schéma}$$

$$\text{soit } 3\lambda = \frac{5,3}{2} \text{ cm en réalité}$$

$$\lambda = \frac{5,3}{3 \times 2} = 0,88 \text{ cm} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Il est impératif de mesurer plusieurs longueurs d'onde afin de diminuer l'erreur relative de la mesure.

Pourquoi ? Supposons que nous avons une règle avec uniquement les cm qui sont marqués.

Avec cette règle, si je mesure une distance $d_{réelle} = 3,5$ cm. Je lirais sur la règle 3 ou 4 cm.

Je commets une erreur absolue de $|d_{réelle} - d_{mesurée}| = 0,5$ cm.

Je commets une erreur relative de $\frac{|d_{réelle} - d_{mesurée}|}{d_{réelle}} \times 100 = \frac{0,5}{3,5} \times 100 = 14\%$ d'erreur.

Avec cette même règle, je mesure une distance plus grande $d_{réelle} = 14,5$ cm. Je lis sur la règle 14 ou 15 cm.

Je commets la même erreur absolue = 0,5 cm

Mais je commets une erreur relative plus faible, elle vaut dans ce cas $\frac{0,5}{14,5} \times 100 = 3,4\%$ d'erreur.

6. $\lambda = \frac{v}{\nu}$ donc $v = \lambda \times \nu$

$$v = 0,88 \times 5 = 4,4 \text{ cm.s}^{-1}$$

7.a) Plus la distance entre les galets est faible face à la longueur d'onde et plus le phénomène de diffraction sera accentué. La longueur d'onde a pour ordre de grandeur 10^{-2} m, l'ouverture doit avoir le même ordre de grandeur ou un ordre de grandeur plus faible.

7.b) Il y a diffraction de l'onde par le trou formé entre les galets.

7.c) La longueur d'onde n'est pas modifiée par la diffraction. L'ouverture se comporte comme une source vibratoire.

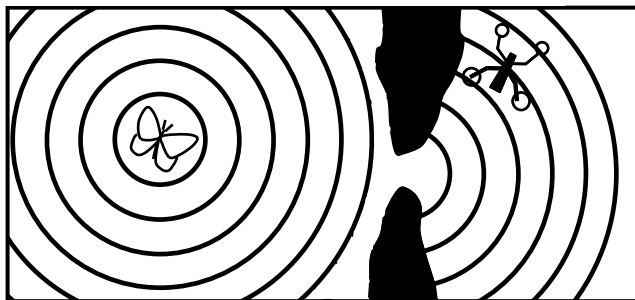


Figure 7

voir l'animation sur

<http://www.acoustics.salford.ac.uk/feschools/waves/flash/diffractionslit.swf>

8.a) L'onde générée par le papillon a mis 1 s pour parvenir au gerris n°2 et ce en se propageant à la célérité $v = 4,4 \text{ cm.s}^{-1}$.

$$v = \frac{d_2}{\Delta t} \quad \text{soit } d_2 = v \cdot \Delta t$$

$$d_2 = 4,4 \times 1 = 4,4 \text{ cm.}$$

8.b) Le gerris n°3 détecte cette même onde avec un retard de 1,5 s sur le gerris n°2.

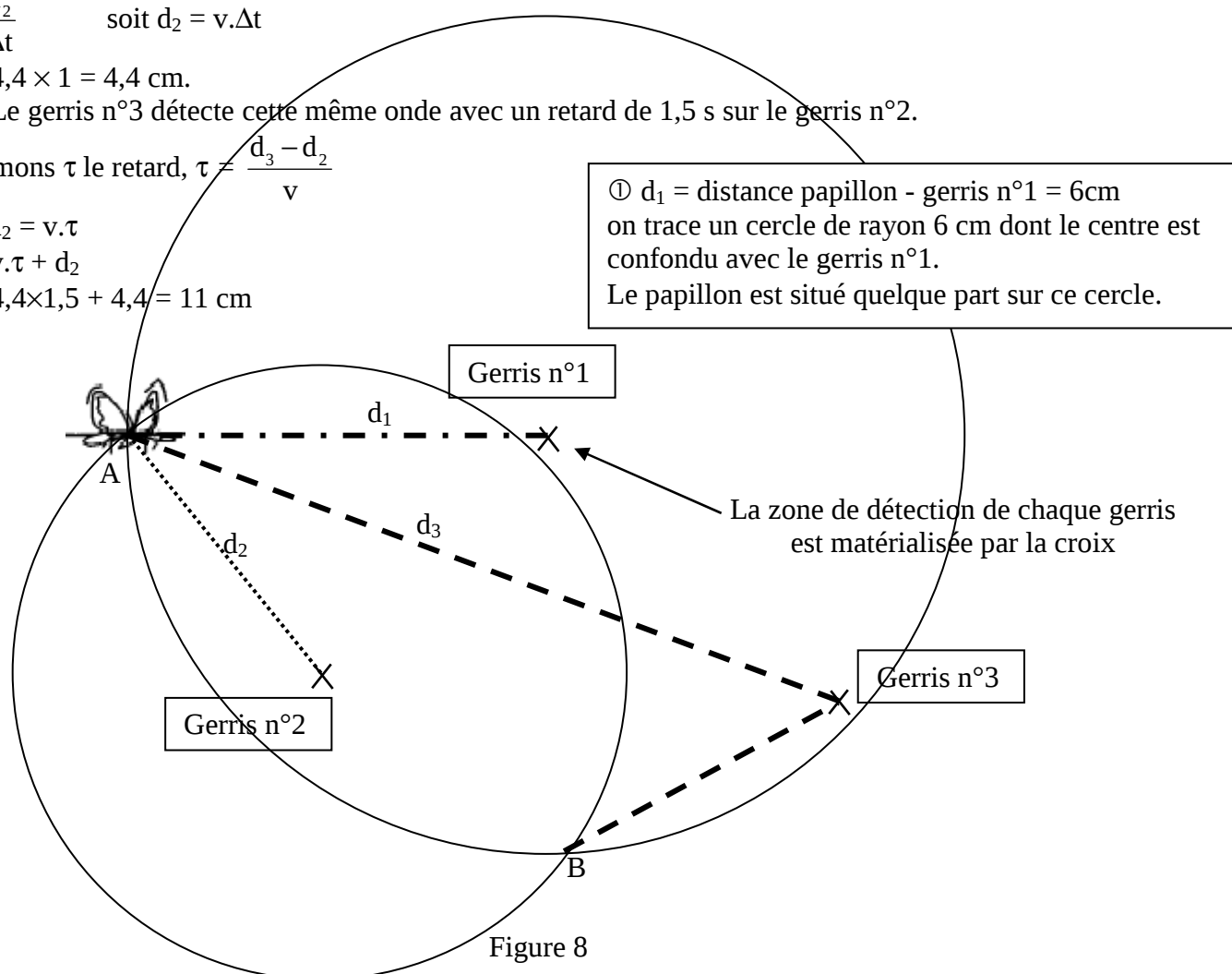
Nommons τ le retard, $\tau = \frac{d_3 - d_2}{v}$

$$d_3 - d_2 = v \cdot \tau$$

$$d_3 = v \cdot \tau + d_2$$

$$d_3 = 4,4 \times 1,5 + 4,4 = 11 \text{ cm}$$

8.c)



② **8)a)** distance entre le gerris n°2 et le papillon $d_2 = 4,4 \text{ cm}$.

On trace un cercle de rayon 4,4 cm dont le centre est confondu avec le gerris n°2.

Il reste deux positions possibles pour le papillon. (A ou B)

③ Le gerris n°3 détecte cette même onde avec un retard de 1,5 s sur le gerris n°2.

Le gerris n°3 est plus éloigné du papillon que ne l'est le gerris n°2.

Il ne reste alors qu'une seule position possible pour le papillon. (position A: voir schéma)

Remarque générale :

Dans cet exercice les élèves mélangent les notions d'instant t et de durée Δt .

Ces deux notions sont différentes.

Exemple :

Le cours débute à l'instant $t_1 = 10$ h, il finit à l'instant $t_2 = 11$ h.

La durée Δt du cours est $\Delta t = t_2 - t_1 = 1$ h

Exercice 2 :

Partie A

1.1. fréquence des ultrasons émis

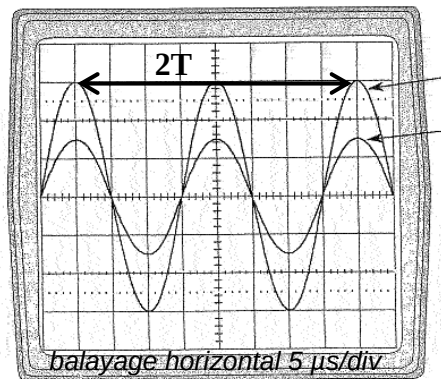
Sur l'oscillogramme, on mesure $2T = 8,0 \times 5 \mu s$

$$T = 20 \mu s = 2,0 \times 10^{-5} s$$

$$f = \frac{1}{T} \text{ avec } f \text{ en Hz et } T \text{ en s.}$$

$$f = \frac{1}{2 \times 10^{-5}} = 0,5 \times 10^5 = 5 \times 10^4 \text{ Hz} = 5 \times 10^1 \text{ kHz.}$$

Remarque : $f > 20$ kHz, il s'agit bien d'ondes ultrasonores.

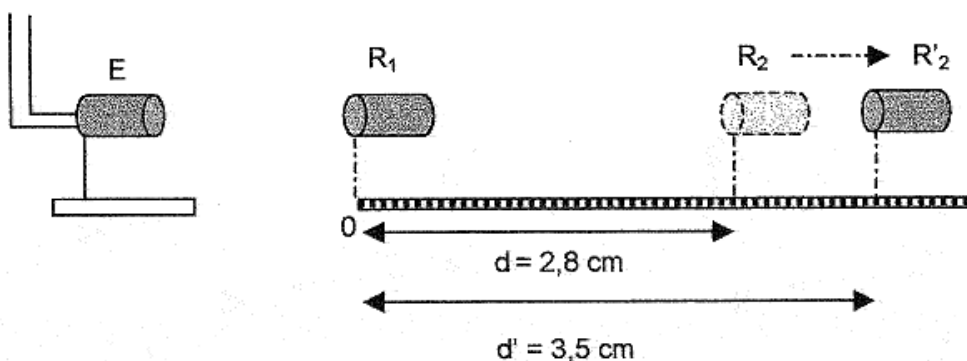


1.2. La longueur d'onde λ appelée aussi **période spatiale de l'onde**, est la distance parcourue par l'onde à la célérité v pendant la durée T .

$$\lambda = v \cdot T.$$

1.3. R_2 à la distance d de R_1 : les deux signaux reçus sont en phase.

R_2 en R'_2 à la distance d' de R_1 : les deux signaux reçus sont de nouveau en phase.



Le retard τ du signal reçu par R'_2 par rapport à celui reçu par R_2 est égal à T : $\tau = T$.

$$\text{Or } \tau = \frac{d' - d}{v} \text{ et } \tau = T \text{ donc } T = \frac{d' - d}{v} \Leftrightarrow d' - d = v \cdot T \quad (1)$$

$$\text{D'autre part } \lambda = v \cdot T \quad (2)$$

En identifiant les expressions (1) et (2), il vient $\boxed{\lambda = d' - d}$

$\lambda = 3,5 - 2,8 = 0,7 \text{ cm} = 7 \times 10^{-3} \text{ m}$ (1 seul chiffre significatif car la précision des mesures est de 0,1 cm).

1.4. Célérité des ultrasons dans l'air : $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$

$$v = 7 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^4 = 3,5 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1} = 4.10^2 \text{ m.s}^{-1} \\ \text{(en respectant le nombre de chiffres significatifs)}$$

1.5. On a $v = \lambda \cdot f$ avec $\lambda = d' - d$ donc $\boxed{v = (d' - d) \cdot f}$

Or f reste constante donc si la distance $d' - d$ quadruple alors la célérité v doit quadrupler aussi.

Ainsi $v_{eau} = 4v_{air}$
 $v_{eau} = 4 \times 3,5 \times 10^2 = 1,4 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1} = 1 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$ (en respectant le nombre de chiffres significatifs).

Partie B

2.1. Une onde mécanique progressive est la propagation de proche en proche d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

2.2. Il s'agit d'une onde longitudinale car la direction de la perturbation est de même direction que celle de propagation de l'onde.

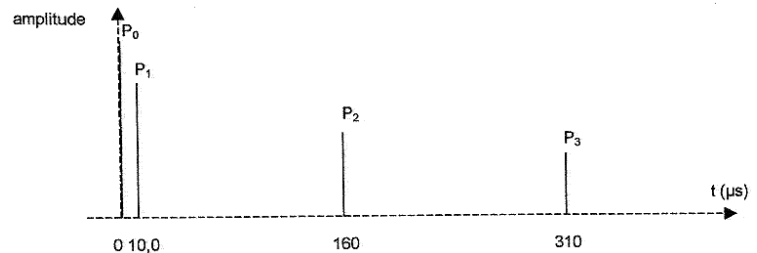
2.3. Dans les zones de dépression du liquide, suite au passage de l'onde acoustique, la pression est localement très inférieure à la pression moyenne régnant dans le liquide. Or "la température d'ébullition d'un liquide diminue quand la pression diminue" donc dans les zones de dépression, le liquide se vaporise localement créant ainsi des microbulles de vapeur.

Ces microbulles formées (= corps creux) implosent immédiatement lorsqu'une zone de surpression arrive, en effet la pression dans les microbulles de vapeur est nettement inférieure à la pression régnant dans les zones de surpression du liquide.

3. L'échogramme du cerveau.

« P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t = 0 \text{ s}$ de l'impulsion; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche (G sur le schéma); P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit (D sur le schéma).

La célérité des ultrasons dans les hémisphères est $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$. »



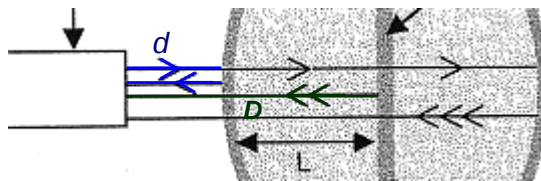
3.1. La durée Δt du parcours de l'onde dans l'hémisphère gauche est la différence des instants correspondant aux pics P_1 et P_2 :

$$\Delta t = 160 - 10,0 = 150 \mu\text{s}.$$

Pour l'hémisphère droit on a de même, entre les pics P_2 et P_3 :

$$\Delta t = 310 - 160 = 150 \mu\text{s}.$$

3.2.



À la date $t_1 = 10,0 \mu\text{s}$, le 1^{er} écho (pic P_1) est perçu, l'onde a parcouru une distance égale à $2d$.

À la date $t_2 = 160 \mu\text{s}$, le 2nd écho (pic P_2) est perçu, l'onde a parcouru une distance égale à $2D = 2(d + L)$.

Entre les dates t_1 et t_2 , donc pendant la durée $\Delta t = t_2 - t_1$, l'onde a parcouru la distance $2d + 2L - 2d = 2L$ dans le cerveau à la célérité $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

$$\text{Alors } v = \frac{2L}{\Delta t} \text{ ou } \boxed{L = \frac{v \cdot \Delta t}{2}}$$

$$L = \frac{1500 \times 150 \times 10^{-6}}{2} = \frac{15 \times 10^2 \times 15 \times 10^1 \times 10^{-6}}{2} = \frac{225}{2} \times 10^{-3}$$

$$L = 113 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,13 \cdot 10^{-1} = 11,3 \text{ cm}.$$

Exercice 3 :

1. Suivi spectrophotométrique de la transformation chimique.

1.1. On peut effectuer un suivi cinétique par différentes techniques non destructives (qui n'affectent pas le milieu réactionnel):

- mesure de pression
- mesure de conductance G ou conductivité σ
- mesure de volume gazeux

1.2.1. A est proportionnelle à c , donc $A = k.c$ soit $k = \frac{A}{c}$

Avec le couple de valeurs proposé $k = \frac{1,70}{5,0 \times 10^{-3}} = 3,4 \times 10^2 \text{ L.mol}^{-1}$

1.2.2. Le mélange réactionnel absorbe de la lumière à cause de la présence du diiode. L'absorbance est proportionnelle à la concentration en diiode notée c . On a donc $c = \frac{A}{k}$

$n_{I_2}(t) = c \times V$ avec V volume du mélange réactionnel = $V_1 + V_2$

on retrouve bien $n_{I_2}(t) = \frac{A(t)}{k} (V_1 + V_2)$

1.2.3. Pour $t = 90 \text{ min}$, on lit dans le tableau $A = 0,79$.

$$n_{I_2}(90) = \frac{0,79}{3,4 \times 10^2} (10 + 10) \times 10^{-3}$$

$$n_{I_2}(90) = 4,6 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

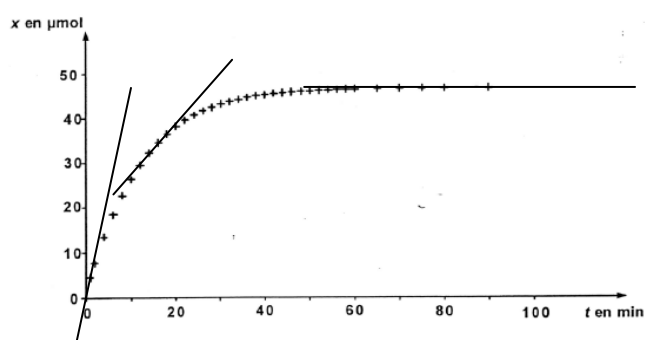
$$1.3.1. v = \frac{1}{V_s} \frac{dx}{dt}$$

Le terme $\frac{dx}{dt}$ est égal au coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de la fonction $x = f(t)$ à la date t . Donc la vitesse est proportionnelle à ce coefficient directeur.

On constate que ce coefficient diminue au cours du temps, donc v diminue. Pour $t > 80 \text{ min}$, la tangente est horizontale, donc $v = 0$. La transformation est terminée.

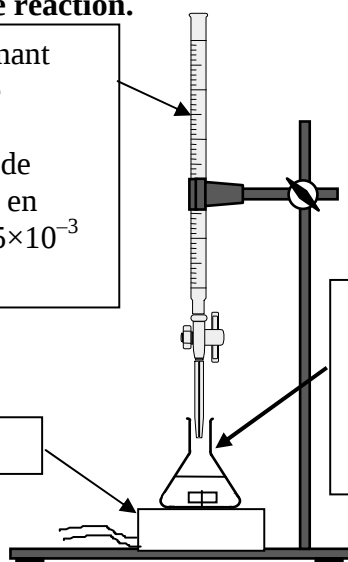
1.3.2. Au fur et à mesure, les réactifs sont consommés et donc leurs concentrations diminuent. Ceci explique la baisse de la vitesse de réaction au cours du temps. Pour $t > 80 \text{ min}$, le réactif limitant est totalement consommé, la transformation n'évolue plus.

1.3.3. Il faudrait **augmenter la température** pour obtenir plus rapidement l'état final.



2.1. burette graduée contenant une solution étalon de thiosulfate de sodium ($2\text{Na}^+_{(aq)} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(aq)}$) de concentration molaire en soluté apporté $c' = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

agitateur magnétique



erlenmeyer contenant:

- de l'eau glacée
- le mélange réactionnel S de volume $V = 5,0 \text{ mL}$.
- quelques gouttes d'indicateur de fin de réaction

2.2. Pour $V < V'_E$, les ions thiosulfate sont en défaut et le diiode est en excès.

A l'équivalence les réactifs sont totalement consommés, ils ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

Pour $V > V'_E$, les ions thiosulfate sont en excès, tandis que le diiode ayant disparu est le réactif limitant.

A l'équivalence, il y a changement de réactif limitant.

2.3.1.

1^{ère} méthode: sans tableau d'avancement

A l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques donc

$$n_{I_2}(5\text{mL}) = \frac{n_{S_2O_3^{2-}}}{2} \text{ versé} \quad \text{soit } n_{I_2}(5\text{mL}) = \frac{c' \cdot V'_E}{2}$$

Le mélange réactionnel a un volume $V_1 + V_2 = 20,0 \text{ mL}$, donc $n_{I_2}(90) = 4 \times n_{I_2}(5\text{mL})$

soit $n_{I_2}(90) = 2c' \cdot V'_E$ quantité de matière de diiode formé au bout de 90 minutes dans le mélange réactionnel.

2^{ème} méthode: à l'aide du tableau d'avancement

Annexe 2 (Facultatif)

Relation stœchiométrique		$I_{2(aq)}$	$+ 2S_2O_3^{2-}(aq)$	$= 2I^-_{(aq)}$	$+ S_4O_6^{2-}(aq)$
État du système	Avancement	Quantité de matière en mol			
État initial	$x = 0$	$n_{I_2}(5\text{mL})$	$n_2 = c' \cdot V'_E$	0	0
Au cours de la transformation	x	$n_{I_2} - x$	$n_2 - 2x$ $c' \cdot V'_E - 2x$	$2x$	x
A l'équivalence	x_{equiv}	$n_{I_2} - x_{equiv} = 0$	$c' \cdot V'_E - 2x_{equiv} = 0$	$2x_{equiv}$	x_{equiv}

D'après le tableau, on a $c' \cdot V'_E - 2x_{equiv} = 0$ soit $x_{equiv} = \frac{c' \cdot V'_E}{2}$

et $n_{I_2} - x_{equiv} = 0$ soit $n_{I_2}(5\text{mL}) = x_{equiv}$

$$\text{donc } n_{I_2}(5\text{mL}) = \frac{c' \cdot V'_E}{2}$$

Le mélange réactionnel a un volume $V_1 + V_2 = 20,0 \text{ mL}$, donc $n_{I_2}(90) = 4 \times n_{I_2}(5\text{mL})$

soit $n_{I_2}(90) = 2c' \cdot V'_E$ quantité de matière de diiode formé au bout de 90 minutes dans le mélange réactionnel.

$$\mathbf{2.3.2.} \quad n_{I_2}(90) = 2 \times 2,5 \times 10^{-3} \times 9,2 \times 10^{-3}$$

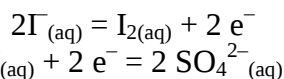
$$n_{I_2}(90) = \mathbf{4,6 \times 10^{-5} \text{ mol}}$$

2.3.3. Oui la valeur calculée est compatible avec celle du 1.2.3. puisque les deux méthodes conduisent effectivement au même résultat.

3. Étude théorique et bilan comparatif.

3.1. $I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}$ oxydation des ions iodure

$S_2O_8^{2-}(aq) / SO_4^{2-}(aq)$ réduction des ions peroxodisulfate



3.2.1. Relation stœchiométrique		$2I^-_{(aq)}$	$+ S_2O_8^{2-}(aq)$	$= I_{2(aq)}$	$+ 2SO_4^{2-}(aq)$
État du système	Avancement	Quantité de matière en mol			
État initial	$x = 0$	$c_1 \cdot V_1$	$c_2 \cdot V_2$	0	0
Au cours de la transformation	x	$c_1 \cdot V_1 - 2x$	$c_2 \cdot V_2 - x$	x	$2x$
État final attendu	x_{max}	$c_1 \cdot V_1 - 2x_{max}$	$c_2 \cdot V_2 - x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$

3.2.2. Si I^- est le réactif limitant alors $c_1 \cdot V_1 - 2x_{max} = 0$

$$\text{soit } x_{\max} = \frac{c_1 \cdot V_1}{2} = \frac{5,0 \times 10^{-1} \times 10,0 \times 10^{-3}}{2} \quad x_{\max} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Si $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq})$ est le réactif limitant alors $c_2 \cdot V_2 - x_{\max} = 0$ soit $x_{\max} = c_2 \cdot V_2 = 5,0 \times 10^{-3} \times 10,0 \times 10^{-3}$
 $x_{\max} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$

Le réactif limitant est celui qui conduit à l'avancement maximal le plus faible, il s'agit donc de $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq})$ et $x_{\max} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$.

D'après le tableau $n_{I_2} = x_{\max} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$ **quantité maximale de diiode**

3.3. Dans la question 1.2.3., la spectrophotométrie nous a permis de trouver $n_{I_2} = 4,6 \times 10^{-5} \text{ mol}$

Dans la question 2.3.2, le titrage nous a conduit à la même valeur.

En théorie, si la transformation est totale, on aurait pu obtenir $n_{I_2} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$.

On peut calculer l'écart relatif entre ces deux valeurs: $\frac{|n_{\text{exp}}(I_2) - n_{\text{th}}(I_2)|}{n_{\text{th}}(I_2)} = \frac{|4,6 - 5,0|}{5,0} = 0,080$

Soit un écart relatif de 8 % .

Deux hypothèses sont possibles:

- soit à $t = 90 \text{ min}$, la transformation lente n'était pas terminée.
- soit la transformation totale a eu le temps de se terminer mais des erreurs expérimentales lors du titrage (erreur sur la détermination de V'_E) ou lors du suivi spectrophotométrique ont été commises. (erreurs peu importantes puisque 8% d'écart seulement)