

Les Ondes Mécaniques Progressives Périodiques

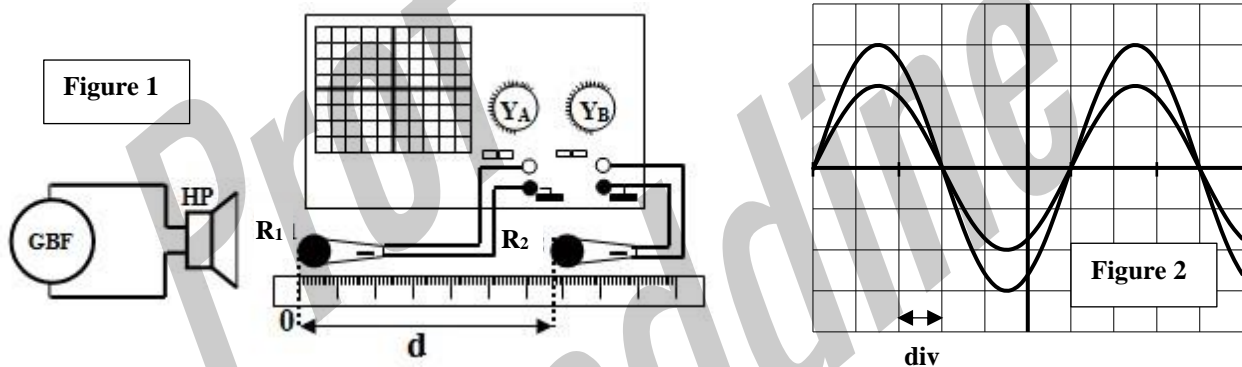
Exercice 1 : étude d'une onde sonore et une onde lumineuse

Durant une séance de travaux pratiques, un professeur et ses élèves ont essayé de déterminer la vitesse de propagation d'une onde sonore et la longueur d'une onde lumineuse

1- Détermination expérimentale de la célérité des ondes sonores

Pour déterminer la vitesse de propagation d'une onde sonore dans l'air, on réalise le montage expérimental représenté sur la figure 1 tel que les deux microphones soient séparés par une distance d , on obtient sur l'écran d'un oscilloscope pour $d_1 = 41\text{cm}$ les deux courbes (figure 2) représentant les variations de la tension aux bornes de chaque microphone

La sensibilité horizontale pour les deux voix : $0,1\text{ms/div}$



- 1.1- Déterminer graphiquement la valeur de la période T des ondes sonores émises par le haut-parleur.
- 1.2- On déplace horizontalement le microphone M_2 selon la droite (Δ) jusqu'à ce que les deux courbes soient de nouveau en phase pour la première fois, la distance entre les deux microphones est $d_2 = 61,5\text{cm}$
 - a) Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ de l'onde sonore
 - b) Calculer la vitesse v de propagation de l'onde sonore dans l'air

2- Détermination expérimentale de la longueur d'onde d'une onde lumineuse :

Pour déterminer la longueur d'onde λ d'une onde lumineuse. On éclaire une fente de largeur $a = 5.10^{-5}\text{m}$ à l'aide d'un faisceau lumineux monochromatique. Sur un écran placé à une distance $D = 3\text{m}$ de la fente, on observe des taches lumineuses

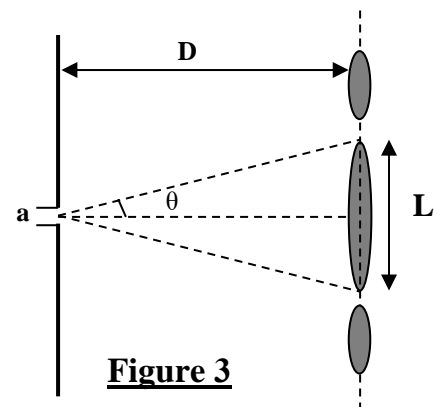


Figure 3

(figure3) La mesure de la largeur de la tache centrale a donné la valeur $L=7,6.10^{-2}m$

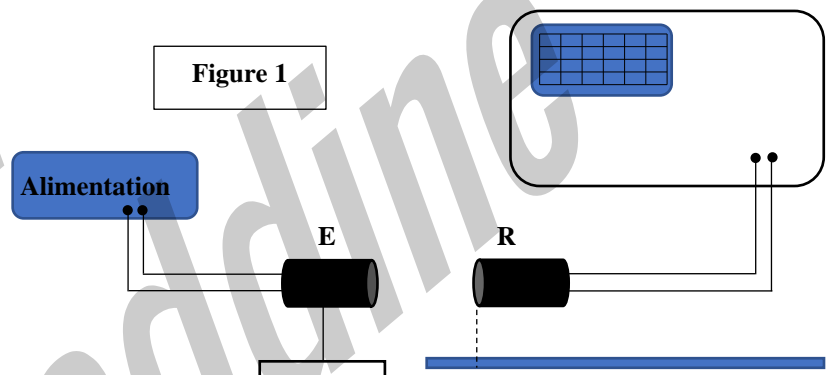
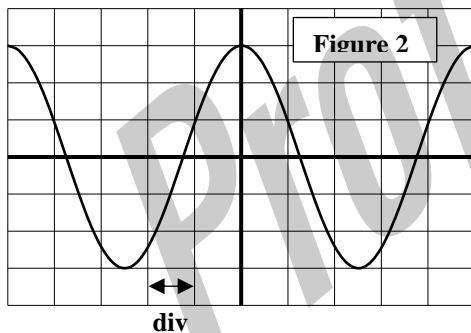
- 2.1- Quel est le nom du phénomène mis en évidence par cette expérience
- 2.2- exprimer l'expression de l'écart angulaire θ en fonction de L et D . On prend $\text{tg } \theta \approx \theta$
- 2.3- Calculer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée.

Exercice 2 : Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air et mesure des profondeurs des eaux

1- Etude de la propagation d'une onde ultrasonore

Pour étudier la propagation des ondes ultrasonores dans l'eau, on utilise le montage suivant (figure 1) ? E un émetteur et R un récepteur

- 1.1- Définir une onde mécanique progressive
- 1.2- L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse
- 1.3- La courbe de la figure 2 représente les variations de la tension aux bornes du récepteur R, la sensibilité horizontale est $S_h=2\mu s/div$
 - 1.3.1- Déterminer graphiquement la valeur de la période T de l'onde reçus par le récepteur R
 - 1.3.2- Déterminer la valeur λ de la longueur d'onde sachant que la vitesse de propagation de l'onde sonore dans l'aire est : $V_{air}=340m/s$

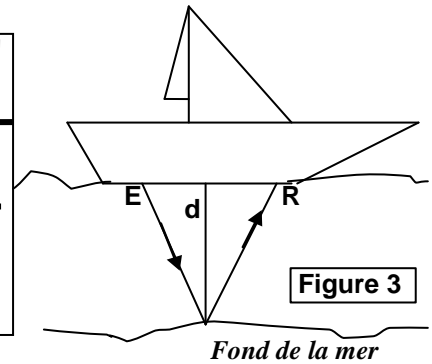
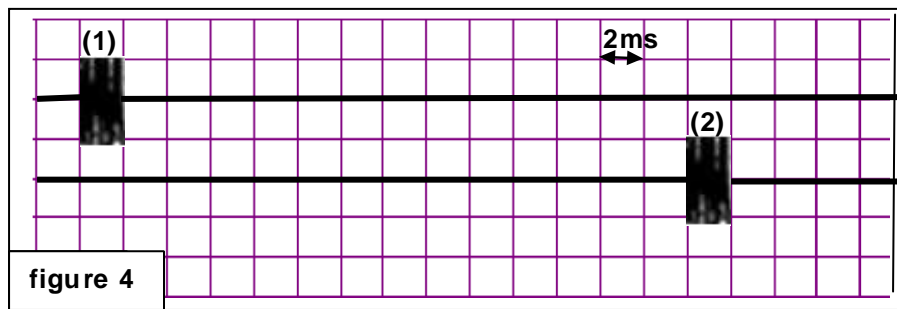


2- Détermination de la profondeur des eaux :

Un sondeur acoustique classique (Le sonar) est composé d'une sonde comportant un émetteur et un récepteur d'onde ultrasonore. la sonde envoie une onde ultrasonore verticalement en direction du fond. Cette onde ultrasonore se déplace dans l'eau à une vitesse constante v_{eau} . Et quand elle rencontre un obstacle, une partie de l'onde est réfléchi et renvoyée vers la source. La détermination du retard entre l'émission et la réception du signal permet de calculer la profondeur p ;

Pour déterminer la profondeur de l'eau dans un port, un navire envoie à l'aide d'un émetteur E, un signal ultrasonore périodique vers le fond de la mer. le signal réfléchi sur le fond est capté par un récepteur (Figure3) le schéma de la figure 4 représente le signal émis par E et le signal reçu par R visualisé par un appareil convenable.

- 2.1- Déterminer Δt La durée qui sépare l'instant de l'envoi du signal et l'instant de la réception de la partie réfléchi ;
- 2.2- On considère que les ultrasons suivent une trajectoire verticale. Déduire la valeur de d la profondeur de l'eau dans l'endroit où se trouve le bateau, sachant la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'eau est : $V_{eau} = 1,5 .10^3m$



Exercice 3 : Les ondes mécaniques

des perturbations à la surface de l'eau provoquent la formation des ondes mécaniques qui se propagent avec une vitesse V

Le but de cet exercice est d'étudier la propagation des ondes mécaniques progressives à la surface de l'eau

- 1- Dans une cuve à onde une plaque verticale (P) liée à un vibreur de fréquence $N=50\text{Hz}$ crée des ondes rectilignes progressives à la surface de l'eau qui se propagent sans amortissement ni réflexion, la figure 1 représente la forme de la surface de l'eau à un instant donné, $d=15\text{mm}$
 - 1.1- A l'aide de la figure 1 déterminer la longueur d'onde λ
 - 1.2- Déduire la valeur de la vitesse v de propagation de l'onde à la surface de l'eau
 - 1.3- On considère un point M du milieu de propagation (figure 1). Calculer le retard τ de la vibration du point M par rapport à la source S
 - 1.4- On double la fréquence du vibreur ($N'=2N$) la longueur d'onde devient $\lambda'=3\text{mm}$. Calculer la vitesse v' de propagation de l'onde dans ce cas et dites si le milieu est dispersif ou non, justifier votre réponse
- 2- On fixe de nouveau la fréquence du vibreur à la valeur $N=50\text{Hz}$ et on place dans la cuve à onde une plaque munie d'une ouverture de largeur a (figure 2)
Dessiner en justifiant la réponse la forme de la surface de l'eau après la plaque pour $a=4\text{mm}$ et $a=10\text{mm}$

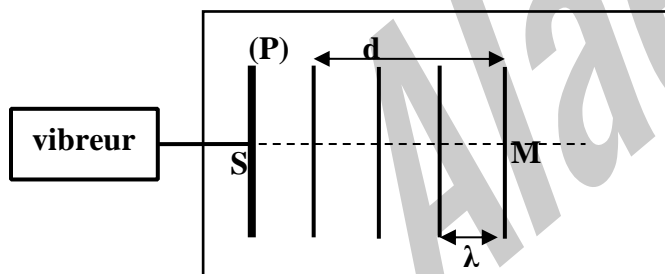


Figure 1

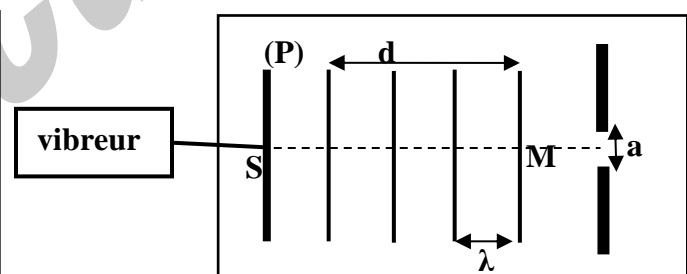


Figure 2

Exercice 4 : Propagation d'une onde

Les ondes mécaniques et lumineuses se propagent avec des vitesses v tel que $v \leq c$, c la vitesse de la lumière dans le vide. La propagation nécessite soit le vide ou des milieux matériels unidimensionnels,

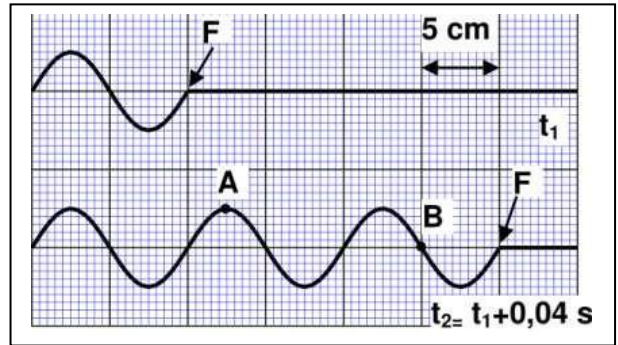
bidimensionnels ou tridimensionnels et conduit dans certains cas à l'apparition de phénomènes physiques : les interférences, la dispersion ...

1- Propagation d'une onde mécanique :

1.1- Choisis la bonne réponse :

- a- L onde sonore est longitudinale.
- b- L onde sonore se propage dans le vide.
- c- L'onde sonore se propage dans un milieu tridimensionnel.
- d- L onde sonore se propage à la vitesse de la lumière.

1.2- On crée le long d'une corde une onde mécanique périodique sinusoïdale. La figure ci-dessus représente la forme de la corde aux instants t_1 et $t_2 = t_1 + 0,04s$, le point F représente le front de l'onde. En utilisant le schéma :



- a- Trouver la valeur de λ la longueur d onde.
- b- Calculer v la célérité de l'onde.
- c- Préciser T la période de l'onde.

1.3- On considère deux points A et B de la corde (voir figure). Trouver la valeur de τ le retard temporel du mouvement de B par rapport à A.

2- Propagation d'une onde lumineuse.

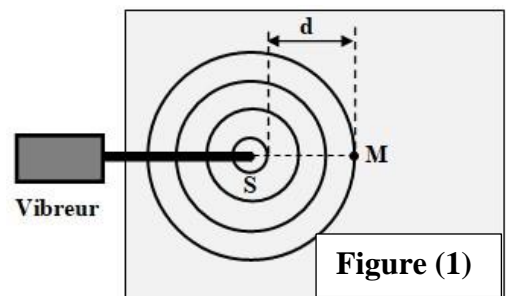
On éclaire une fente de largeur a par un faisceau lumineux monochromatique issu d'un appareil laser, sa longueur d'onde est λ dans l'air. On observe sur un écran situé à une distance D de la fente la formation de taches lumineuses mettant en évidence le phénomène de diffraction. la largeur de la tâche principale est L . Et on l'exprime par la relation : $L = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{a}$.

- 2.1- Quelle est la nature de la lumière mise en évidence par le phénomène de diffraction ?
- 2.2- Lorsqu' on utilise une lumière de longueur d'onde $\lambda = 400nm$ la largeur de la tache centrale est $L = 1,7cm$. Dans le cas d'une lumière de longueur d'onde λ' la largeur de la tache centrale est $L' = 3,4cm$. Trouver la valeur de la longueur d'onde λ' .

Exercice 5 : Propagation des ondes à la surface de l'eau :

À l'aide d'un vibreur de fréquence réglable, on crée à l'instant $t_0 = 0$, en un point S de la surface de l'eau d'une cuve à ondes, des ondes progressives sinusoïdales. Ces ondes se propagent sans atténuation et sans réflexion. On règle la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 50Hz$.

Le document de la figure (1), représente l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné. **Donnée :** $d = 15mm$.



- 1. Définir une onde mécanique progressive.
- 2. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

2.1. La valeur de la longueur d'onde λ de l'onde qui se propage à la surface de l'eau est :

| | | | | | | | |
|---|------------------|---|-------------------|---|-----------------|---|-------------------|
| A | $\lambda = 15mm$ | B | $\lambda = 7,5mm$ | C | $\lambda = 5mm$ | D | $\lambda = 1,5mm$ |
|---|------------------|---|-------------------|---|-----------------|---|-------------------|

2.2. La valeur de la vitesse v de propagation de l'onde à la surface de l'eau est :

| | | | | | | | |
|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|
| A | $v = 0,75m.s^{-1}$ | B | $v = 0,35m.s^{-1}$ | C | $v = 0,25m.s^{-1}$ | D | $v = 0,15m.s^{-1}$ |
|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|

2.3. On considère un point M de la surface de l'eau, tel que $SM = 17,5\text{mm}$. L'élongation $y_M(t)$ du point M en fonction de l'élongation $y_S(t)$ de la source s'écrit :

| | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
| A | $y_M(t) = y_S(t - 0,07)$ | B | $y_M(t) = y_S(t - 0,35)$ | C | $y_M(t) = y_S(t + 0,07)$ | D | $y_M(t) = y_S(t + 0,35)$ |
|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|

3. On règle la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 100\text{Hz}$ la longueur d'onde devient $\lambda' = 3\text{mm}$. L'eau est-elle un milieu dispersif ? Justifier.

4. On règle à nouveau la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 50\text{Hz}$ et on place dans l'eau de la cuve un obstacle contenant une ouverture de largeur $a = 4,5\text{mm}$ (figure 2).

4.1. Nommer le phénomène qui se produit. Justifier.

4.2. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

Les valeurs de la longueur d'onde et de la vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau lorsque l'onde dépasse l'ouverture sont :

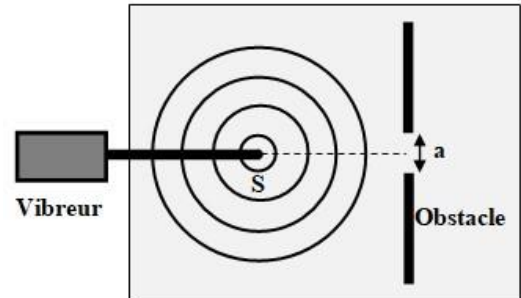


Figure (2)

| | | | | | | | |
|---|----------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------|
| A | $\lambda = 3\text{mm}$ $v = 0,15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ | B | $\lambda = 15\text{mm}$ $v = 0,10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ | C | $\lambda = 5\text{mm}$ $v = 0,20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ | D | $\lambda = 5\text{mm}$ $v = 0,25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ |
|---|----------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------|

Exercice 6: Propagation d'une onde

Durant des séances de travaux pratiques, des élèves ont procédé à :

- l'étude de la propagation d'une onde mécanique progressive périodique à la surface de l'eau ;
- la détermination de la vitesse de propagation du son dans la salle de TP ;
- la détermination de la longueur d'onde d'une onde lumineuse monochromatique.

1. **Propagation d'une onde à la surface de l'eau** On produit à l'aide d'une plaque (P) d'un vibreur, à la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes, des ondes progressives périodiques de fréquence $N = 10\text{ Hz}$. Les ondes se propagent sans amortissement ni réflexion. La figure (1) donne l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné.

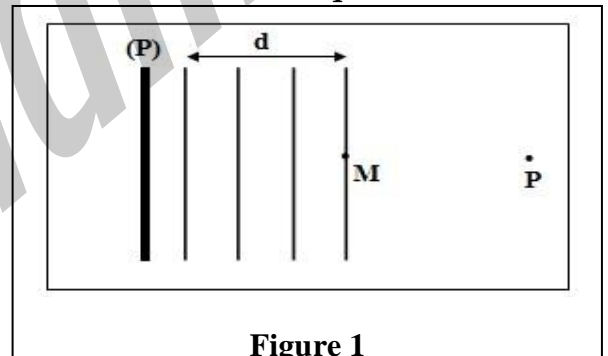


Figure 1

Donnée : $d = 6\text{ cm}$.

1.1. Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ .

1.2. Déduire la valeur de la vitesse de propagation v à la surface de l'eau.

1.3. On considère deux points M et P de la surface de l'eau, tel que $MP = 7\text{ cm}$ (figure 1). Calculer le retard temporel τ de la vibration du point P par rapport à M.

2. Détermination expérimentale de la vitesse de propagation du son

Pour déterminer la vitesse de propagation d'une onde sonore dans la salle de TP, l'enseignant a préparé le montage expérimental de la figure (2) qui comporte :

- deux microphones M_1 et M_2 séparés par une distance d ;
- un oscilloscope ;
- un haut-parleur ;
- un GBF réglé à une fréquence N .

La figure (3) donne les oscillogrammes observés pour une distance $d_1 = 21 \text{ cm}$.

La sensibilité horizontale est $S_h = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ s.div}^{-1}$.

2.1. Déterminer la valeur de la période T de l'onde sonore.

2.2. On déplace horizontalement le microphone M_2 progressivement par rapport à M_1 jusqu'à ce que les deux courbes soient à nouveau en phase. La distance entre les deux microphones est alors $d_2 = 41,5 \text{ cm}$.

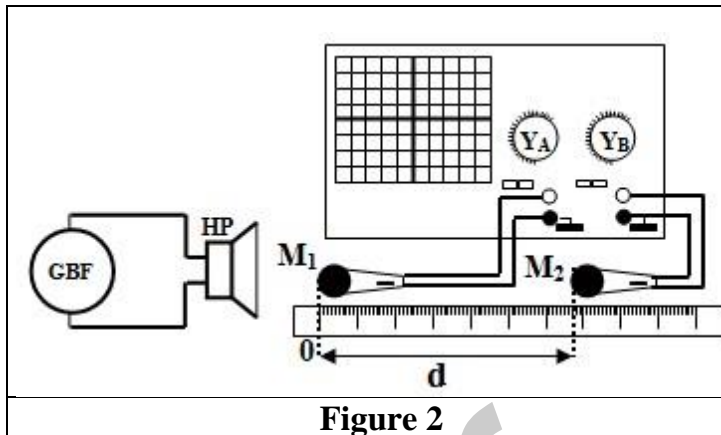


Figure 2

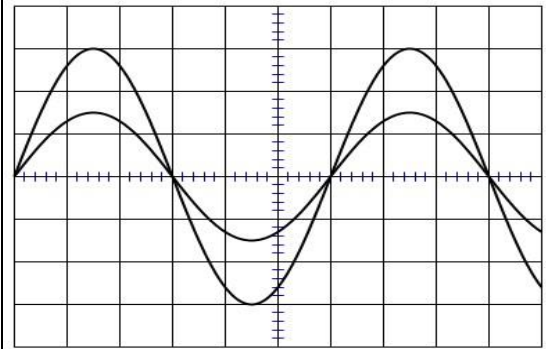


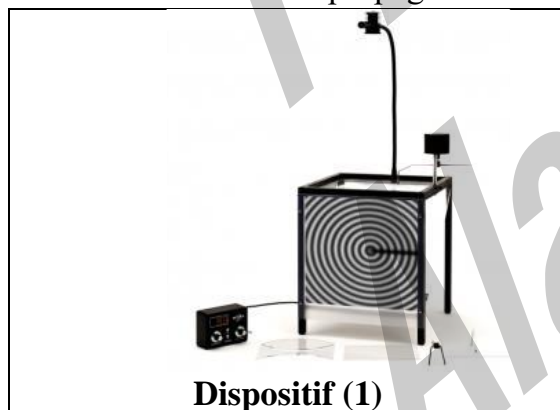
Figure 3

- Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ de l'onde sonore.
- Calculer la valeur de la vitesse de propagation v du son dans l'air.

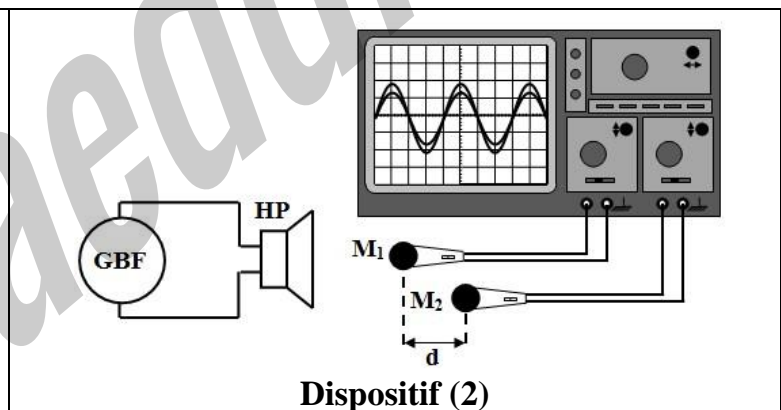
Exercice 7 : Propagation des ondes

La propagation des ondes est un phénomène naturel qui peut se produire dans certains milieux. Dans différentes conditions, l'étude d'une telle propagation peut engendrer des informations sur la nature des ondes, leurs caractéristiques, et sur le milieu de propagation.

La figure ci-dessous donne deux dispositifs (1) et (2) permettant d'étudier la propagation d'une onde à la surface de l'eau et la propagation du son dans l'air.

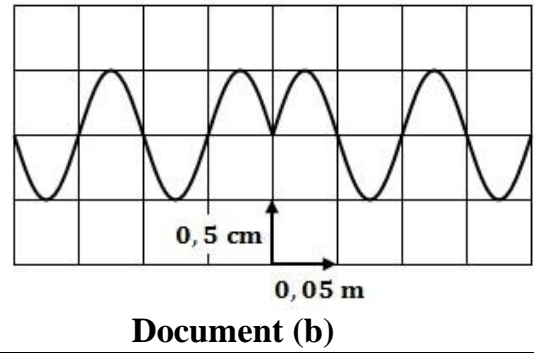
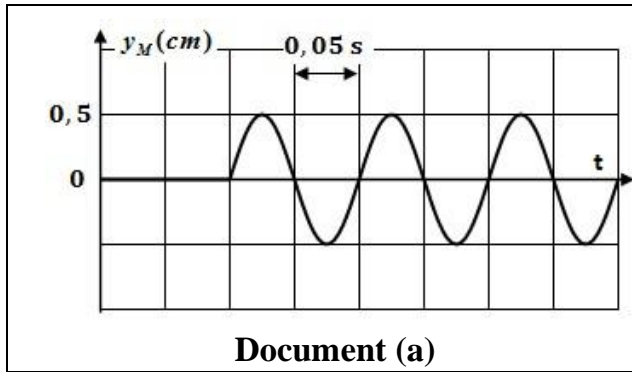


Dispositif (1)



Dispositif (2)

- Quelle est la nature de l'onde mécanique produite respectivement par les sources de ces deux dispositifs ?
- Dans le dispositif (1), un vibreur produit une onde progressive sinusoïdale de fréquence N_1 . Une étude expérimentale a permis d'obtenir le document (a) représentant l'élongation d'un point M de la surface de l'eau en fonction du temps et le document (b) représentant l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné.



- 2.1. Lequel des deux documents (a) et (b) montre une périodicité spatiale ?
- 2.2. Déterminer la fréquence N_1 de l'onde.
- 2.3. Calculer la célérité v_1 de propagation de l'onde à la surface de l'eau.
- 2.4. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

L'élongation du point M en fonction de l'élongation de la source S s'écrit :

| | | | | | | | |
|----------|-------------------------|----------|--------------------------|----------|-------------------------|----------|--------------------------|
| A | $y_M(t) = y_S(t + 0,1)$ | B | $y_M(t) = y_S(t + 0,05)$ | C | $y_M(t) = y_S(t - 0,1)$ | D | $y_M(t) = y_S(t - 0,05)$ |
|----------|-------------------------|----------|--------------------------|----------|-------------------------|----------|--------------------------|

3. On interpose à la surface de l'eau un obstacle muni d'une ouverture de diamètre $L = 8\text{cm}$. L'onde produite à la surface de l'eau par la source se propage après avoir traversé l'ouverture.
 - 3.1. Quel phénomène peut-on observer lorsque l'onde traverse l'ouverture ? Justifier.
 - 3.2. Déduire la longueur d'onde λ_2 et la célérité de propagation v_2 de l'onde au-delà de l'ouverture.
4. Le haut-parleur du dispositif (2), émet des ondes sonores de fréquence $N_2 = 10\text{kHz}$.
 - 4.1. Les ondes sonores produites peuvent-elles se propager dans le vide ? Justifier.
 - 4.2. Les ondes sont captées par deux microphones M_1 et M_2 qui occupent la même position. Les courbes visualisées sur l'écran de l'oscilloscope apparaissent en phase.

Lorsqu'on déplace M_2 par rapport à M_1 d'une distance $d = 34\text{cm}$, les deux courbes observées à l'oscilloscope apparaissent à nouveau en phase pour la dixième (10) fois. Déduire la célérité de propagation du son dans l'air.

Exercice 8 : La propagation d'une onde mécanique progressive

Dans une séance de travaux pratiques un ensemble d'élève ont étudié la propagation d'une onde mécanique progressive à la surface de l'eau pour déterminer quelques-unes de ces caractéristiques

- 1- A l'aide de la pointe (S) d'un vibreur vertical de fréquence $N = 20\text{Hz}$, on crée à l'instant $t = 0$ des ondes progressives sinusoïdales à la surface libre de l'eau dans une cuve à onde, elle se propagent sans amortissement ni réflexion, la figure (1) montre l'aspect de la surface de l'eau à l'instant t_1 , les cercles représentent des rides
 - 1.1- Est-ce que l'onde à la surface de l'eau est une onde longitudinale ou transversale ? Justifier
 - 1.2- Déterminer la longueur d'onde λ
 - 1.3- Déduire la valeur de la vitesse v de la propagation de l'onde à la surface de l'eau
 - 1.4- On considère un point M du milieu de propagation situé à la distance $SM = 5\text{cm}$ de la source S. Calculer la valeur du retard τ

2- sur la trajectoire d ondes on place un obstacle muni d'une ouverture de largeur a et on fait marcher le vibreur de fréquence $N=20\text{Hz}$, la figure 2 représente l'aspect de la surface de l'eau à l'instant t.

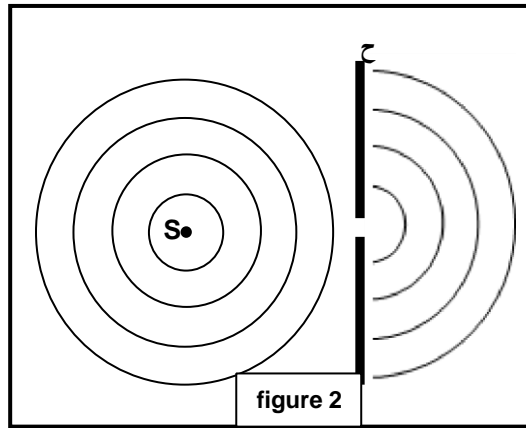


figure 2

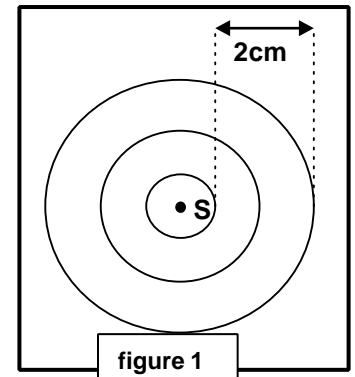


figure 1

2.1- Donner le nom du phénomène observe à la figure 2, justifier la réponse

2.2- Déterminer, en justifiant la réponse, la valeur v de la vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau après avoir traversée l'obstacle.

Exercice 9 : Propagation d'une onde

Les ondes sonores et ultrasonores sont des ondes qui se propagent dans différents milieux, et elles sont utilisées dans différents domaines, et elles sont caractérisées par leurs fréquences.

Le but de cet exercice est de déterminer les propriétés de la propagation d'une onde et la nature du milieu de propagation

- 1- Définir une onde mécanique progressive
- 2- Donner la réponse juste parmi ces propositions

| | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|
| a | Les ondes sonores et ultrasonores sont des ondes longitudinales |
| b | Les ondes sonores se propagent dans l'air par compression et décompression de l'air |
| c | Les ondes sonores sont audibles par l'oreille humaine |
| d | La fréquence des ondes sonores et ultrasonores dépend du milieu de propagation |

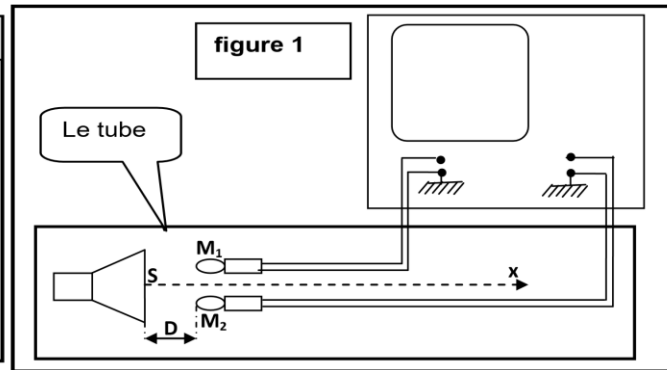
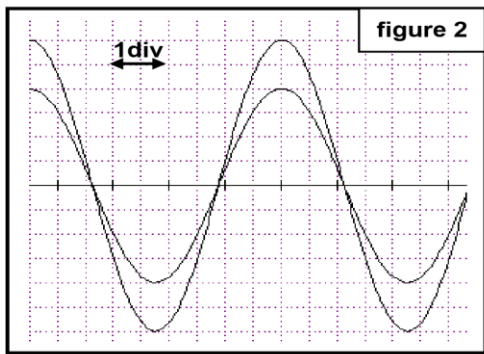
3- Un haut-parleur (S) émet un son à travers un tube rempli de gaz, et contenant deux microphones M_1 et M_2 sur une même droite avec (S) et situé à une distance D de (S), On branche M_1 et M_2 à un oscilloscope (figure 1), on laisse M_1 fixe et on écarte M_2 suivant l'axe S_x jusqu'à ce que les deux courbes soit en phase pour la première fois on obtient les courbes de la figure 2, la distance entre M_1 et M_2 est $d=15,6\text{cm}$.

La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est $s_h=100\mu\text{s/div}$.

- 3.1- Montrer que la longueur d'onde des ondes sonores qui se propage dans le tube est : $\lambda=15,6\text{cm}$
- 3.2- Déterminer graphiquement la valeur de la période T des ondes sonores
- 3.3- Déterminer la valeur de la vitesse v de la propagation de l'onde dans le gaz
- 3.4- Le tableau suivant donne les valeurs de la vitesse de propagation dans différents gaz et dans les conditions expérimentales

| Le gaz | Diazote | Dioxygène | Dichlore | Dihydrogène |
|------------------------------|---------|-----------|----------|-------------|
| Vitesse de propagation (m/s) | 346 | 324 | 217 | 1300 |

Déduire de ces résultats le gaz qui constitue le milieu de propagation.



Exercice 10 : Ondes ultrasonores

Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques qui peuvent se propager dans des milieux différents. Elles engendrent dans des conditions bien définies certains phénomènes physiques.

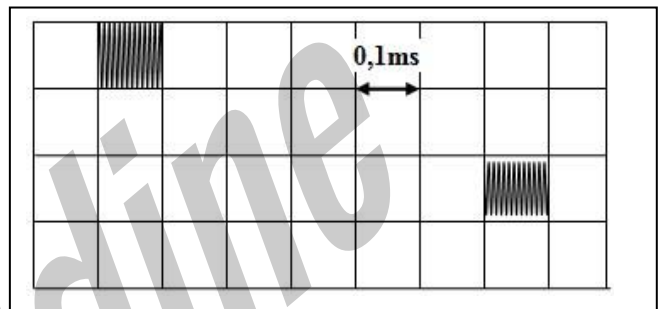
Pour déterminer la célérité d'une onde ultrasonore de fréquence N dans deux milieux différents, on utilise un dispositif constitué d'un émetteur **E** et d'un récepteur **R** fixés aux extrémités d'un tube. **E** et **R** sont reliés à un oscilloscope.

Données :

- * Distance émetteur - récepteur : $D=ER= 1 \text{ m}$;
- * $N= 40 \text{ kHz}$.

- 1- L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ?
- 2- On remplit le tube par de l'eau.
L'oscillogramme ci-contre représente le signal émis par **E** et celui reçu par **R**.

Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.



2.1. La célérité des ultrasons dans l'eau vaut :

| | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|----------------------------|---|-----------------------------|---|----------------------------|
| A | $c = 1520 \text{ m.s}^{-1}$ | B | $c = 620 \text{ m.s}^{-1}$ | C | $c = 1667 \text{ m.s}^{-1}$ | D | $c = 330 \text{ m.s}^{-1}$ |
|---|-----------------------------|---|----------------------------|---|-----------------------------|---|----------------------------|

2.2. La longueur d'onde de l'onde ultrasonore vaut :

| | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|
| A | $\lambda = 25,2 \text{ mm}$ | B | $\lambda = 30,5 \text{ mm}$ | C | $\lambda = 37,2 \text{ mm}$ | D | $\lambda = 41,7 \text{ mm}$ |
|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|

- 3- On remplace l'eau par un autre liquide, on constate que le décalage horaire entre le signal émis et le signal reçu est $\Delta t = 0,9 \text{ s}$.

La célérité des ultrasons dans le liquide, a-t-elle augmenté ou diminué par rapport à celle dans l'eau ? Justifier.

Exercice 11

Les vents créent aux larges des océans des vagues qui se propagent vers les côtes. Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement de ces vagues

On considère que les ondes se propageant à la surface des eaux des mers sont progressives et sinusoïdales de période $T = 7 \text{ s}$.

- 1- L'onde étudiée est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

- 2- Calculer V , la vitesse de propagation de ces ondes, sachant que la distance séparant deux crêtes consécutives est $d = 70$ m.
- 3- La figure 1 modélise une coupe verticale de l'aspect de la surface de l'eau à un instant t .

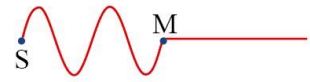


Figure 1

On néglige le phénomène de dispersion, et on considère S comme source de l'onde et M son front loin de S de la distance SM .

3-1- A l'aide de la figure 1, écrire l'expression du retard temporel τ du mouvement de M par rapport à S en fonction de la longueur d'onde λ . Calculer la valeur de τ .

3-2- Préciser, en justifiant, le sens du mouvement de M à l'instant où l'onde l'atteint.

- 4- Les ondes arrivent à un portail de largeur $a = 60$ m situé entre deux quais d'un port (Figure 2). Recopier le schéma de la figure 2, et représenter dessus les ondes après la traversée du portail, et donner le nom du phénomène observé.

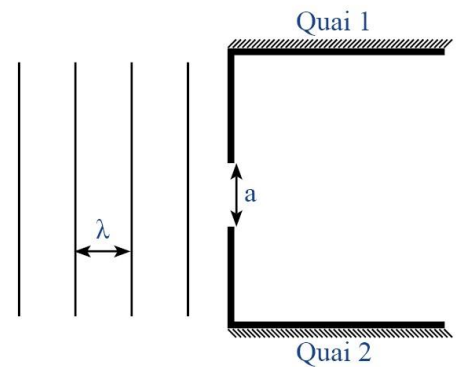


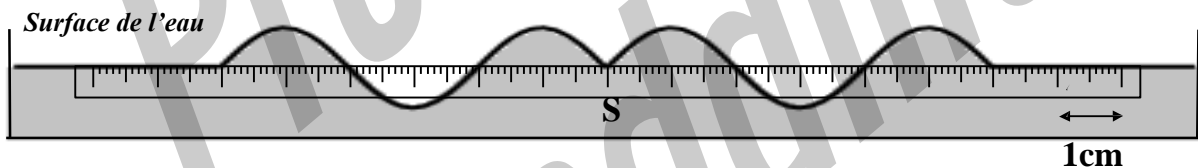
Figure 2

Exercice 12

Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau :

On crée, à l'instant t_0 , en un point S de la surface de l'eau, une onde mécanique progressive sinusoïdale de fréquence $N = 50$ Hz

La figure ci-dessous représente une coupe verticale de la surface de l'eau à un instant t . La règle graduée sur le schéma indique l'échelle utilisée.



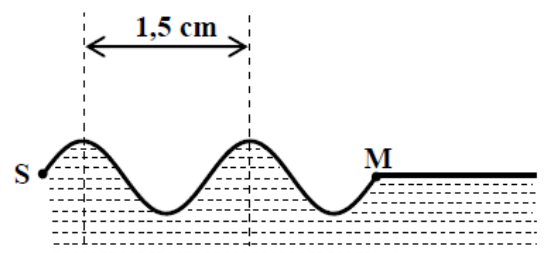
Déterminer :

- 1- Longueur d'onde
- 2- La vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau,
- 3- L'instant t , où la coupe de la surface de l'eau est représentée,
- 4- On considère un point M de la surface de l'eau, éloigné de la source S d'une distance $SM = 6$ cm. Le point M reprend le même mouvement que celui de S avec un retard temporel τ . écrire la relation entre l'élongation du point M et celle de la source S ?

Exercice 13

Pour étudier la propagation des ondes mécaniques à la surface de l'eau, on utilise une cuve à ondes. Le but de cette partie de l'exercice est de déterminer quelques grandeurs caractéristiques d'une onde mécanique.

A l'aide d'un vibreur d'une cuve à ondes, on crée en un point S de la surface libre de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $N = 20$ Hz. Cette onde se propage à $t = 0$ à partir du point S , sans amortissement et sans réflexion.



La figure ci-contre représente une coupe, dans un plan vertical, d'une partie de la surface de l'eau à l'instant de date t_1 .

- 1 L'onde qui se propage à la surface de l'eau est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier.
- 2 Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde étudiée.
- 3 Dédurre la célérité V de l'onde à la surface de l'eau.
- 4 Le point M , situé à la distance $d = SM$ du point S , est le front de l'onde à l'instant de date t_1 .
Exprimer le retard temporel τ du mouvement de M par rapport au mouvement de S , en fonction de la période T de l'onde. Calculer τ .

Exercice 14

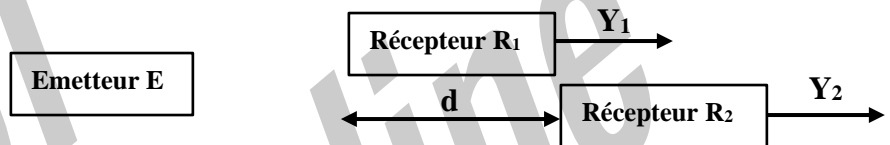
On trouve parmi les applications des ondes ultrasonores, l'exploration du relief des fonds marins et la localisation des regroupements de poissons, ce qui nécessite la connaissance de la vitesse de propagation de ces ondes dans l'eau de mer.

Le but de cet exercice est de déterminer la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'air et dans l'eau de mer.

1- Détermination de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'air

On place un émetteur E d'ondes ultrasonores et deux récepteurs R_1 et R_2 comme l'indique la figure 1. L'émetteur E envoie une onde ultrasonore progressive sinusoïdale qui se propage dans l'air. Celle-ci est captée par les deux récepteurs R_1 et R_2 .

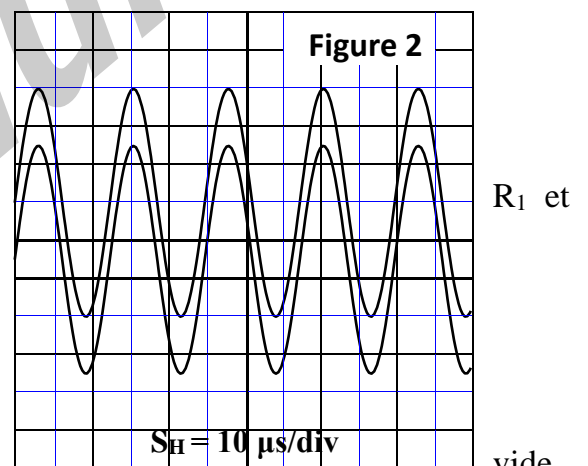
On visualise, à l'oscilloscope sur la voie Y_1 le signal capté par R_1 et sur la voie Y_2 le signal capté par R_2 .



2 . Lorsque les deux récepteurs R_1 et R_2 se trouvent à la même distance de l'émetteur E , les deux courbes correspondant aux signaux captés sont en phase (figure 2).

En éloignant R_2 de R_1 , on constate que les deux courbes ne restent plus en phase.

En continuant d'éloigner R_2 de R_1 , on constate que les deux courbes se retrouvent à nouveau en phase et pour la quatrième fois, lorsque la distance entre les deux récepteurs R_2 est $d = 3,4$ cm (fig 1)



1-1- Choisir la proposition juste, parmi les propositions suivantes :

- a- Les ondes ultrasonores sont des ondes électromagnétiques.
- b- Les ondes ultrasonores ne se propagent pas dans le
- c- Le phénomène de diffraction ne peut pas être obtenu par les ondes ultrasonores.
- d- Les ondes ultrasonores se propagent dans l'air avec une vitesse égale à la célérité de la lumière

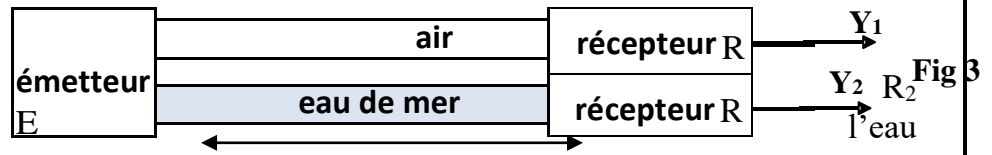
1-2- Déterminer la fréquence N de l'onde ultrasonore étudiée.

1-3- Vérifier que la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'air est $V_a = 340$ m.s⁻¹.

2- Détermination de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'eau de mer

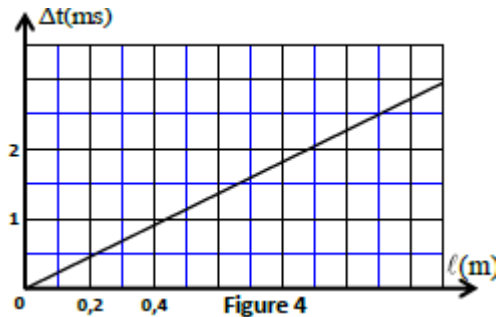
L'émetteur envoie l'onde ultrasonore précédente dans deux tubes, l'un contenant de l'air l'autre étant rempli d'eau de mer (figure 3).

Le récepteur R_1 capte l'onde qui se propage dans l'air et le récepteur R_2 capte l'onde qui se propage dans de mer.



Soient Δt le retard temporel de réception de l'onde qui se propage dans l'air par rapport à celle qui se propage dans l'eau de mer et l la distance entre l'émetteur et les deux récepteurs. En mesurant le retard Δt pour différentes distances entre L'émetteur et les deux récepteurs (figure 3), on obtient la courbe de la figure 4.

- 2-1- Exprimer Δt en fonction de l , V_a et V_e vitesse de propagation de l'onde dans l'eau de mer.
- 2-2- Déterminer la valeur de V_e .



Exercice 15

Les ondes ultrasonores sont des ondes de fréquence supérieure à celle des ondes sonores audibles par l'homme. Elles sont exploitées dans plusieurs domaines, comme l'échographie.

Le but de cet exercice est :

- L'étude de la propagation des ondes ultrasonores ;
- Détermination des dimensions d'un tube métallique.

1- Propagation des ondes mécaniques :

1-1- a- Ecrire la définition de l'onde mécanique progressive.

b- Quelle est la différence entre l'onde mécanique longitudinale et l'onde mécanique transversale ?

1-2- Propagation des ondes ultrasonores dans l'eau :

On pose un émetteur E et deux récepteurs R_1 et R_2 d'ondes ultrasonores dans une cuve remplie d'eau, de façon que l'émetteur et les deux récepteurs sont alignés suivant une règle graduée (Figure 1).

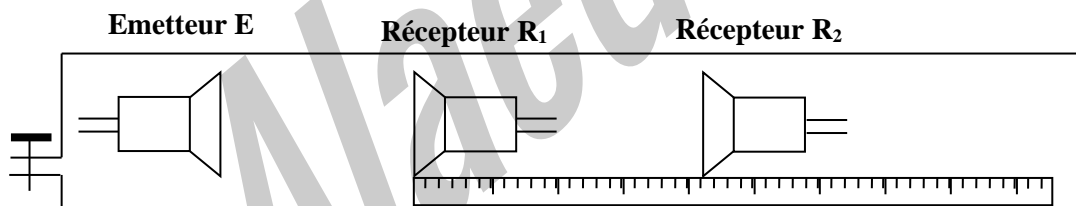
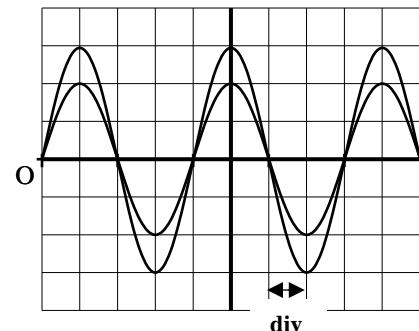


Figure 1

L'émetteur émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'eau et arrive aux récepteurs R_1 et R_2 . Les deux signaux captés par les deux récepteurs R_1 et R_2 , sont appliqués successivement aux entrées d'un oscilloscope.

Lorsque les deux récepteurs R_1 et R_2 se trouvent au zéro de la règle, on constate sur l'écran de l'oscilloscope l'oscillogramme représenté sur la figure 2, où les deux courbes correspondant aux signaux captés par R_1 et R_2 sont en phases.



La sensibilité horizontale est fixée sur $5 \mu\text{s}\cdot\text{div}^{-1}$.

On éloigne R_2 suivant la règle graduée, on constate que la courbe correspondante au signal capté par R_2 est décalée vers la droite. Les deux signaux captés par R_1 et R_2 deviennent à nouveau en phase, lorsque la distance entre R_1 et R_2 est $d = 3 \text{ cm}$.

- a- Ecrire la définition de la longueur d'onde λ .
- b- Ecrire la relation entre la longueur d'onde λ , la fréquence N des ultrasons et sa célérité de propagation dans un milieu quelconque.
- c- En déduire de cette expérience, la valeur V_e de la célérité de propagation des ultrasons dans l'eau.

1-3- Propagation des ultrasons dans l'air :

On conserve le même dispositif précédent ($d = 3 \text{ cm}$), et on vide la cuve, le milieu de propagation des ultrasons devient ainsi l'air. On observe que les deux courbes correspondant aux signaux captés par R_1 et R_2 ne sont plus en phases.

- a- Expliquer le phénomène observé.
- b- Calculer la valeur minimale de la distance de laquelle il faut éloigner le récepteur R_2 pour que les deux signaux deviennent à nouveau en phase.

On donne : La célérité de propagation des ultrasons dans l'air $V_a = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2- Utilisation des ultrasons pour mesurer les dimensions d'un tube métallique.

Une sonde jouant le rôle d'un émetteur et récepteur, émet une onde ultrasonore de courte durée dans une direction normale à l'axe du tube cylindrique (Figure 3).

Cette onde traverse le tube et se réfléchit à chaque changement de milieu de propagation, pour revenir à la sonde, qui la transforme en signal électrique de courte durée. On visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, les signaux émis et reçus. L'oscillogramme obtenu au cours du test fait sur le tube, a permis de tracer le diagramme de la figure 4.

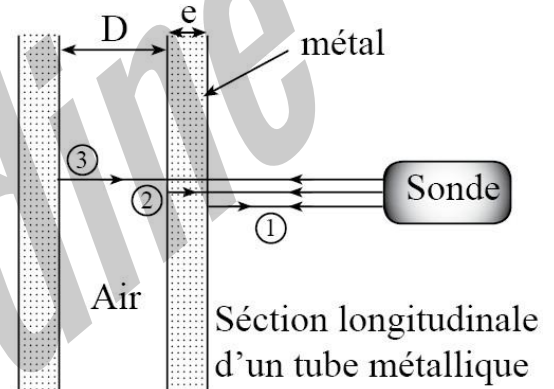


Fig 3

On observe des raies sous forme de pics verticaux : P_0, P_1, P_2, P_3 . Figure 4.

- P_0 : correspond à l'instant de l'émission.
- P_1 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie (1).
- P_2 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie (2)
- P_3 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie (3). On donne : la vitesse de propagation des ultrasons :

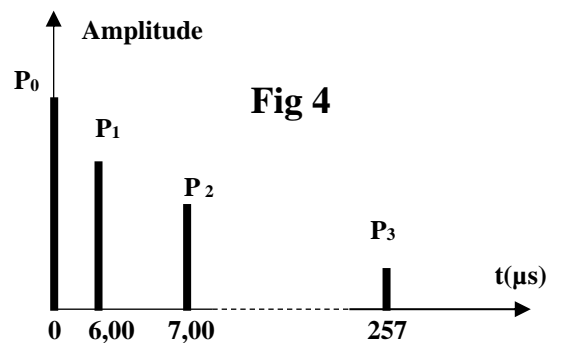


Fig 4

On donne : la vitesse de propagation des ultrasons :

- Dans le métal du tube : $v_m = 1,00 \cdot 10^4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- Dans l'air : $v_a = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- 2-1- Trouver l'épaisseur e du métal du tube ;
 2-2- Trouver la valeur D du diamètre interne du tube.

Exercice 16

L'échographie est un outil du diagnostic médical. Sa technique utilise une sonde à ultrasons.

1- Détermination de la célérité d'une onde ultrasonore dans l'air

On se propose de déterminer la célérité d'une onde ultrasonore dans l'air à partir de la mesure de la longueur d'onde λ d'un signal émis par la sonde d'un échographe de fréquence $N=40\text{kHz}$. Pour cela on utilise un émetteur E produisant une onde périodique sinusoïdale de même fréquence que celle de sonde.

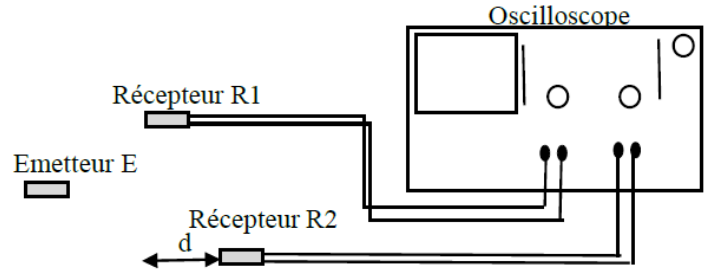


Figure 1

Les récepteurs R_1 et R_2 sont à égales distances de l'émetteur E . Lorsqu'on éloigne le récepteur R_2 d'une distance d (Figure 1), les deux sinusoïdes visualisées sur l'oscilloscope se décalent. Les deux courbes sont en phase à chaque fois que la distance d entre R_1 et R_2 est un multiple entier n de λ avec $n \in \mathbb{N}^*$.

- 1.1- Définir la longueur d'onde.
- 1.2- Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes :
 - a- Les ultrasons sont des ondes transportant la matière.
 - b- Les ultrasons sont des ondes mécaniques.
 - c- Les ultrasons se propagent avec la même vitesse dans tous les milieux.
 - d- Le domaine de la longueur d'onde des ondes ultrasonores est : $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$.
- 1.3- Dans l'expérience réalisée, on relève pour $n = 12$, la distance $d = 10,2 \text{ cm}$. Déterminer la célérité de l'onde dans l'air.

2- Application à l'échographie :

La sonde échographique utilisée est à la fois un émetteur et un récepteur. Lorsque les ondes se propagent dans le corps humain, elles sont en partie réfléchies par les parois séparant deux milieux différents.

La partie réfléchie de l'onde est reçue par la sonde puis analysée par un système informatique.

La figure 2 représente le schéma du dispositif permettant l'échographie d'un fœtus. Lors de l'examen, une salve d'ondes est émise par l'émetteur de la sonde à la date $t = 0$. L'onde est réfléchie au point M_1 et au point M_2 .

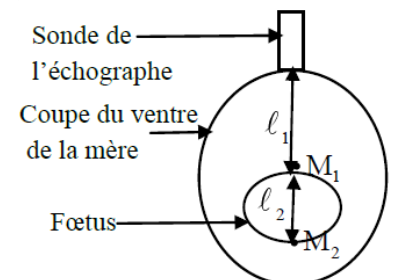


Figure 2

La sonde reçoit la première onde réfléchie à la date $t = t_1 = 80\mu\text{s}$ et la deuxième à la date $t = t_2 = 130\mu\text{s}$.

Trouver l'épaisseur ℓ_2 du fœtus.

3- Diffraction de l'onde ultrasonore dans l'air :

Le schéma expérimental représenté sur la figure 3 comporte :

- L'émetteur E émettant l'onde ultrasonore de fréquence $N = 40\text{kHz}$,
- Le récepteur $R1$ lié à un oscilloscope,
- Une plaque métallique (P) percée d'une fente (P) rectangulaire de largeur a très petite devant sa longueur,

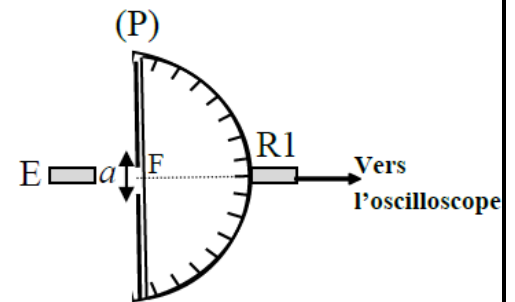


Figure 3

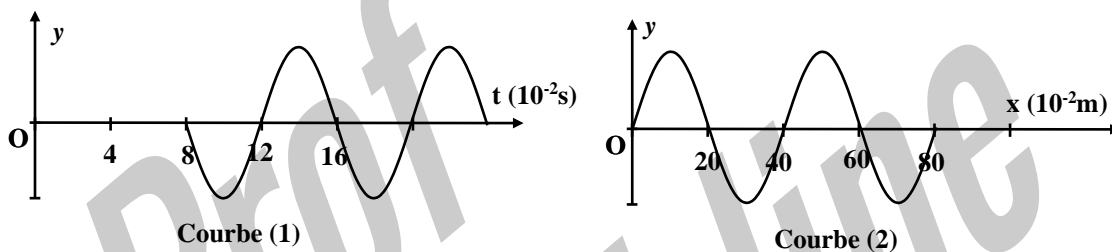
- une feuille graduée permettant de mesurer les On déplace le récepteur R1 dans le plan horizontal d'un angle θ sur l'arc de cercle de centre F et de rayon $r = 40$ cm et on note pour chaque amplitude U_m de l'onde reçue par R1, l'angle θ correspondant.
- 3.1- Comparer la longueur d'onde de l'onde tant. incidente avec celle de l'onde
- 3.2- On donne $a = 2,6$ cm. Trouver la distance du déplacement du récepteur pour observer le premier minimum d'amplitude U_m de la tension du récepteur.

Exercice 17 : Propagation d'une onde le long d'une corde

Une lame vibrante en mouvement sinusoïdal de fréquence N , fixée à l'extrémité S d'une corde élastique SA très longue et tendue horizontalement, génère le long de celle-ci une onde progressive périodique non amortie de célérité v . Un dispositif approprié, placé en A , empêche toute réflexion des ondes.

Le mouvement de S débute à l'instant $t = 0$.

Les courbes (1) et (2) de la figure ci-dessous représentent l'élongation d'un point M de la corde, situé à la distance d de S , et l'aspect de la corde à un instant t_1 .



- 1- Identifier, en justifiant, la courbe représentant l'aspect de la corde à l'instant t_1 .
- 2- Donner le nombre d'affirmations justes parmi les affirmations suivantes :
 - a- Le phénomène de diffraction ne se produit jamais pour une onde mécanique.
 - b- Les ondes progressives périodiques sinusoïdales se caractérisent par une périodicité temporelle et une périodicité spatiale.
 - c- L'onde qui se propage le long de la corde est une onde longitudinale.
 - d- La vitesse de propagation d'une onde mécanique ne dépend pas de l'amplitude de l'onde.
- 3- Par exploitation des courbes précédentes, déterminer :
 - 3.1- La longueur d'onde λ , la période T et la célérité v de l'onde.
 - 3.2- Le retard temporel τ du point M par rapport à la source S de l'onde et déduire la distance d .
- 4- On donne la relation qui lie la célérité v de l'onde, la tension F de la corde et sa masse linéique μ (quotient de la masse sur la longueur) : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.
 - 4.1- En utilisant les équations aux dimensions, vérifier l'homogénéité de la relation précédente.
 - 4.2- La corde est-elle un milieu dispersif ? Justifier.
 - 4.3- On double la tension F de la corde ($F' = 2F$) sans modifier la fréquence N . Déterminer dans ce cas la longueur d'onde λ' .