

**Ondes mécaniques progressives périodiques : Exercices****Exercices 1**

Lors d'une séance de travaux pratiques, on a mesuré la fréquence  $N$  et la longueur  $\lambda$  d'une onde sonore sinusoïdale se propageant dans l'air.

On a trouvé  $N = 1200\text{Hz}$  et  $\lambda = 28\text{cm}$

1.
  - a. Quelle est la nature de cette onde ?
  - b. Pourquoi cette onde est-elle audible ?
2.
  - a. Une telle onde possède une double périodicité. Préciser.
  - b. Donner les valeurs des deux grandeurs précédentes.
3.
  - a. Si on devait "visualiser" graphiquement cette onde à un instant donné, que porterait-on en abscisse et en ordonnée ?
  - b. Faire cette représentation en faisant apparaître la grandeur caractéristique.
4. Calculer la célérité de l'onde.

**Exercices 2**

On dispose face à face, un émetteur et un récepteur d'ondes ultrasonores. Émetteur et récepteur sont respectivement reliés aux voies  $Y_1$  et  $Y_2$  d'un oscilloscope.

On observe deux sinusoïdes décalées horizontalement. Pour chaque sinusoïde, la distance entre deux crêtes successives est égale à 2,4 divisions. la sensibilité horizontale est de  $10\mu\text{s}/\text{div}$

1.
  - a. Quelle est la fréquence de cette onde ?
  - b. Pourquoi cette onde est-elle qualifiée d'ultrasonores ?
2. Quelle est la périodicité de l'onde qui est mise en évidence ?
3. Émetteur et récepteur restant face à face, on éloigne le récepteur. on note  $D$  la distance.
  - a. Pourquoi pour certain valeur de  $D$ , les sinusoïdes sont-elle en phase ? Quelle est la périodicité de l'onde qui est mise en évidence ?
  - b. Entre  $D_1 = 20,3\text{cm}$  et  $D_2 = 28,6\text{cm}$ , les sinusoïdes se retrouvent dix fois en phase. Calculer la longueur d'onde.
4. Calculer la célérité des ondes ultrasonores.

**Exercices 3**

Sur une cuve à ondes, on crée des ondes rectilignes grâce à une réglette plane menue d'un vibreur réglé à une fréquence  $N = 50\text{Hz}$ . Ces ondes se propagent sur la surface d'eau sans atténuation et sans réflexion.

La figure 1 représente l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné, tel que  $d = 15\text{mm}$ .

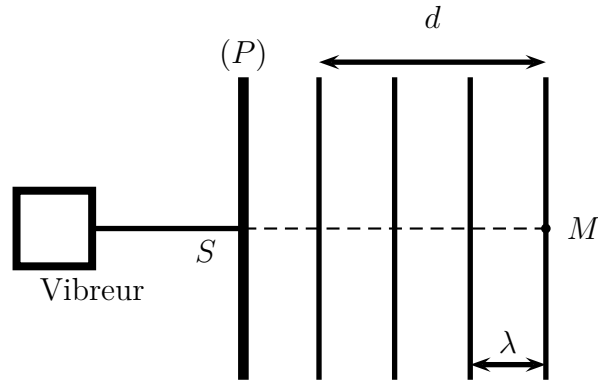


figure 1

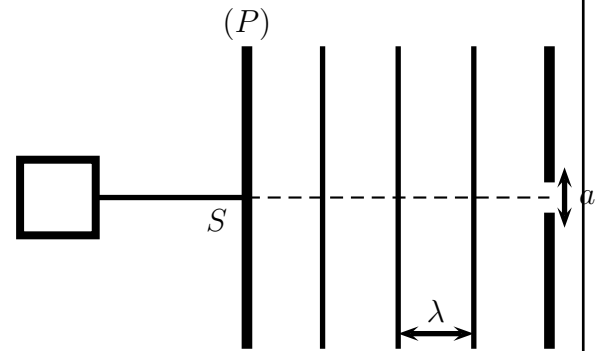


figure 2

1.
  - a. À l'aide de la figure 1 , déterminer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$
  - b. En déduire  $V$  la vitesse de propagation des ondes sur la surface de l'eau .
  - c. On considère un point  $M$  de la surface de propagation (figure 1) . Calculer le retard  $\tau$  de la vibration du point  $M$  par rapport à la source  $S$  .
  - d. On double la valeur de la fréquence  $N' = 2N$  , la longueur d'onde est  $\lambda' = 3mm$ . Calculer  $V'$  la valeur de la vitesse de propagation dans ce cas . L'eau est-elle un milieu dispersif? Justifier .
2. On règle à nouveau la fréquence du vibreur à la valeur  $50Hz$  . On place dans la cuve un obstacle contenant une ouverture de largeur  $a$  . Voir figure 2 . Représenter , en justifiant la réponse , l'aspect de la surface d'eau lorsque les ondes dépassent l'obstacle dans les deux cas :  $a = 4mm$  et  $a = 10mm$  .

#### Exercices 4

On immerge dans une cuve remplie d'eau une plaque en plexiglas d'épaisseur  $e$  . On place dans l'eau une sonde formée par un émetteur  $E$  et un récepteur  $R$  des ondes ultrasonores . Voir figure 1

On visualise, à l'aide d'un dispositif approprié le signal émet et reçu par la sonde . La durée du signal ultrasonore est très petite de façon qu'elle soit représenter par une raie verticale.

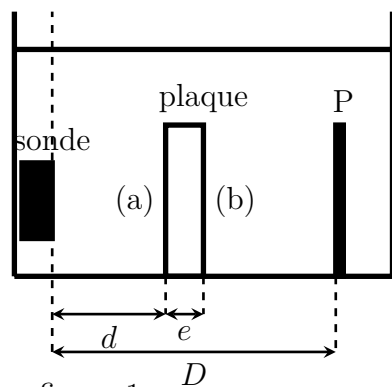


figure 1

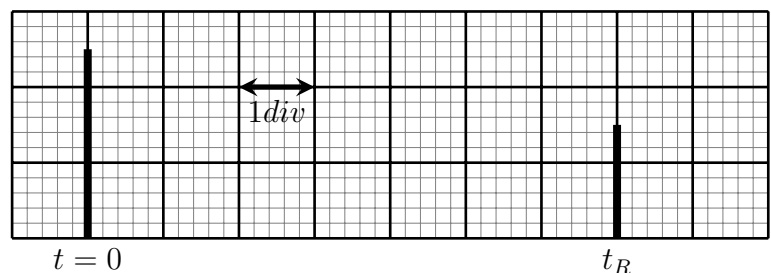


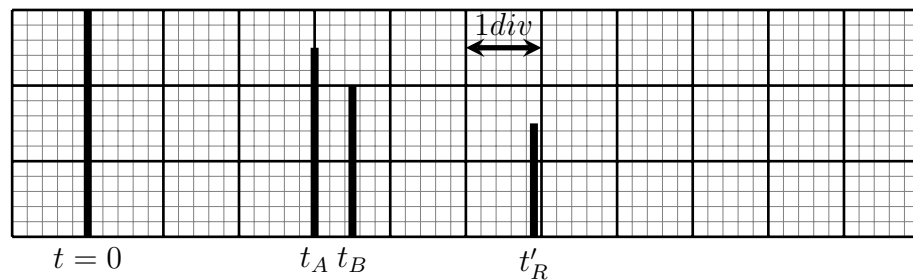
figure 2

1. En absence de la plaque plexiglas , on obtient oscillogramme du figure 2 . la sonde capte le signale ultrasonore à l'instant  $t_R$  après qu'il soit réfléchi par le plan P . Prouver la relation

$$t_R = \frac{2D}{v}$$

tel que  $v$  est la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'eau.

2. On obtient l'oscillogramme de la figure 3 lorsqu'on ajoute la plaque plexiglas dans la cuve . Soit  $t_A$  et  $t_B$  les deux instants où la sonde capte les ondes réfléchies successivement sur les faces (a) et (b) de la plaque plexiglas,  $t'_R$  , l'instant où la sonde capte l'onde réfléchi sur le plan P et  $v'$  la vitesse de propagation de l'onde dans le plexiglas.



balayage horizontal  $20\mu s/\text{div}$

figure 3

- a. Dans quel milieu ( eau, plexiglas ) la vitesse de propagation ultrasonore est grande? Justifier votre réponse .
- b. Exprimer  $t'_R$  en fonction de  $D$  ,  $e$  ,  $v$  et  $v'$
- c. Déterminer l'expression de l'épaisseur  $e$  en fonction de  $v$ ,  $t_R$ ,  $t_A$  et  $t_B$ .  
Calculer la valeur de  $e$  sachant que la vitesse des ondes ultrasonores dans l'eau est  $1,42 \times 10^3 \text{ m/s}$

### Exercices 5

Les ondes ultrasonores , ce sont des ondes mécaniques de fréquence plus grande que celle des ondes audibles . On l'exploit dans des différentes domaines comme l'examen par échographie .

Le but de cette exercice est :

- \* L'étude de la propagation d'une onde ultrasonore .
- \* La détermination des dimensions d'une tube métallique .

#### I. Propagation d'une onde mécanique

1. a. Donner la définition d'une onde mécanique progressive .  
b. citer la différence entre une onde mécanique transversale et une onde mécanique longitudinale .

#### 2. Propagation d'une onde ultrasonore dans l'eau

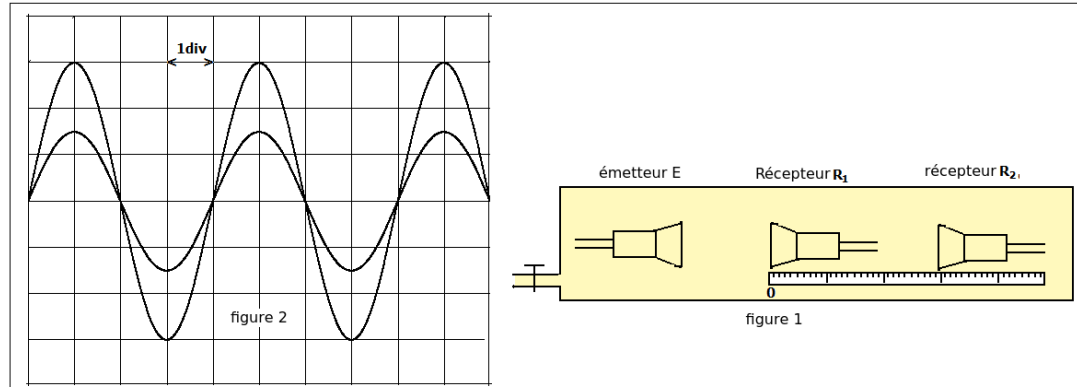
On dispose un émetteur E et deux récepteurs  $R_1$  et  $R_2$  dans une cuve rempli d'eau , de tel sorte que l'émetteur E et les deux récepteurs sont alignés sur une

règle graduée . (fig 1)

L'émetteur émet une onde ultrasonore progressive sinusoïdale qui se propage dans l'eau et reçue par  $R_1$  et  $R_2$  .

Les deux signaux qui sont reçus par les deux récepteurs  $R_1$  et  $R_2$  successivement, sont visualisés à les entrées  $Y_1$  et  $Y_2$  d'un oscilloscope .

Lorsque les deux récepteurs  $R_1$  et  $R_2$  sont placés sur le zéro de la règle graduée , on observe sur l'écran de l'oscilloscope l'oscillogramme de la figure 2 , où les deux courbes qui correspond aux deux signaux reçus par  $R_1$  et  $R_2$  sont en phase .



La sensibilité horizontale :  $5\mu s/div$ .

On éloigne le récepteur  $R_2$  suivant la règle graduée , on observe que la courbe correspondant au signal détecté par  $R_2$  se translate vers la droite et les deux signaux reçus par  $R_1$  et  $R_2$  deviendront , à nouveau , en phase lorsque la distance qui les sépare est de  $d = 3cm$ .

- Donner la définition de la longueur d'onde  $\lambda$  .
- Écrire la relation entre la longueur d'onde  $\lambda$  , la fréquence  $N$  des ondes ultrasonores et sa vitesse de propagation  $V$  dans milieu quelconque .
- En déduire de cet expérience la valeur  $V_e$  de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'eau.

3. **Propagation des ondes ultrasonores dans l'air** . On maintient les éléments du montage expérimentales dans ces positions ( $d=3cm$ ) et on vide la cuve de l'eau de tel façon que le milieu de propagation devient l'air , dans ce cas , on observe que les deux signaux reçus par  $R_1$  et  $R_2$  ne sont plus en phase .

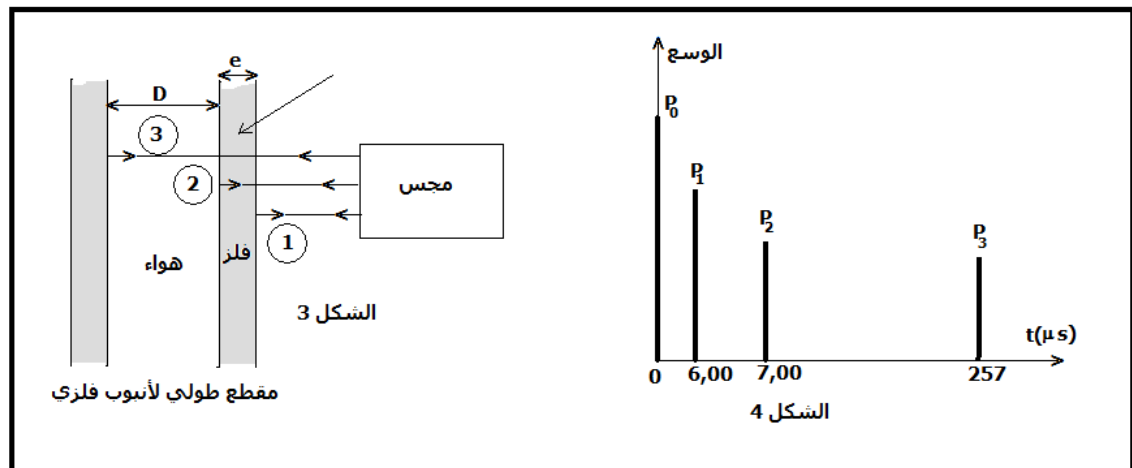
- Donner une explication à cette observation .
- Calculer la distance minimale qu'elle faut pour éloigner  $R_2$  de  $R_1$  suivant la règle graduée , pour que les deux signaux soient à nouveau en phase , sachant que la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air est  $V_a = 340m/s$

II. **Exploitation des ondes ultrasonores pour la mesure les dimensions d'une tube métallique** .

Soit une sonde qui joue le rôle d'un émetteur et récepteur , qui émet un signal ultrasonore de direction perpendiculaire à l'axe du tube métallique de la forme cylindrique , d'une durée très brève ; figure 3 .

Le signal ultrasonore traverse le tube en se propageant et il se réfléchit tant que le milieu de propagation change et revient à la sonde où il se transforme en signal électrique , d'une durée très brève .

On visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire les deux signaux, émis et reçus en même temps . L'oscillogramme obtenu au cours de l'analyse de la tube métallique permet d'obtenir le graphe de la figure 4 . On observe quatre raies verticales  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  et  $P_3$ . Figure 4



$P_0$  : correspond à la date d'instant  $t=0$  de l'émission du signal .

$P_1$  : correspond la date où la sonde capte le signal réfléchit (1) .

$P_2$  : correspond la date où la sonde capte le signal réfléchit (2) .

$P_3$  : correspond la date où la sonde capte le signal réfléchit (3)

La vitesse de propagation des ondes ultrason :

\* dans le tube métallique  $V_m = 1,00 \times 10^4 m/s$

\* Dans l'air  $V_a = 340 m/s$ .

1. Trouver l'épaisseur  $e$  du tube métallique .
2. Trouver le diamètre interne du tube métallique .

Bac SM 2009 session normale

### Correction de l'exercice 5 :

#### I. Propagation d'une onde mécanique

1. a. La définition d'une onde mécanique progressive : On appelle onde mécanique progressive le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière.
- b. Une onde transversale est provoquée par une perturbation qui est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde et longitudinale la direction de perturbation est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

## 2. Propagation d'une onde ultrasonore dans l'eau

- La longueur d'onde est la plus petite distance séparant deux points pour lesquels les perturbation du milieu sont en phase .
- La relation qui lie la longueur d'onde , la fréquence et la vitesse :

$$\lambda = V.T = \frac{V}{N}$$

- D'après l'expérience on a  $d = \lambda = 3cm$  et la fréquence  $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-6}}$  d'où  $V_e = \frac{\lambda}{T} = \frac{3 \times 10^{-2}}{20 \times 10^{-6}} = 1,5 \times 10^3 m/s$

## 3. Propagation des ondes ultrasonores dans l'air .

- Les deux signaux dans l'air ne sont plus en phase : Puisque la vitesse de propagation dépend du milieu et on fait changer le milieu de propagation de l'onde ultrasonore ( de l'eau à l'air ) la vitesse de propagation changera aussi alors la distance aussi et puisque  $V_a < V_e$  alors  $d_a < d_e$
- Soit  $\lambda'$  la nouvelle longueur d'onde dans l'air tel que  $\lambda' = V_a \times T = 340 \times 2.10^{-5} = 6,8 \times 10^{-3} m$

$$\frac{d}{\lambda'} = \frac{3 \times 10^{-2}}{6,8 \times 10^{-3}} = 4,412$$

$$d = 4,412.\lambda'$$

Pour que les deux signaux soient à nouveau en phase , il faut que  $d' = 5.\lambda'$   
Donc la distance qu'il faut ajouter pour que les signaux soient en phase est :

$$d_{min} = 5.\lambda' - 4,412.\lambda' = 0,588.\lambda' = 3,99.10^{-3} m$$

## II. Exploitation des ondes ultrasonores pour la mesure les dimensions d'une tube métallique . Soit d la distance entre la sonde et l'extérieur du tube métallique . On a d'après le schéma :

$$\begin{cases} t_1 = \frac{2d}{V_a} \\ t_2 - t_1 = \frac{2.e}{V_m} \\ t_3 - t_2 = \frac{2.D}{V_a} \end{cases}$$

- L'épaisseur e du tube métallique :

$$e = \frac{(t_2 - t_1).V_m}{2}$$

$$e = 10^{-6}.10^4 = 10^{-2} m$$

- Le diamètre interne du tube métallique .

$$D = \frac{(t_3 - t_2)V_a}{2}$$

$$e = 125.10^{-6}.340 = 4.25 cm$$