

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

Lors d'une séance de travaux pratique , on a mesuré la fréquence N et la longueur λ 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 $d = 15\text{mm}$.

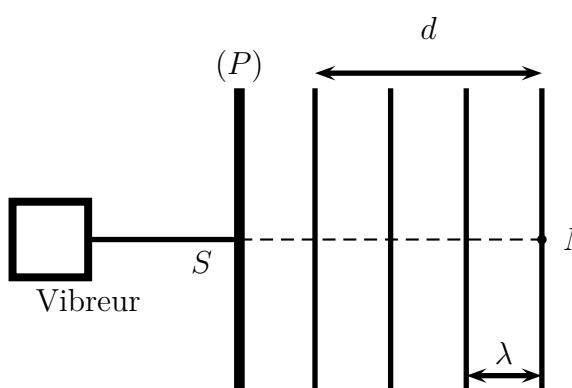


figure 1

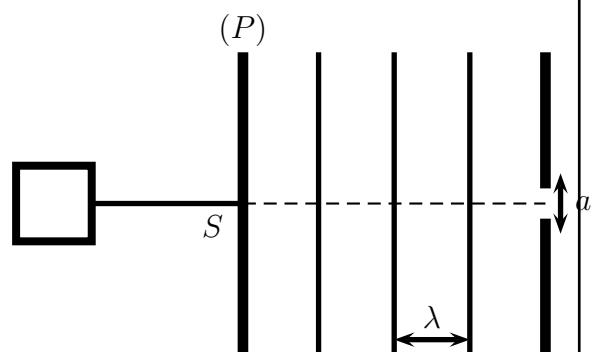


figure 2

1. a. À l'aide de la figure 1 , déterminer la valeur de la longueur d'onde λ
 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 τ 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 vibraphone 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 signale émet et reçu par la sonde . La durée du signale ultrasonore est très petite de façon qu'elle soit représenter par une raie verticale.

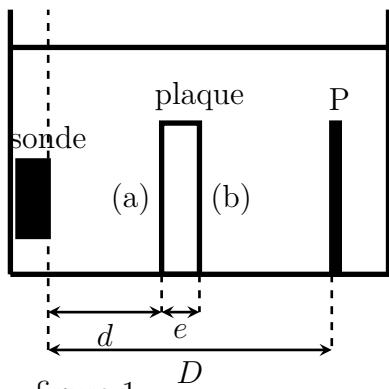


figure 1

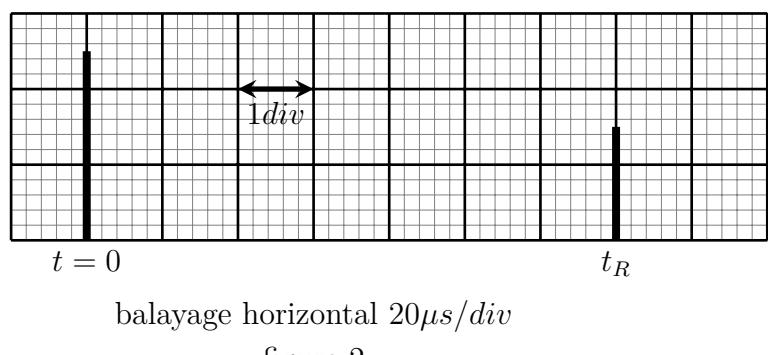


figure 2

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 réfléchie sur le plan P et v' la vitesse de propagation de l'onde dans le plexiglas.

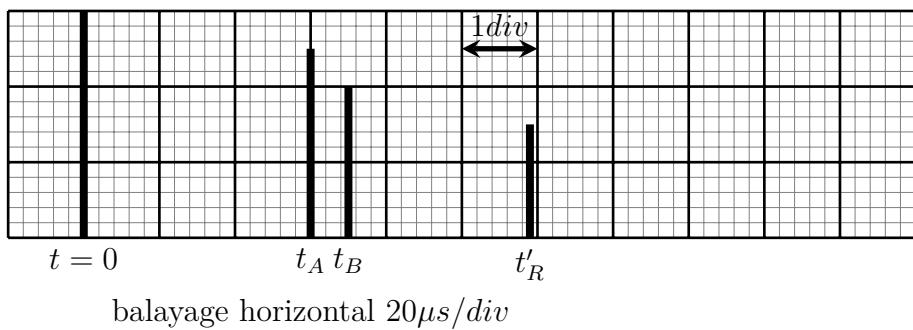


figure 3

- 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'_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

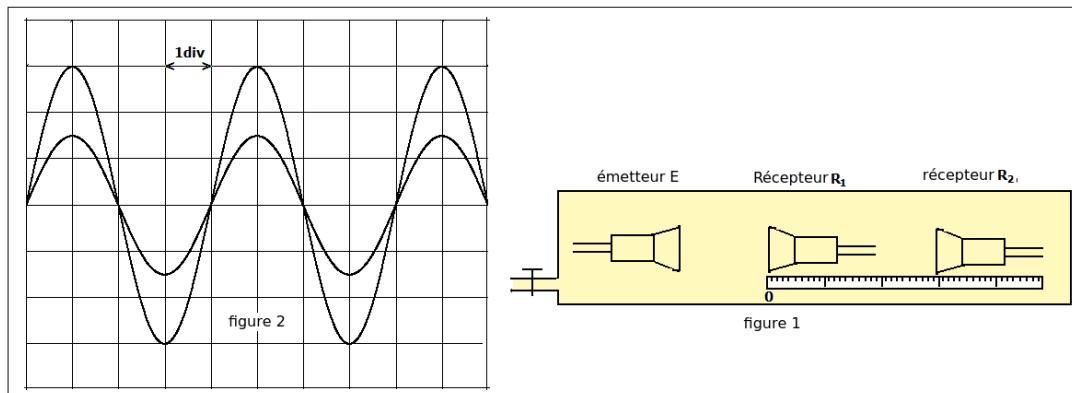
On dispose un émetteur E et deux récepteurs R_1 et R_2 dans une cuve remplie d'eau , de tel sorte que l'émetteur E et les deux récepteurs sont alignés sur une

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 correspondent 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 λ .
- Écrire la relation entre la longueur d'onde λ , 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 .

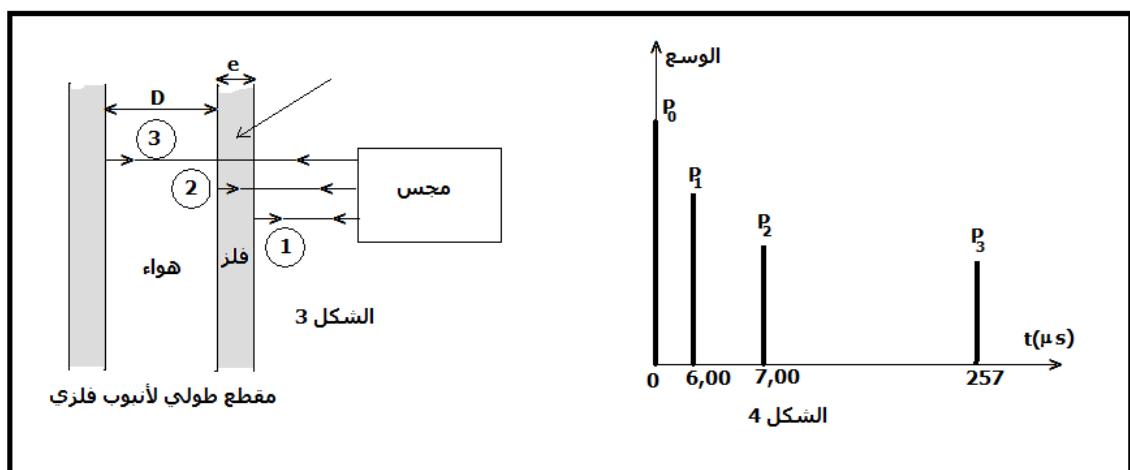
- Donner une explication à cette observation .
- Calculer la distance minimale qu'elle faut pour éloigner R_2 de R_1 suivant la règle graduée , pour que les deux signaux soient à nouveau en phase , sachant que la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air est $V_a = 340m/s$

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, émets 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 réfléchi (1) .

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

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

La vitesse de propagation des ondes ultrason : *

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

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

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 :

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

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

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 λ' la nouvelle longueur d'onde dans l'air tel que $\lambda' = V_a \times T = 340 \times 2.10^{-5} = 6,8 \times 10^{-3}\text{m}$

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

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

$$d_{\min} = 5 \cdot \lambda' - 4,412 \cdot \lambda' = 0,588 \cdot \lambda' = 3,99 \cdot 10^{-3}\text{m}$$

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 :

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

- L'épaisseur e du tube métallique :

$$e = \frac{(t_2 - t_1) \cdot V_m}{2}$$
$$e = 10^{-6} \cdot 10^4 = 10^{-2}\text{m}$$

- Le diamètre interne du tube métallique .

$$D = \frac{(t_3 - t_2) V_a}{2}$$
$$D = 125 \cdot 10^{-6} \cdot 340 = 4.25\text{cm}$$