

## Ondes mécaniques progressives périodiques : Activités

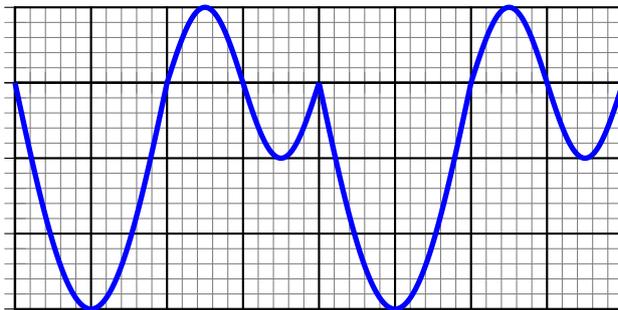
### Comment caractériser une onde mécanique progressive périodique ?

#### 1. Périodicité temporelle

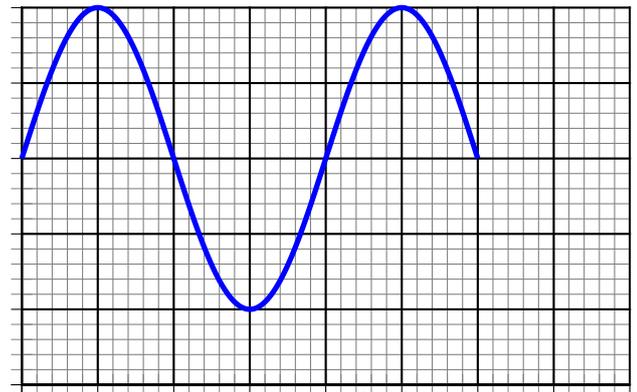
##### Activité 1

Étude d'une onde sonore périodique , en un point de l'espace .

Un microphone capte le son émis par un instrument de musique jouant une note continue , puis le son émis par un diapason . À l'aide d'un oscilloscope relié au microphone , on visualise le signal sonore .



Onde émise par l'instrument



Onde émise par le diapason

#### Exploitation :

1. Les ondes visualisées sont - elles périodiques ? .....

.....

2. comparer les deux oscillogrammes . .....

.....

3. Sachant que la sensibilité horizontale de l'oscilloscope est de  $0,5\text{ms/div}$  . Calculer la période  $T$  de l'onde sonore émise par chaque instrument , en déduire leurs fréquences .

.....

.....

.....

#### 2. Périodicité spatiale d'une onde sonore

##### Activité 2

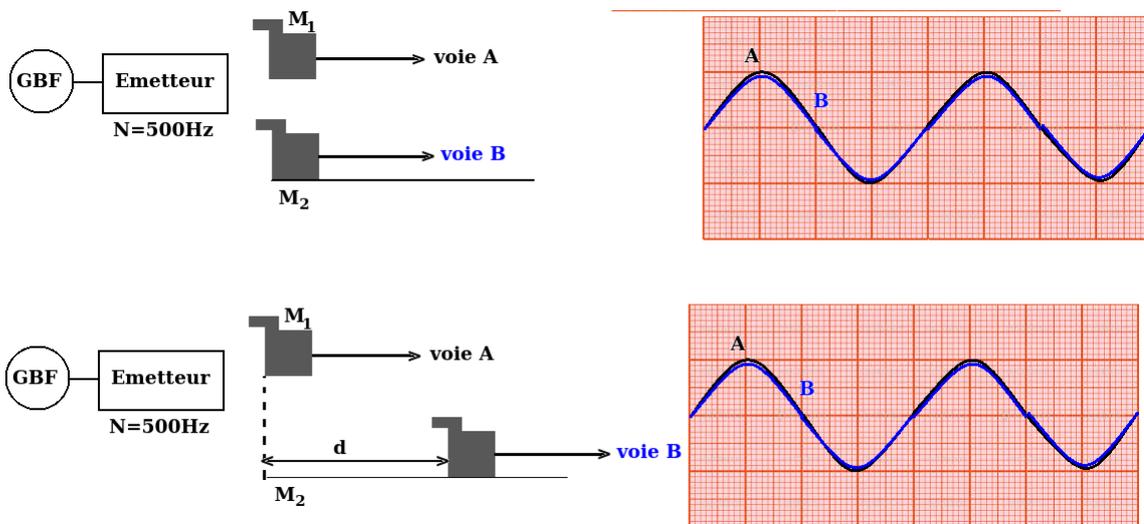
Étude d'une onde sonore périodique , au même instant , en différents point de l'espace .

On utilise deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  branchés aux deux voies de l'oscilloscope et utilise comme source des ondes ultrasons un émetteur E.

On place les deux microphones côte à côte.

On fixe  $M_1$  et on éloigne lentement  $M_2$  de la source , le long d'une règle graduée.

L'émetteur émet des ondes ultrasons progressives et périodiques sinusoïdales , la fréquence est réglée sur la valeur de  $N = 40kHz$  .



**Exploitation**

1. Qu'observe-t-on sur l'écran de l'oscilloscope :
  - a. lorsque  $M_1$  et  $M_2$  sont côte à côte ?
  - b. Lorsqu'on éloigne progressivement le microphone  $M_2$

.....

.....

.....

.....

.....

Si on continu à déplacer  $M_2$  nous retrouvons les deux sinusoïdes en phase pour des positions de  $M_2$  consécutives , équidistantes séparées à nouveau d'une distance est un multiple de  $\lambda$  .

$$d = k.\lambda$$

Donc .....

.....

**Conclusion :** .....

.....

.....

.....

.....

**Comment caractérise une onde périodique à la surface de l'eau ?**

**Activité 3**

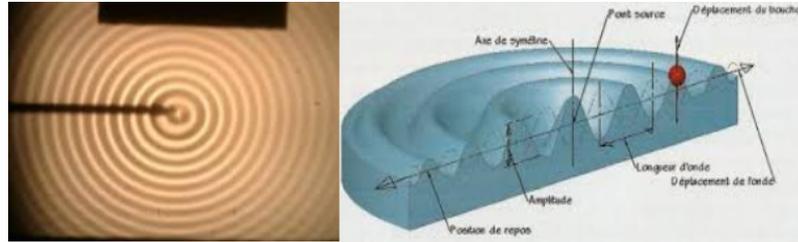
Comment étudier la propagation d'une onde périodique à la surface de l'eau ?  
 Un vibreur muni d'une pointe frappe , avec une fréquence connue , la surface de l'eau contenue

dans une cuve à ondes .

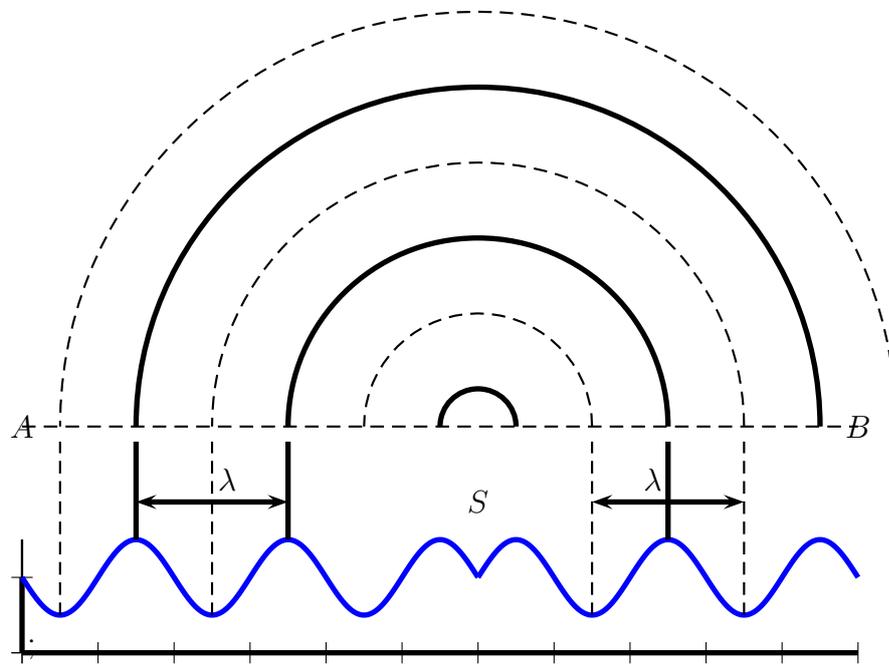
On éclaire la surface de l'eau avec un stroboscope qui est une source d'éclaires lumineux périodiques de fréquence  $N_e$  connue et réglables . Il permet de déterminer la fréquence  $N$  d'un phénomène périodique .

On commence l'éclairement par des éclaires de fréquence élevée, puis diminuer progressivement la fréquence .

*Qu'observe-t-on ?*



**Onde périodique circulaire à la surface de l'eau**



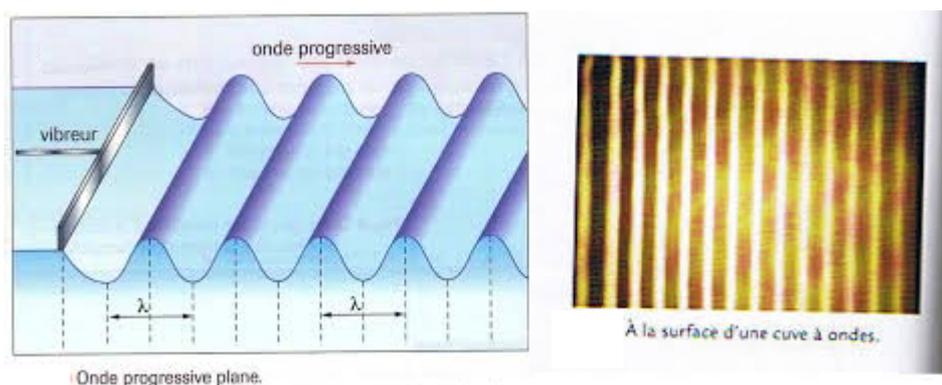
Observation d'une coupe transversale de la surface d'eau

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**Interprétation :**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**Remarque :** Dans le cas où le vibreur est muni d'une réglette, les rides sont rectilignes : l'onde est rectiligne progressive périodique. Par exemple les vagues à la surface de la mer.

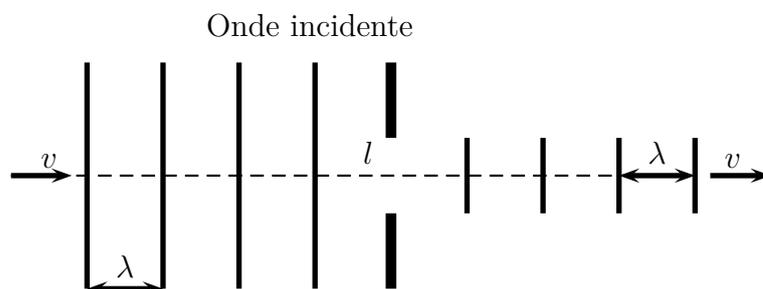


## Que se passe-t-il quand une onde rencontre un obstacle ?

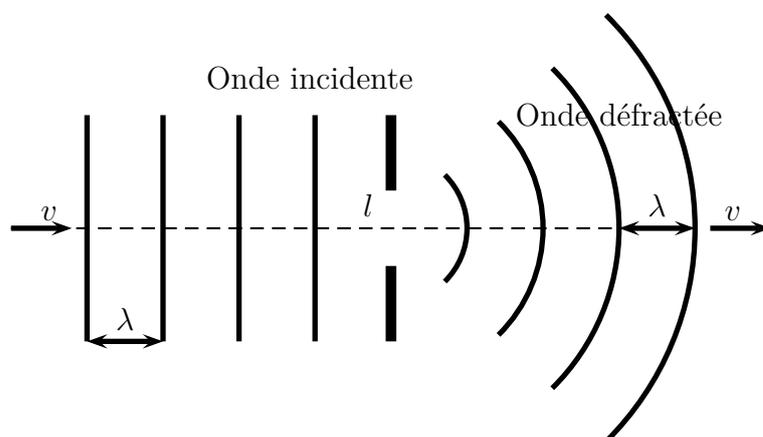
### Activité 4

On produit une onde rectiligne sur la surface de l'eau d'une cuve à ondes. On dispose, sur le trajet des ondes, deux règles permettant de créer une ouverture de largeur réglable.

1 ère cas : on règle l'ouverture telle que  $l \gg \lambda$



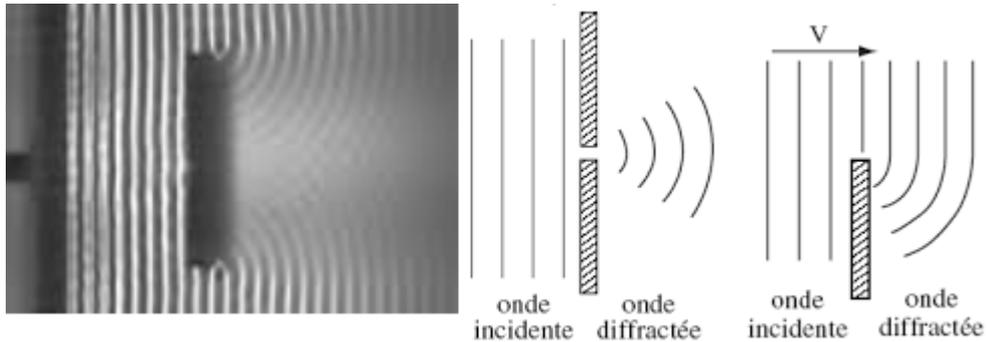
2 ème cas : on règle l'ouverture telle que  $l \simeq \lambda$  ou inférieure



### Observation :

Pour des ouverture assez étroite, l'onde n'est plus rectiligne; elle apparaît circulaire, centrée sur l'ouverture.

## Interprétation .



## - La célérité d'une onde dépend elle de sa fréquence ?

## Activité 5

Quelle est l'influence de la fréquence d'une onde sur sa vitesse de propagation ?

On produit une onde rectiligne sur la surface de l'eau d'une cuve .

On mesure la longueur d'onde  $\lambda$  pour différentes fréquences  $N$  de vibration du vibreur .

On rassemble ces mesures dans le tableau suivant :

$N(Hz)$	0.882	0.80	0.523
$\lambda(m)$	0.025	0.021	0.0141
$V(m/s)$			

1. Compléter le tableau ci-dessous .

2. On définit le milieu dispersif où la vitesse de propagation dépend de sa fréquence . L'eau est-elle un milieu dispersif? justifier .

.....

.....

.....

.....

.....

## 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  $\lambda = 28\text{cm}$

- Quelle est la nature de cette onde ?
  - Pourquoi cette onde est-elle audible ?
- Une telle onde possède une double périodicité. Préciser .
  - Donner les valeurs des deux grandeurs précédentes .
- Si on devait "visualiser" graphiquement cette onde à un instant donné, que porterait-on en abscisse et en ordonnée ?
  - Faire cette représentation en faisant apparaître la grandeur caractéristique .
- 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  $10\mu\text{s}/\text{div}$

- Quelle est la fréquence de cette onde ?
  - Pourquoi cette onde est-elle qualifiée d'ultrasonores ?
- Quelle est la périodicité de l'onde qui est mise en évidence ?
- Émetteur et récepteur restant face à face, on éloigne le récepteur . on note  $D$  la distance .
  - Pourquoi pour certain valeur de  $D$ , les sinusoïdes sont-elle en phase ? Quelle est la périodicité de l'onde qui est mise en évidence ?
  - 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 .
- 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

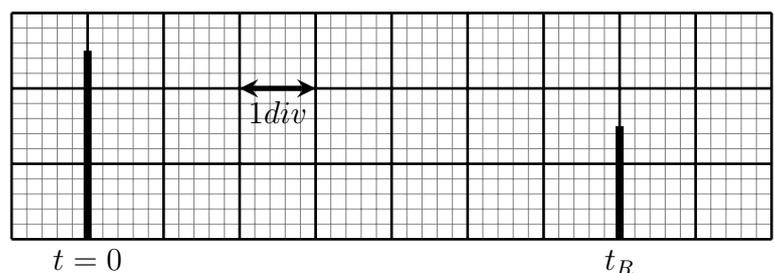
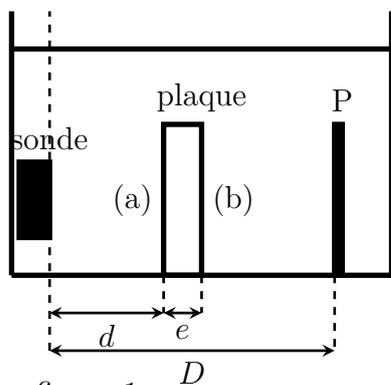
figure 2

- À l'aide de la figure 1 , déterminer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$
  - En déduire  $V$  la vitesse de propagation des ondes sur la surface de l'eau .
  - 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  $S$  .
  - 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 .
- 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 signalé émet et reçu par la sonde . La durée du signalé ultrasonore est très petite de façon qu'elle soit représenter par une raie verticale.

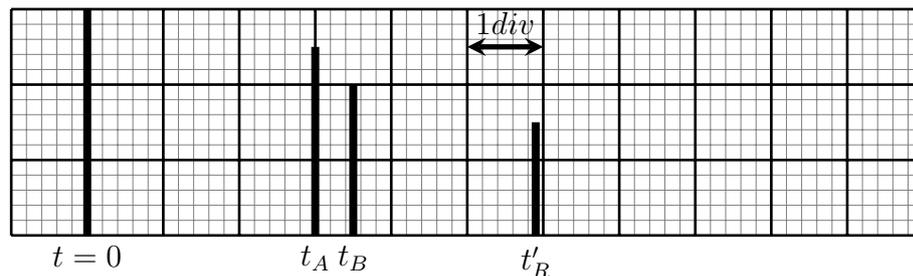


1. En absence de la plaque plexiglas , on obtient oscillogramme du figure 2 . la sonde capte le signale ultrasonore à l'instant  $t_R$  après qu'il soit réfléchi par le plan P . Prouver la relation

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

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  $20\mu s/div$

figure 3

- Dans quel milieu ( eau, plexiglas ) la vitesse de propagation ultrasonore est grande? Justifier votre réponse .
- Exprimer  $t'_R$  en fonction de  $D$  ,  $e$  ,  $v$  et  $v'$
- 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  $1,42 \times 10^3 m/s$

### 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

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

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

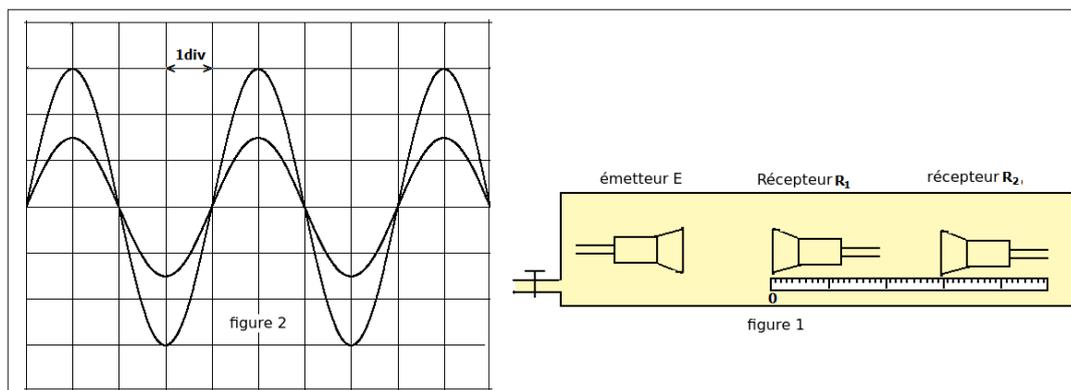
On dispose un émetteur E et deux récepteurs  $R_1$  et  $R_2$  dans une cuve rempli d'eau , de tel sorte que l'émetteur E et les deux récepteurs sont alignés sur une

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 .

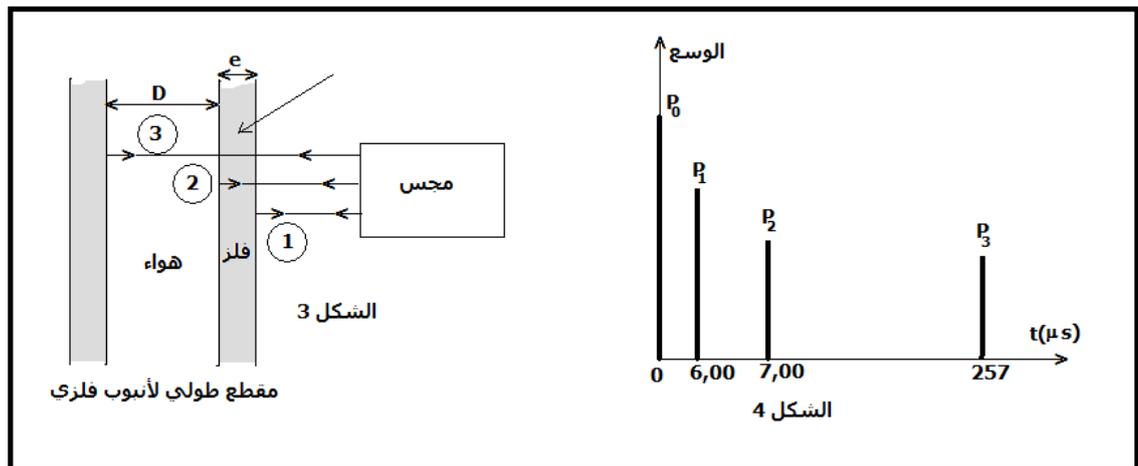
- Donner une explication à cette observation .
- Calculer la distance minimale qu'elle faut pour éloigner  $R_2$  de  $R_1$  suivant la règle graduée , pour que les deux signaux soient à nouveau en phase , sachant que la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air est  $V_a = 340m/s$

## 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

- 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 .

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

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