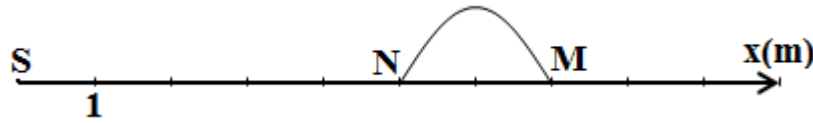


**EXERCICE 1 :**

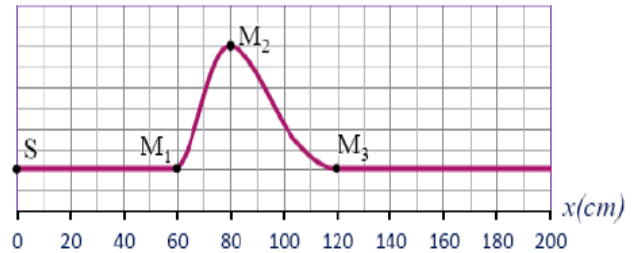
Une perturbation se propage de gauche à droite le long d'une corde avec une célérité  $v = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$ .



- 1- Cette onde est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.
- 2- La photo de la corde ci-contre a été prise à une date  $t_1$  déterminer la valeur de cette date
- 3- Quelle est la longueur de la perturbation ? Quelle est sa durée ?
- 4- Déterminer la valeur du retard du point N par rapport à la source de l'onde S ?
- 5- Représenter graphiquement l'aspect de la corde à l'instant  $t = 1,6\text{s}$
- 6- Donne la relation(s) entre l'élongation du point M et celle de la source S.

**EXERCICE 2 :**

On crée par vibreur à l'instant  $t=0$  une déformation à l'extrémité S d'une corde élastique. la figure ci-contre représente l'allure de la corde à l'instant  $t_1=60 \text{ ms}$ .



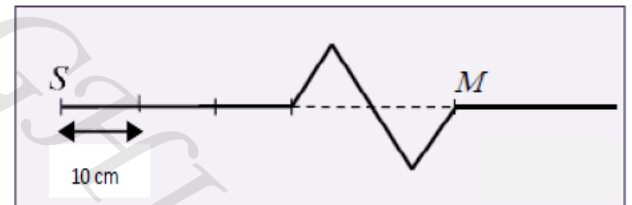
1. Quelle est la nature de cette onde ?
2. Calculer la vitesse de propagation le long de la corde.
3. Représenter graphiquement l'aspect de la corde à l'instant  $t_2=90 \text{ ms}$ .
4. À quel instant l'onde arrive au point  $M_4$  qui se trouve à droite du point  $M_3$  distant de  $M_3M_4=40 \text{ cm}$ .
5. Pendant quelle durée un point de la corde est-il affecté par le passage de la perturbation ?
6. À quel instant le point  $M_4$  s'arrête de vibrer ?

**EXERCICE 3 :**

Une perturbation se propage le long d'une corde élastique de masse linéique  $\mu = 0.064 \text{ Kg /m}$ , soumise à une tension  $T = 1\text{N}$ .

La figure ci-contre représente l'aspect de la corde à un instant  $t_1$ .

La déformation commence à partir d'une source à l'instant  $t_0 = 0$

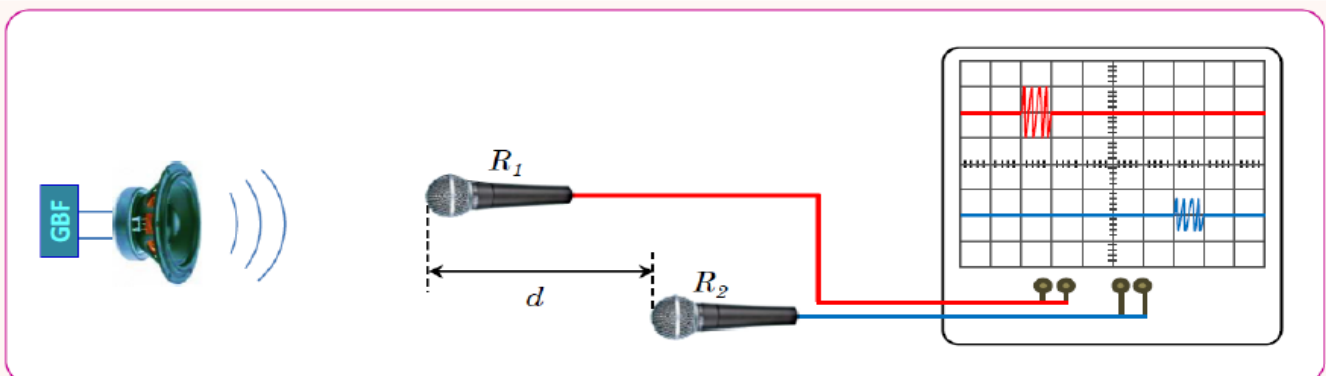


1. Quelle est la nature de cette onde ?
2. Calculer la vitesse de l'onde.
3. À quel instant l'onde arrive au point M ?

**EXERCICE 4 :**

Pour mesurer la propagation des ondes sonores dans l'air on réalise le montage expérimental représentant ci-dessous, la distance entre les deux microphones  $R_1$  et  $R_2$  est  $d=1,70\text{m}$ . La courbe ci-dessous représente la variation de la tension aux bornes de chaque microphone.

**Donnée :** La sensibilité horizontale :  $1\text{ms/div}$  ; température d'air  $25^\circ\text{C}$  ; célérité de la propagation du son dans l'eau  $V_{\text{eau}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ .



1. Est que le son est une onde longitudinale ou transversale.
2. Déterminer la valeur du retard temporel entre les microphones  $R_1$  et  $R_2$ .
3. Déduire la valeur  $V_{air}$  célérité de la propagation des ondes sonores dans l'air.
4. Déterminer la valeur du retard temporel  $\tau'$  quand on déplace le microphone vers la droite à partir de sa position initiale de  $L = 51cm$ .
5. Comparer  $V_{air}$  et  $V_{eau}$ . Que peut-t-on déduire.

### EXERCICE 5 :

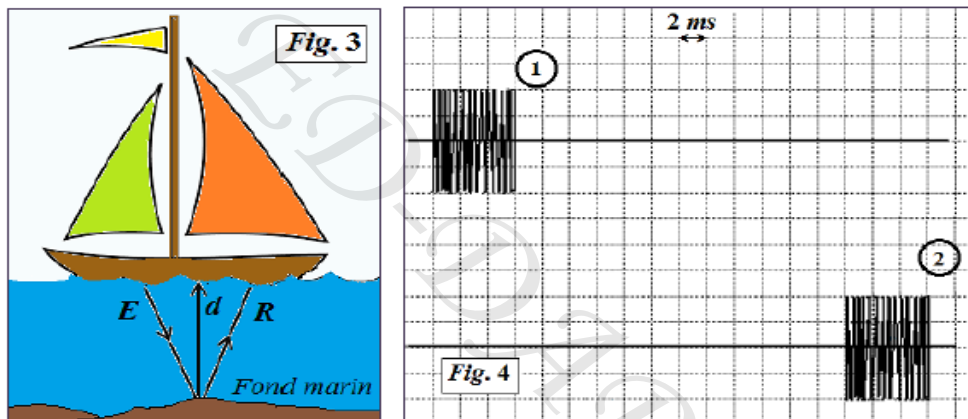
Pour déterminer la profondeur de l'eau dans un port, un navire envoie des salves périodiques d'ultrasons, à partir de l'émetteur  $E$ , vers le fond marin. Après avoir atteint ce dernier, les salves sont réfléchies partiellement vers le récepteur  $R$  (voir Fig. 3).

Nous visualisons à l'aide d'un oscilloscope le signal émis par l'émetteur  $E$  (L'oscillogramme ①), et le signal reçu par le récepteur  $R$  (L'oscillogramme ②) voir Fig. 4.

1- À partir de l'oscillogramme, déterminer la durée  $\Delta t$  entre l'émission de la salve et la réception de son écho.

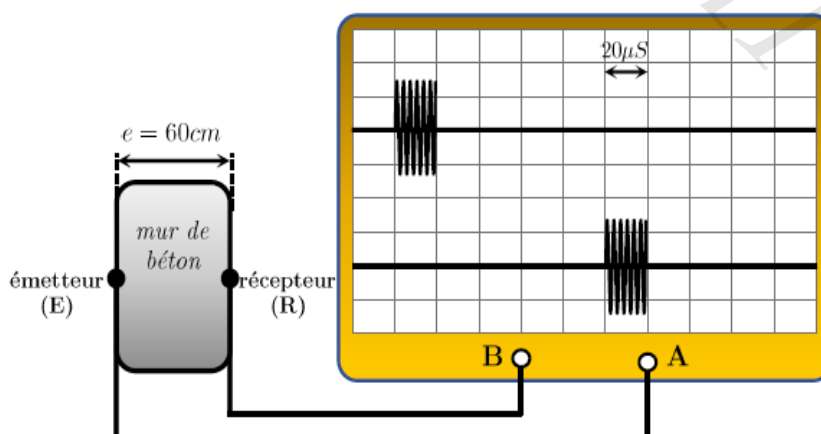
2- Nous considérons que les ondes ultrasonores empruntent un chemin verticale, déduire la valeur de profondeur de l'eau à la verticale du navire.

On donne la valeur de la célérité des ultrasons dans l'eau de mer est:  $v_{eau} = 1,50.10^3 m.s^{-1}$



### EXERCICE 6 :

L'oscillogramme présenté dans la figure ci-dessous, montre, à la fois, le signal transmis par l'émetteur (E) d'un échographe numérique installé sur la face avant d'un mur, et le signal reçu par le récepteur (R) installé sur la seconde face. L'épaisseur du mur  $e = 60cm$ .



Le tableau suivant représente la qualité du béton en fonction de la célérité des ultrasons :

Célérité des ultrasons ( $m.s^{-1}$ )	Supérieur à 4000	Entre 3200 et 4000	Entre 2500 et 3200	Entre 1700 et 2500	Inférieur à 1700
Qualité du béton	Excellente	Bonne	Acceptable	Mauvaise	Médiocre

- 2.1. Calculer la célérité des ultrasons à travers le béton constituant le mur.
- 2.2. Déduire la qualité du béton examiné.

## EXERCICE 7

L'échographie utilisant les ondes ultrasonores est une méthode de détermination des épaisseurs des nappes souterraines.

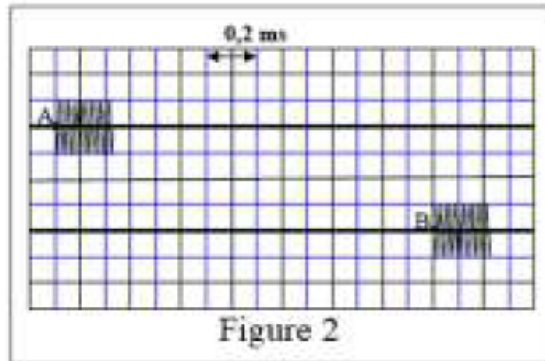
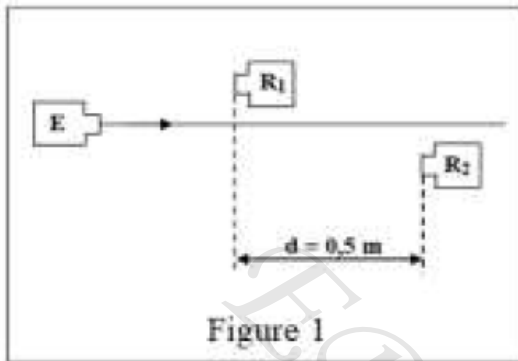
Cet exercice vise à déterminer, la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans l'air, ainsi que l'épaisseur d'une nappe souterraine de pétrole.

### 1- Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air :

On place sur un banc rectiligne un émetteur E d'ondes ultrasonores, et deux récepteurs  $R_1$  et  $R_2$  distants de  $d = 0,5$  m (Figure 1).

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope, aux entrées  $Y_1$  et  $Y_2$ , les signaux reçus par les deux récepteurs, On obtient l'oscillogramme représenté sur la figure 2.

A représente le début du signal reçu par  $R_1$ , et B le début de celui reçu par  $R_2$ .



1-1- Déterminer à partir de l'oscillogramme de la figure 2, le retard horaire  $\tau$  entre les deux signaux reçus par les deux récepteurs  $R_1$  et  $R_2$ .

1-2- Calculer  $v_{\text{air}}$  la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.

1-3- Ecrire l'expression de l'élongation  $y_B(t)$  du point B à l'instant  $t$ , en fonction de l'élongation du point A.

### 2- Détermination de l'épaisseur d'une nappe souterraine de pétrole :

Pour déterminer l'épaisseur  $L$  d'une nappe souterraine de pétrole, un ingénieur utilise la sonde d'un appareil d'échographie.

La sonde envoie, perpendiculairement à la surface libre de la couche de pétrole, à l'instant  $t_0 = 0$ , un signal ultrasonore de très courte durée.

Une partie du signal se réfléchit sur cette surface, tandis que l'autre partie continue la propagation dans la couche de pétrole pour se réfléchir une deuxième fois sur son fond, et revenir vers la sonde, pour être transformée à nouveau en un signal de très courte durée aussi (Figure 3).

A l'instant  $t_1$ , la sonde révèle la raie  $P_1$  correspondante à l'onde réfléchi sur la surface libre de la couche de pétrole, et à l'instant  $t_2$  elle révèle la raie  $P_2$  correspondante à l'onde réfléchi sur le fond de la couche du pétrole (Figure 4).

Déterminer l'épaisseur  $L$  de la couche de pétrole, sachant que la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans le pétrole brut est :  $v = 1,3 \text{ km.s}^{-1}$ .

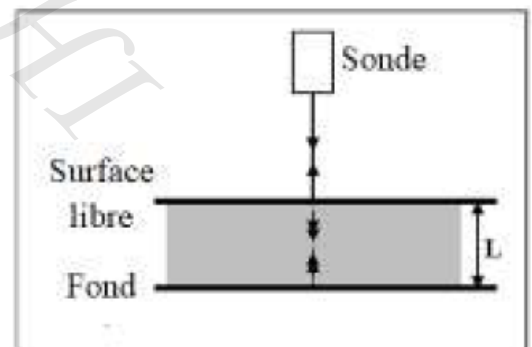


Figure 3

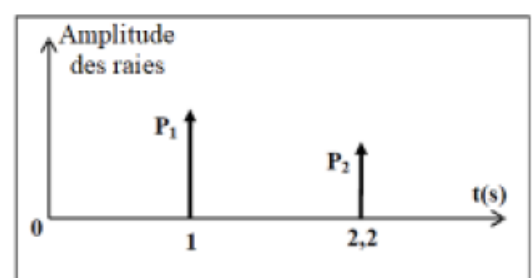


Figure 4



### EXERCICE 8

Pour déterminer la valeur approximative de la célérité  $V_p$  d'une onde ultrasonore dans le pétrole liquide, on réalise l'expérience suivante:

Dans une cuve contenant du pétrole, on fixe à l'une de ses extrémités deux émetteurs  $E_1$  et  $E_2$  qui sont reliés à un générateur GBF. A l'instant  $t_0 = 0$ , les deux émetteurs émettent chacun une onde ultrasonore, une se propage dans l'air et l'autre dans le pétrole. A l'autre extrémité de la cuve, on place deux récepteurs  $R_1$  et  $R_2$ , l'un dans l'air et l'autre dans le pétrole. Les récepteurs sont à une distance  $L$  des émetteurs. (voir figure 1)

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les deux signaux reçus par  $R_1$  et  $R_2$ . (voir figure 2)

#### Données :

- les deux ondes parcourent la même distance  $L = 1,84 m$  ;
- la célérité des ultrasons dans l'air :  $V_{air} = 340 m.s^{-1}$  ;
- la sensibilité horizontale de l'oscilloscope:  $2ms / div$ .

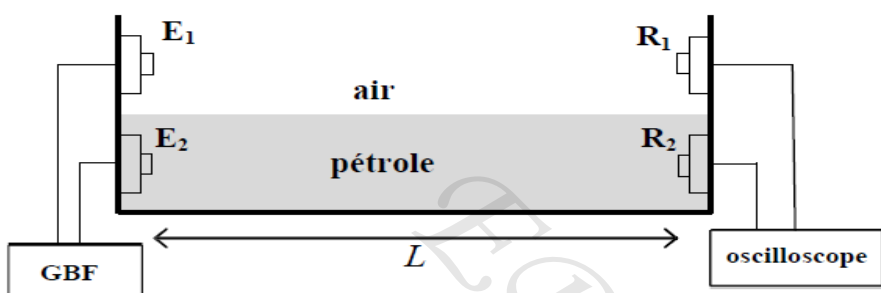


Figure 1

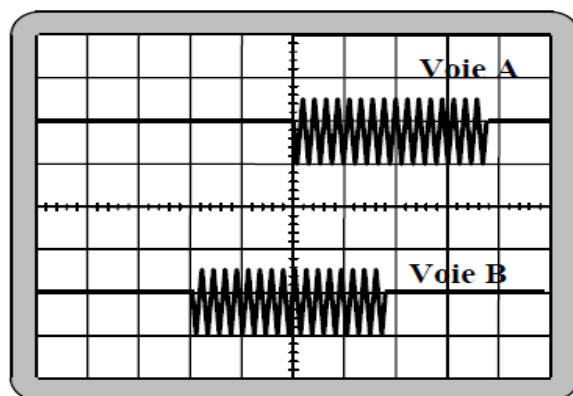


Figure 2

1. Les ondes ultrasonores, sont-elles longitudinales ou transversales ? justifier.
2. En exploitant la figure 2, déterminer la valeur du retard temporel  $\tau$  entre les deux ondes reçues.
3. Montrer que l'expression de  $\tau$  s'écrit sous la forme:  $\tau = L \cdot \left( \frac{1}{V_{air}} - \frac{1}{V_p} \right)$ .
4. Trouver la valeur approchée de la célérité  $V_p$ .

### EXERCICE 9

#### Les ultrasons au service de la médecine

L'échographie est une technique d'imagerie médicale utilisant les ondes ultrasonores.

Cet exercice se propose de déterminer l'épaisseur du fœtus d'une femme enceinte grâce à l'échographie.

Une sonde d'un appareil d'échographie, posée sur le ventre d'une femme enceinte, envoie, à un instant de date  $t=0$ , des ondes ultrasonores vers le fœtus (figure 1). L'onde ultrasonore se propage dans le corps de la femme enceinte avec une célérité  $v$ , puis s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu de propagation. Les signaux réfléchis sont détectés par la sonde.

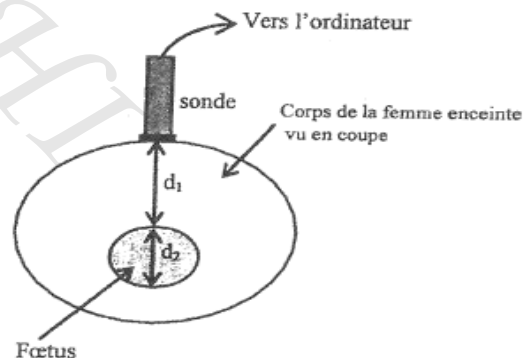


Figure 1

**Donnée :** On considère que la célérité des ondes ultrasonores dans le corps humain est :

$$v = 1540 m.s^{-1}.$$

L'oscillogramme de la figure 2 représente les deux signaux réfléchis captés par la sonde.

On note  $t_1$  et  $t_2$  les dates auxquelles la sonde reçoit respectivement le premier et le second signal.

1. Expliquer pourquoi la date  $t_2$  est supérieure à la date  $t_1$ .
2. Exprimer la distance  $d_1$  en fonction de  $t_1$  et  $v$ .
3. Déterminer l'épaisseur  $d_2$  du fœtus.

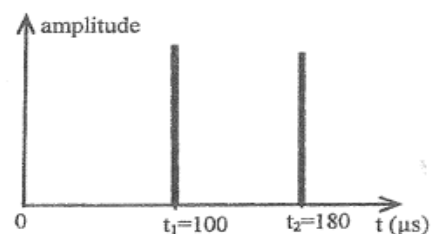


Figure 2