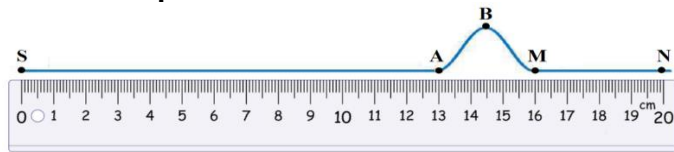


Exercice 1

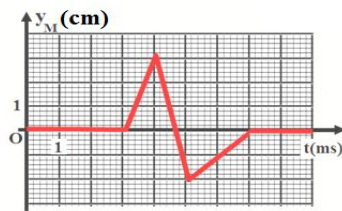
La figure ci-dessous représente la propagation d'une onde le long d'une corde. Elle représente l'aspect de la corde à l'instant $t_M=40\text{ms}$. Sachant que la déformation commence à partir de la source à l'instant $t_0=0$.



- 1) Quelle la nature de l'onde ? (Longitudinale ou transversale). Justifier votre réponse.
- 2) Déterminer, à l'instant t_M , les points qui se dirigeront vers le bas ainsi que ceux se dirigeront vers le haut.
- 3) Calculer la vitesse de la propagation de l'onde le long de la corde.
- 4) Pendant quelle durée Δt un point de la corde est-il affecté par le passage de la perturbation ?
- 5) À quel instant s'arrête le point M ?
- 6) À quel instant l'onde arrive au point N ?
- 7) Représenter graphiquement l'aspect de la corde à l'instant $t'=10\text{ms}$.

Exercice 2

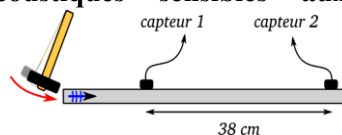
On génère dans S un signal mécanique en déplaçant la corde depuis sa position d'équilibre dans une direction **perpendiculaire** à celle qu'il représente. Le graphe ci-contre représente les variations d'élongation du point M de la corde en fonction du temps, situé à une **distance de 21cm** de la source S.



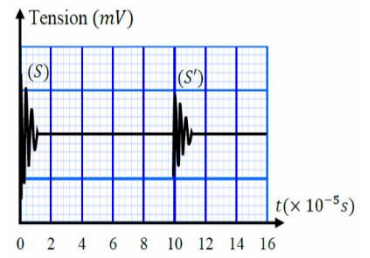
- 1) Définir ce qui suit : onde mécanique - milieu de propagation.
- 2) Décrire le mouvement du point M de la corde lorsque l'onde l'atteint.
- 3) Déterminer le retard temporel τ de M par rapport à S, sachant que le mouvement de S commence à $t=0$ que l'on considère comme l'origine des dates.
- 4) Calculer la vitesse v de propagation de l'onde le long de la corde.
- 5) Quelle est la durée que prend le mouvement de M ? Ensuite, déterminer la distance entre l'avant et l'arrière de la perturbation.
- 6) On considère un point N de la corde, d'abscisse $x_N=51\text{cm}$.
 - a. Trouver le retard temporel τ' de N par rapport à M.
 - b. Déterminer l'instant t_N où l'onde atteint le point N.

Exercice 3

Deux capteurs électroacoustiques sensibles aux vibrations sont reliés à une interface d'acquisition, ils sont distants de $d = 38\text{cm}$ et posés sur une barre métallique. Une frappe de la barre donne lieu à l'enregistrement de deux signaux. (Figure ci-contre)



- 1) Indiquer à quel signal (S ou S') correspond le capteur le plus proche de frappe (capteur 1).
- 2) Déterminer le retard τ de l'onde sonore entre les deux capteurs.
- 3) En déduire la célérité de l'onde sonore dans la barre métallique.
- 4) Si on place deux microphones distants de 38 cm dans l'air au lieu des capteurs, Que serait le retard τ' de l'onde sonore dans l'air ?
- 5) Comparer le retard temporel de l'onde sonore dans l'air et celui de l'onde dans la barre ? Conclure.



On donne : $v_{\text{air}} = 340\text{m/s}$.

Exercice 4

La vitesse des ondes ultrasonores dans l'eau de mer (v_{eau}) est plus importante que dans l'air, avec la vitesse dans l'air est : $v_{\text{air}}=340\text{m/s}$.

Un émetteur d'ultrasons E envoie simultanément des faisceaux d'ultrasons dans l'air et dans un tube rempli d'eau de mer. Sur une même ligne et à une distance d réglable de l'émetteur, on place deux récepteurs ultrasonores dont l'un reçoit les ondes ultrasonores qui se propagent dans l'air à l'instant t_A et l'autre reçoit celles diffusées dans l'eau de mer à l'instant t_B (Figure-1).

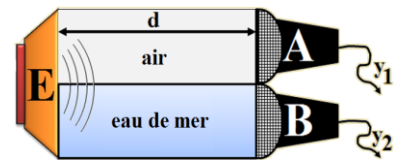
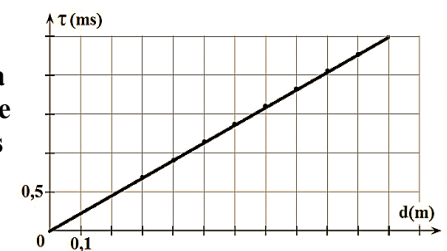


figure (1)

On connecte respectivement les deux récepteurs A et B aux entrées y_1 et y_2 de l'oscilloscope, où l'enregistrement commence dès que les ondes ultrasonores sont reçues par le récepteur B.

- 1) L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ?
- 2) Donner l'expression du retard temporel τ entre les deux instants de réception des ultrasons par les deux récepteurs, en fonction de t_A et t_B .

On détermine τ pour différentes valeurs de la distance d entre l'émetteur et les deux récepteurs, on obtient donc la courbe de $\tau = f(d)$

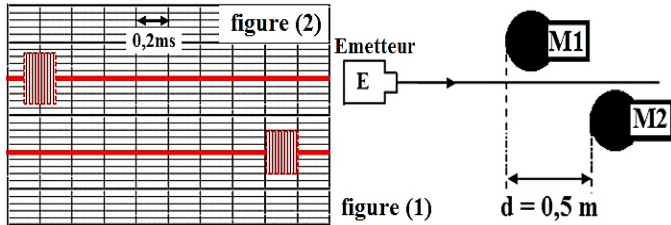


- représentant les variations de τ en fonction de d.
- 3) Exprimer le retard τ en fonction de d , v_{air} et v_{eau} .
 - 4) Trouver la valeur de coefficient directeur k de la courbe, puis déduire la valeur de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'eau de mer.

Exercice 5

Pour mesurer la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air, nous effectuons l'expérience représentée dans la figure 1, où la distance entre les microphones (1) et (2) est de $d = 0,5\text{m}$.

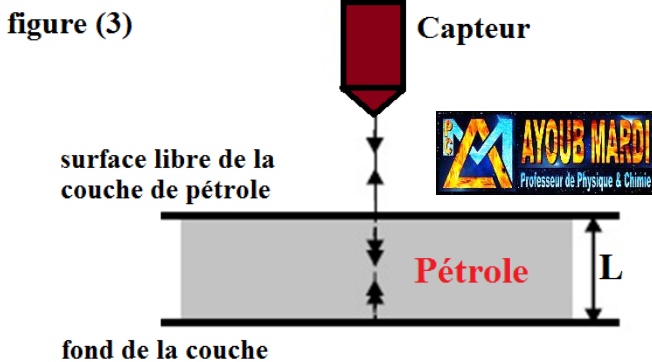
La figure 2 ci-dessous représente les variations de tension entre les bornes de chaque microphone



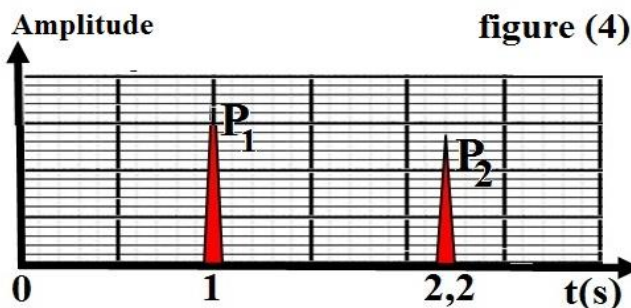
- 1) Les ondes ultrasonores sont-elles longitudinales ou transversales ? Justifier.
- 2) En se basant sur la figure 2, déterminer le retard temporel τ entre les signaux reçus par M_1 et M_2 .
- 3) Déterminer la valeur de la vitesse v_{air} de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.

Pour déterminer l'épaisseur L d'une couche de pétrole, un ingénieur utilise un dispositif de détection par échographie.

A $t = 0$, le capteur envoie verticalement sur la surface libre de la couche de pétrole un signal ultrasonore, une partie du signal est réfléchié à partir de cette surface, tandis que l'autre partie se propage dans la couche de pétrole, se réfléchit à nouveau au fond, puis retourne vers le capteur, où elle se transforme également en un nouveau signal de très courte durée (figure 3).



À l'instant t_1 , le capteur détecte l'impulsion P_1 correspondant à l'onde réfléchié depuis la surface de la couche de pétrole. À l'instant t_2 , il détecte l'impulsion P_2 correspondant à l'onde réfléchié depuis le fond de la couche. La figure 4 représente schématiquement les deux impulsions correspondant aux signaux réfléchis.



- 4) Déterminer la valeur de L , l'épaisseur de la couche de pétrole.

On donne : La vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans le pétrole pur est $v_p = 1,3\text{km/s}$.

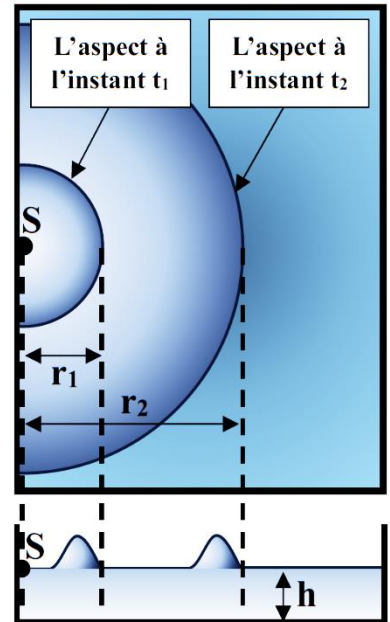
Exercice 6

On se propose dans cet exercice d'étudier la propagation d'une onde mécanique progressive à la surface libre de l'eau.

Un caillou jeté, en un point S , dans une cuve contenant de l'eau de profondeur h , provoque la formation d'une onde mécanique progressive de forme circulaire qui se propage à la surface de l'eau sans réflexion et sans amortissement. (Figure ci-dessous)

- 1) Quelle la nature de l'onde à la surface de l'eau ?

La figure suivante donne l'aspect de la surface de l'eau à deux instants t_1 et t_2 .



Le tableau suivant donne les valeurs des rayons du front d'onde à des instants donnés :

t(s)	0	t_1	$t_2 = t_1 + 1,5$
r(cm)	0	$r_1 = 14$	$r_2 = 56$

- 2) Que représente la valeur « 1,5s » ?
- 3) Déterminer la valeur de la célérité « v » de l'onde.
- 4) Trouver la valeur de l'instant t_2 .
- 5) Déduire la valeur de l'instant t_1 .

On peut estimer la célérité v de l'onde qui se propage à la surface d'eau par la relation : $v = \sqrt{g \cdot h}$, avec « h » la profondeur de l'eau et $g = 9,8\text{m.s}^{-2}$ étant l'intensité de la pesanteur.

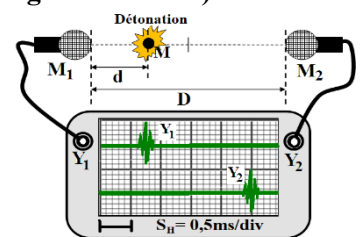
- 6) En utilisant les équations aux dimensions, vérifier l'homogénéité de cette relation.
- 7) Calculer h .

Exercice 7

On produit une détonation en un point M situé sur l'alignement de deux microphones (M_1) et (M_2), séparés par une distance $D = 1\text{m}$.

Le point M est situé à une distance d du microphone M_1 , avec $d < D/2$. (Voir la figure ci-contre)

Les deux microphones sont reliés aux entrées Y_1 et Y_2 d'un oscilloscope à mémoire. On obtient l'allure du signal à l'écran de l'oscilloscope.



- 1) Déterminer l'expression de t_1 , instant de réception de l'onde sonore issue de la détonation par le microphone M_1 , en fonction de d et v , puis l'expression de t_2 , instant de réception par M_2 , en fonction de d , D et v .
- 2) Déterminer l'expression du retard temporel τ entre l'arrivée du son au microphone M_1 et son arrivée au microphone M_2 , en fonction des données de l'énoncé.
- 3) Déterminer graphiquement la valeur du retard temporel τ .
- 4) Déduire la valeur de la distance d .

On donne : La célérité du son dans l'air est $v = 340\text{ m/s}$.