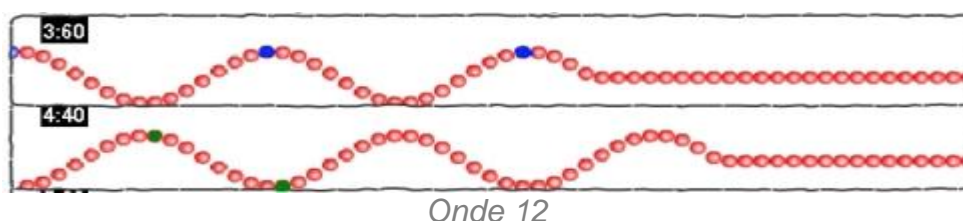


QCM :

<p>1- Une onde mécanique progressive</p> <p>a. <input type="radio"/> ne nécessite pas de milieu pour se propager.</p> <p>b. <input type="radio"/> nécessite un milieu pour se propager.</p> <p>c. <input type="radio"/> se propage uniquement dans les solides.</p>	<p>2- La perturbation transporte avec elle</p> <p>a. <input type="radio"/> uniquement de l'énergie.</p> <p>b. <input type="radio"/> la matière qu'elle rencontre.</p> <p>c. <input type="radio"/> de l'énergie et la matière qu'elle rencontre.</p>	<p>3- L'amplitude d'une onde est</p> <p>a. <input type="radio"/> la distance totale qu'elle parcourt.</p> <p>b. <input type="radio"/> l'écart maximal des particules du milieu par rapport à leur position avant le passage de l'onde.</p> <p>c. <input type="radio"/> sa longueur d'onde.</p>
<p>4- Un signal sonore est une onde</p> <p>a. <input type="radio"/> longitudinale.</p> <p>b. <input type="radio"/> transversale.</p> <p>c. <input type="radio"/> transversale et longitudinale.</p>	<p>5- La célérité de l'onde est</p> <p>a. <input type="radio"/> la distance parcourue par l'onde.</p> <p>b. <input type="radio"/> la durée de parcours de l'onde.</p> <p>c. <input type="radio"/> la vitesse de l'onde.</p>	<p>6- Le retard se mesure en</p> <p>a. <input type="radio"/> mètre.</p> <p>b. <input type="radio"/> joule.</p> <p>c. <input type="radio"/> seconde.</p>
<p>7. La célérité dépend</p> <p>a. <input type="radio"/> uniquement du milieu.</p> <p>b. <input type="radio"/> du milieu et du type d'onde.</p> <p>c. <input type="radio"/> uniquement de l'énergie.</p>	<p>8. On ne peut mesurer une période sur un graphique représentant une sinusoïde</p> <p>a. <input type="radio"/> que si l'abscisse est le temps t.</p> <p>b. <input type="radio"/> que si l'abscisse est la position x.</p> <p>c. <input type="radio"/> que si l'ordonnée est proportionnelle à l'abscisse.</p>	<p>9. Une onde sinusoïdale</p> <p>a. <input type="radio"/> est forcément périodique.</p> <p>b. <input type="radio"/> ne peut pas être périodique.</p> <p>c. <input type="radio"/> ne peut pas se propager.</p>
<p>10. Pour une périodicité spatiale</p> <p>a. <input type="radio"/> $\lambda = v/T$.</p> <p>b. <input type="radio"/> $\lambda = v \cdot T$.</p> <p>c. <input type="radio"/> $\lambda = v \cdot f$.</p>	<p>11. La périodicité temporelle correspond à</p> <p>a. <input type="radio"/> la période de l'onde.</p> <p>b. <input type="radio"/> la longueur d'onde.</p> <p>c. <input type="radio"/> la célérité de l'onde</p>	<p>12. Pour une périodicité temporelle</p> <p>a. <input type="radio"/> $T = v/\lambda$</p> <p>b. <input type="radio"/> $T = v \cdot \lambda$.</p> <p>c. <input type="radio"/> $T = \lambda/v$</p>

13. Voici une photo de l'ondoscope à deux instants différents. La vitesse de propagation de la perturbation le long de l'ondoscope est de $4,0 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Cocher les bonnes réponses.



- Les points coloriés en vert vibrent en phase.
- Les points coloriés en bleu vibrent en phase.
- Les points coloriés en bleu sont séparés d'une longueur d'onde.
- Les points coloriés en vert sont séparés d'une demi-longueur d'onde.

Ex1 : ondes se propageant le long d'une corde

Un vibreur S génère une onde progressive se propageant le long d'une corde de longueur $L = 12$ m. Un dispositif permet d'éviter toute réflexion à



l'extrémité de la corde. A l'instant $t = 0$ s, le vibreur est mis en marche. On étudie le mouvement d'un point M d'abscisse $x = 6$ m.

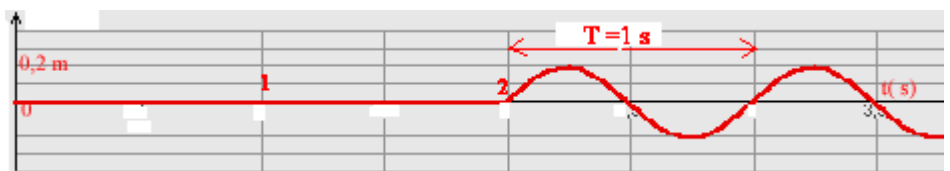
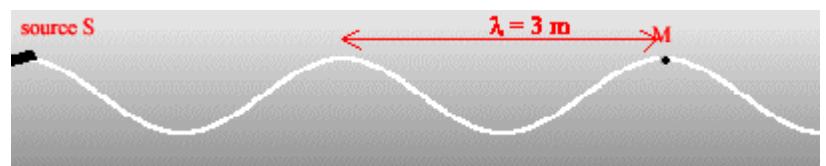
- Citer trois mots qualifiant ces ondes.
- Sur le schéma ci-dessous est représentée la courbe donnant au cours du temps l'élongation du point M ; ce point étant atteint à la date $t_1 = 2$ s, déterminer la célérité de l'onde le long se propageant de la corde.



- A quelle date l'ensemble de la corde est-elle parcourue par l'onde ?
- Déterminer graphiquement la période et la longueur d'onde λ de l'onde.
- Les deux valeurs obtenues permettent-elles de retrouver la célérité calculée précédemment ?

Corrigé ex 1

- C'est une onde mécanique, progressive, périodique, transversale, sinusoïdale.
- Le point M se trouve à 6 m de la source S ; il est atteint à $t = 2$ s ; la célérité de l'onde est donc $v = x/t_1 = 6/2 = 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- L'extrémité de la corde est atteinte à la date $t = L/v = 12 / 3 = 4$ s.
- longueur d'onde et période :



Graphiquement $SM = 2 \lambda$

$$\text{Donc } \lambda = \frac{SM}{2} = 3 \text{ m} \text{ et } T = 1 \text{ s}$$

5- on peut retrouver la valeur de la célérité :

$$v = \lambda / T = 3/1 = 3 \text{ m/s.}$$

Exercice 2 : ondes à la surface de l'eau

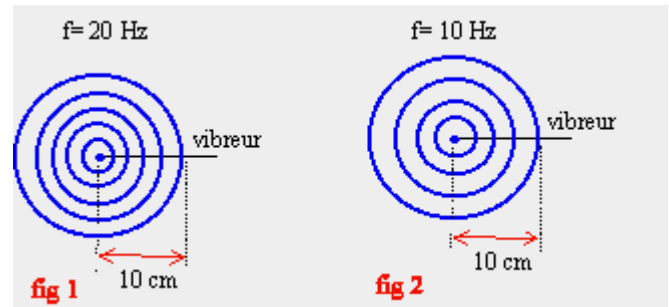
On donne les photographies de la cuve à ondes pour deux valeurs de la fréquence de l'excitateur.

Questions :

1-L'onde étudiée elle est, mécanique, longitudinale, progressive périodique, diffractée ? Justifier.

2-Figure 2 : déterminer la longueur d'onde et en déduire la célérité des ondes à la surface de l'eau.

3-Figure 1 : la célérité des ondes à la surface de l'eau reste-t-elle la même ? Quel phénomène a-t-on mis ici en évidence ?



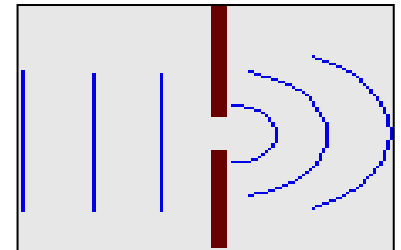
Corrigé ex 2 :

1-C'est la propagation à la surface de l'eau d'une onde mécanique, périodique, transversale (la déformation du milieu est perpendiculaire à la direction de propagation)

L'onde n'est pas diffractée par un obstacle ou une ouverture dont les dimensions sont proches de la valeur de la longueur d'onde ; dans le cas de la diffraction on observerait la figure ci-après:

2-Quatre longueurs d'onde correspondent à 10 cm d'où

$$\lambda = \frac{10 \text{ cm}}{4} = 2,5 \text{ cm}$$



la longueur d'onde λ (m), la célérité v (m/s) et la fréquence f (Hz) sont liées par la relation :

$$\lambda = v / f$$

$$\Rightarrow v = \lambda f = 2,5 \times 10^{-2} \times 10 = 0,25 \text{ m/s.}$$

3-Figure 1 :

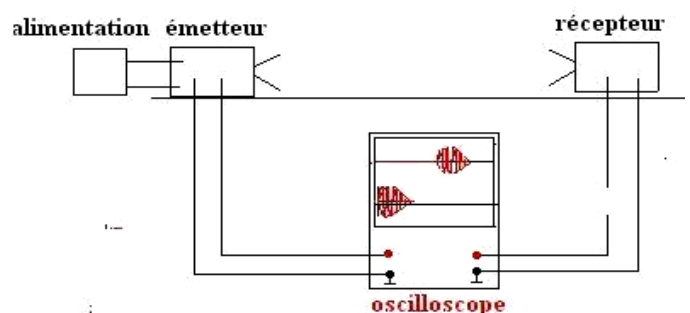
cinq longueurs d'onde correspondent à 10 cm d'où $\lambda = \frac{10 \text{ cm}}{5} = 2 \text{ cm}$.

$$\text{on a : } v = \lambda f = 2 \times 10^{-2} \times 20 = 0,4 \text{ m/s.}$$

La célérité de l'onde dépend de la fréquence : la surface de l'eau est un milieu dispersif pour les ondes mécaniques.

Exercice 3 : ultra-sons

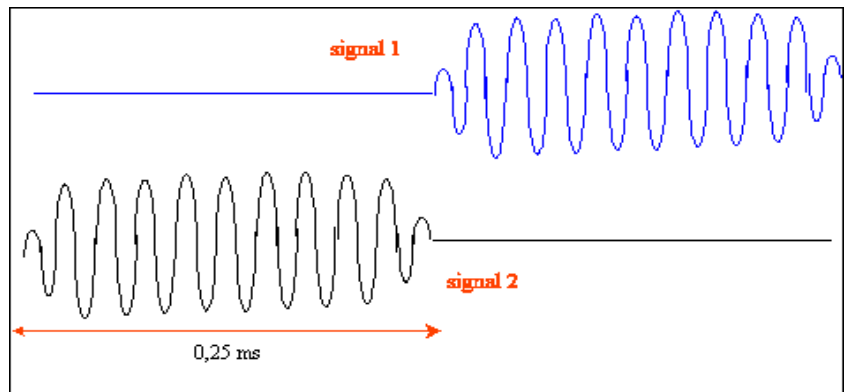
Un générateur de salves ultrasonores et un récepteur sont sur un même axe, séparés d'une distance $d = 85 \text{ mm}$. Ces deux appareils sont reliés à un oscilloscope. Les salves sont visualisées à l'écran.



1. Cette onde est-elle mécanique, électromagnétique, transversale, longitudinale ?
2. Calculer la période des ultrasons à partir de la figure ci-dessus. La fréquence des ultrasons étant

$f = 40 \text{ kHz}$, le résultat est-il en accord avec la période ?

3. Quel est le signal correspondant au récepteur ? Justifier. En déduire le retard de l'onde reçue par rapport à l'onde émise.
4. Calculer la célérité des ultrasons dans l'air.



Corrigé ex3 :

1. Propagation dans l'air d'une onde mécanique, périodique et longitudinale (propagation d'une variation de pression dans la direction de propagation)

La lumière est une onde électromagnétique.

2. Dix périodes correspondent à $0,25 \text{ ms}$

$$\Rightarrow T = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{10} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

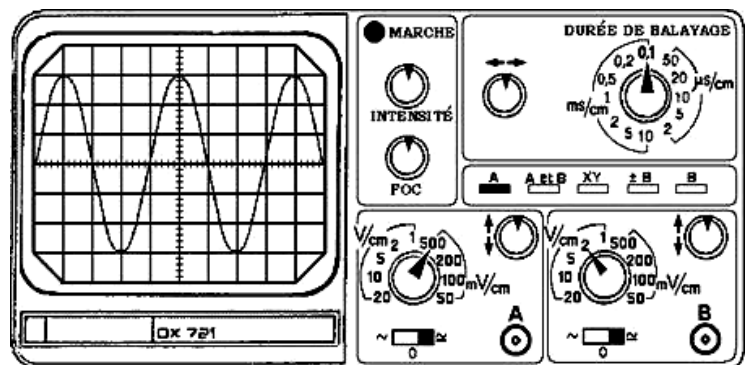
Or la période $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{40 \cdot 10^3} = 25 \mu\text{s}$, résultat en accord.

3. Le signal (1) correspond au récepteur : le récepteur reçoit le signal de l'émetteur avec le retard t tel que $t = 0,25 \text{ ms}$
4. Détermination de la célérité des ultrasons

$$\text{On a } v = \frac{d}{t} = \frac{85 \times 10^{-3}}{2,5 \times 10^{-4}} = 340 \text{ m/s}$$

Exercice 4 : Célérité du son

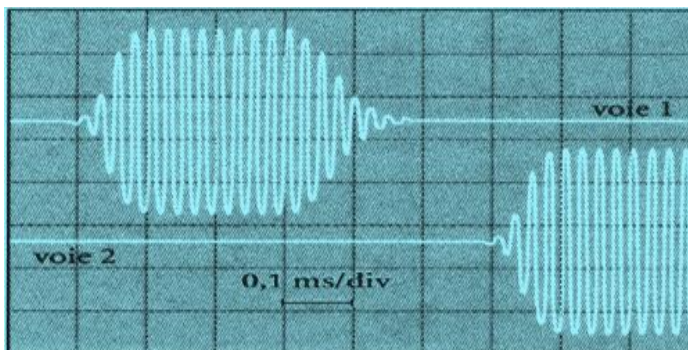
1. a) On branche un haut-parleur (HP) sur un générateur basses fréquences (GBF) et un microphone sur la voie A d'un oscilloscope, réglé comme le montre la figure ci-dessous. En précisant rapidement comment vous faites, calculez la fréquence f_1 de l'onde reçue par le microphone (*N.B. : le dessin est réduit, chaque carreau (ou division) de l'écran mesure 1 cm en réalité*).



- b) Quelle est l'amplitude des oscillations

d) Sur l'oscilloscope représenté ci-dessous, quel bouton faut-il régler et sur quelle position, pour observer sur l'écran 5 périodes ?

2. On veut maintenant mesurer la célérité du son dans l'air en émettant des salves d'ultrasons de fréquence $f_2 = 40 \text{ kHz}$, et en mesurant le retard τ de l'arrivée d'une salve à un récepteur 2 par rapport à un récepteur 1, et la distance d séparant les 2 récepteurs (voir figures ci-dessous).



a) Faire le schéma de l'expérience

b) La figure de droite (voie A en haut, voie B en bas, réglage 0,1 ms par division) a été obtenue pour $d = 18$ cm. En déduire la célérité du son 'v'.

c) La chauve-souris émet des ultrasons de célérité $v_1 = 350 \text{ m.s}^{-1}$ dans l'air.

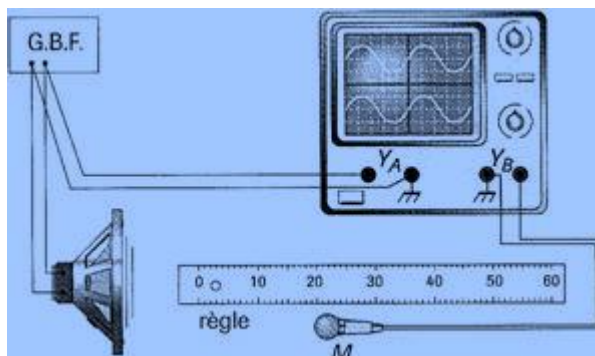
Un obstacle est situé à une distance d_1 de l'animal. L'ultrason est émis par la bête, il se réfléchit contre l'obstacle et revient vers la chauve-souris.

Entre l'émission et la réception de l'ultrason par la chauve-souris il s'écoule une durée

$$\Delta t = 10^{-2} \text{ s} \quad \text{Calculer la distance } d_1.$$

3. On réalise maintenant le montage suivant : un GBF alimente un HP, un microphone est branché en voie B d'un oscilloscope, alors que la voie A est sur le GBF.

On positionne le micro en face du zéro de la règle, et on déplace l'ensemble {règle, micro} devant le HP jusqu'à ce que les deux courbes soient en phase. On fixe alors la règle, et on recule le micro jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase (pour la première fois) ; on lit alors d sur la règle.



a) comment s'appelle la distance d ? Quelle est sa définition ?

b) pour une fréquence $f_3 = 1,5 \text{ kHz}$ mesurée au fréquencemètre, on mesure $d = 22$ cm.

En déduire la célérité v_3 du son.

c) comment pourrait-on améliorer la précision de la mesure précédente ?

d) donner une autre définition de la distance d .

Correction

a) On sait que $T = S_H \times X_T$ donc $T = 0,1 \text{ ms/div} \times 4 \text{ div} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

Or $f = \frac{1}{T}$ AN : $f = \frac{1}{4 \cdot 10^{-4}} = 2,5 \text{ kHz}$

b) On a $U_{max} = \frac{U_{max} - U_{min}}{2} = \frac{6 \text{ div} \times 500 \text{ V/div}}{2} = 1,5 \text{ V}$

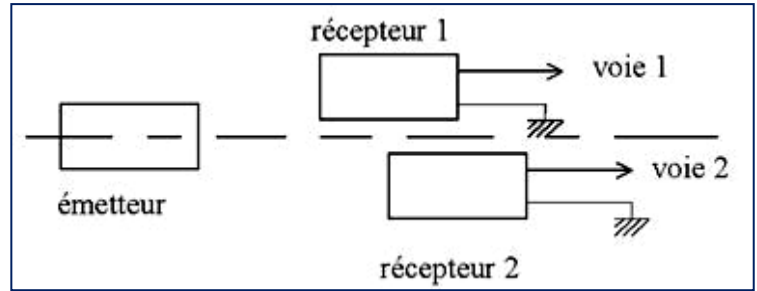
On désire observer 5 périodes sur l'écran

$$5 T_1 = 5 \times 0,4 = 2 \text{ ms}$$

L'écran possède 10 divisions donc fait 10 cm de long.

La sensibilité horizontale doit être : $s_h = 2/10 = 0,2 \text{ ms/div}$

2) a- Schéma de l'expérience



b- 6 divisions séparent l'arrivée de la salve (1) par rapport à celle de la salve (2).

L'intervalle de temps mis par la salve pour parcourir la distance $d = 18 \text{ cm}$ est :

$$\Delta t = \tau = 6 \text{ div} \cdot 0,1 \text{ ms/div} = 0,6 \text{ ms}$$

La célérité du son est : $V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{18 \cdot 10^{-2}}{6 \cdot 10^{-4}} = 300 \text{ m/s}$

c- Calcule de la distance d_1 :

la distance parcourue par l'onde est $2d_1 \Rightarrow v_1 = \frac{2 \cdot d_1}{\Delta t}$

$$\Rightarrow d_1 = \frac{v_1 \cdot \Delta t}{2} = \frac{350 \cdot 10^{-2}}{2} = 1,75 \text{ m/s}$$

3)

a- On sait que λ correspond à la plus petite distance séparant 2 points qui vibrent en phase.

Donc $d = \lambda$

b- Calcul de la valeur la célérité v_3 du son :

D'après la relation $v = \frac{d}{\Delta t}$ on a $v_3 = \frac{d}{\Delta t}$

$$\text{donc } v_3 = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f_3 = 0,22 \times 1500 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow v_3 = 330 \text{ m/s}$$

c) Pour plus de précision, mesurer la distance $10 \cdot d$ séparant 10 longueurs d'onde et diviser la valeur obtenue par 10.

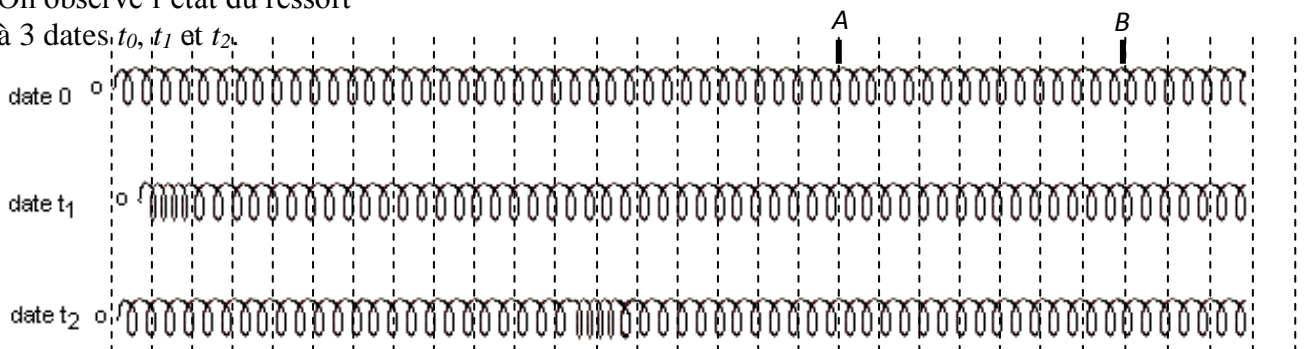
d) La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde en une période T de vibration.

Exercice 5 :

Une perturbation se propage de gauche à droite le long d'un ressort à spires non jointives.

On observe l'état du ressort

à 3 dates, t_0 , t_1 et t_2 .



Echelle : 1,0 cm par division

- S'agit-il d'un phénomène périodique ? Justifier.
- Sachant que $t_1 = 0,20$ s et que $t_2 = 2,4$ s déterminer la célérité v de cette perturbation en m/s.
- Quelle est la durée de la déformation ?
- Cette déformation est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.
- Déterminer le retard du point B par rapport au point A.

Correction :

a) Ce phénomène n'est pas périodique, il ne se répète pas.

b) On sait que $v = \frac{d}{\tau}$ donc $v = \frac{11,0}{2,4 - 0,20} = \frac{11,0}{2,2} = 5,0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} = 0,050 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

c) La déformation du ressort s'étire sur une division, soit 1,0 cm.

Donc la durée de la déformation est : $\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{1,0}{5,0} = 0,20$ s

d) Cette déformation est longitudinale puisque le milieu se déforme dans le sens du déplacement.

e) Le point B se trouve à 7,0 divisions de A, soit 7,0 cm.

Donc le retard vaut : $\tau = \frac{d}{v} = \frac{7,0}{5,0} = 1,4$ s

Exercice 6 :

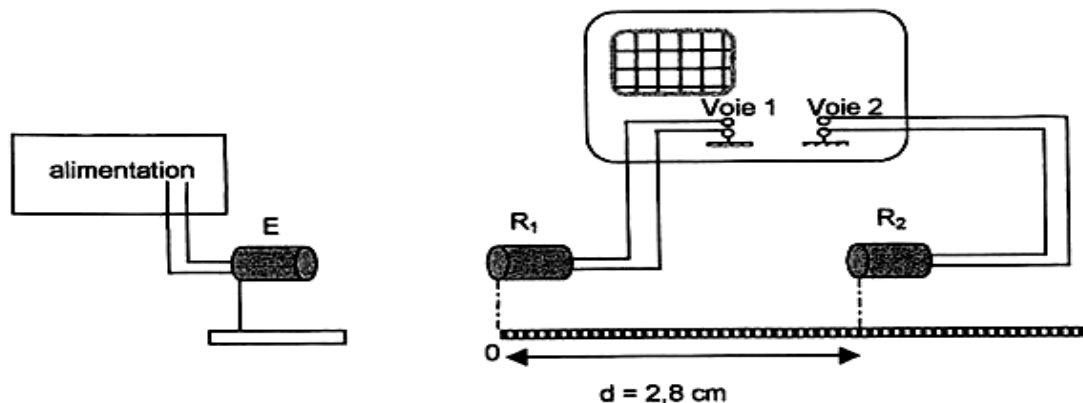
Cet exercice a pour objectifs de déterminer, dans la partie A, quelques grandeurs caractéristiques des ultrasons puis, dans la partie B, d'étudier deux applications des ultrasons : le nettoyage par cavitation acoustique et l'échogramme du cerveau.

Partie A

1. Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève dispose du matériel suivant :

- un émetteur d'ultrasons E et son alimentation électrique ;
- deux récepteurs d'ultrasons R₁ et R₂ ;
- un oscilloscope ;
- une règle graduée.

Il réalise le montage suivant :

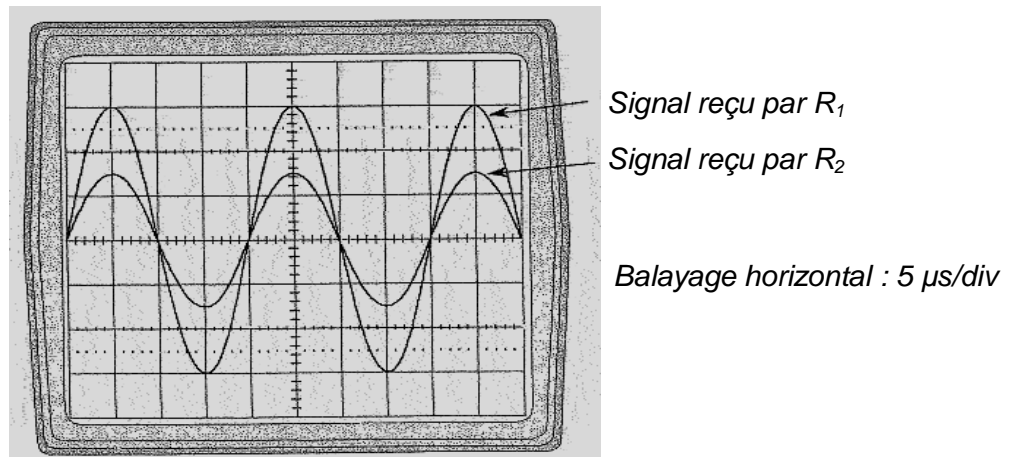


L'émetteur E génère une onde ultrasonore progressive sinusoïdale qui se propage dans l'air jusqu'aux récepteurs R_1 et R_2 . L'émetteur et les deux récepteurs sont alignés.

Le récepteur R_1 est placé au zéro de la règle graduée.

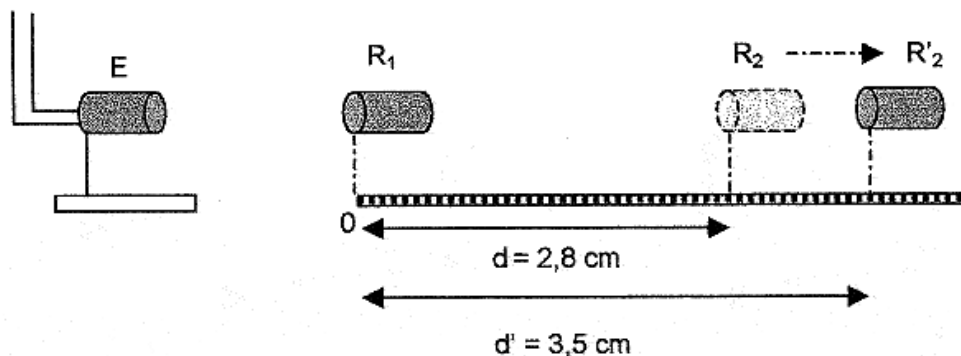
Les signaux captés par les récepteurs R_1 et R_2 sont appliqués respectivement sur les voies (1) et (2) d'un oscilloscope pour être visualisés sur l'écran de celui-ci.

Lorsque le récepteur R_2 est situé à $d = 2,8$ cm du récepteur R_1 , les signaux reçus par les deux récepteurs sont en phase. On observe l'oscillogramme ci-dessous sur l'écran.



1.1. Déterminer la fréquence f des ultrasons émis.

On éloigne lentement R_2 le long de la règle ; on constate que le signal reçu par R_2 se décale vers la droite ; on continue à éloigner R_2 jusqu'à ce que les signaux reçus par R_1 et R_2 soient à nouveau en phase. Soit R'_2 la nouvelle position occupée par R_2 . On relève la distance d' séparant désormais R_1 de R'_2 : on lit $d' = 3,5$ cm.



1.2) Définir en une phrase la longueur d'onde λ ; écrire la relation entre la longueur d'onde λ , la célérité v des ultrasons dans le milieu et la période T des ultrasons.

1.3) Exprimer en fonction de la période T des ultrasons le retard τ du signal reçu par R'_2 par rapport à celui reçu par R_2 .

En déduire la longueur d'onde.

1.4) Calculer la célérité des ultrasons dans l'air.

1.5) On immerge, en veillant à leur étanchéité, l'émetteur et les deux récepteurs R_1 et R_2 dans l'eau contenue dans une cuve de dimensions suffisantes. Sans changer la fréquence f de l'émetteur, on constate que pour observer deux signaux successifs captés par R_2 en phase, il faut éloigner R_2 de R_1 sur une distance 4 fois plus grande que dans l'air.

Déterminer la célérité des ultrasons dans l'eau.

Partie B**2. Le nettoyage par cavitation acoustique.**

Le nettoyage par ultrasons est mis en œuvre dans de très nombreux secteurs d'activités : industrie mécanique, horlogerie, bijouterie, optique ... Il repose sur le phénomène de cavitation acoustique la cavitation est produite en émettant des ultrasons de forte puissance dans un liquide.

L'émetteur est un disque constitué d'un matériau piézoélectrique sur les faces duquel sont déposées deux électrodes métallisées. Lorsqu'une tension électrique sinusoïdale est appliquée entre ces deux électrodes, le matériau se dilate et se contracte périodiquement. Ces déplacements périodiques du disque provoquent des successions de dépressions - surpressions du liquide qui est en son contact. Cette perturbation se propage ensuite de proche en proche dans l'ensemble du fluide : c'est l'onde ultrasonore.



Lors du passage de l'onde dans une « tranche » de liquide, le phénomène de cavitation se produit si la puissance de l'onde est suffisante : des microbulles de vapeur dont le diamètre peut atteindre 100 μm apparaissent. Les microbulles de vapeur sont transitoires. Elles implosent en moins d'une microseconde. Les ondes de choc émises par l'implosion nettoient la surface d'un solide plongé dans le liquide.

2.1) L'onde ultrasonore est une onde mécanique progressive. Définir une telle onde.

2.2) S'agit-il d'une onde longitudinale ou transversale ?

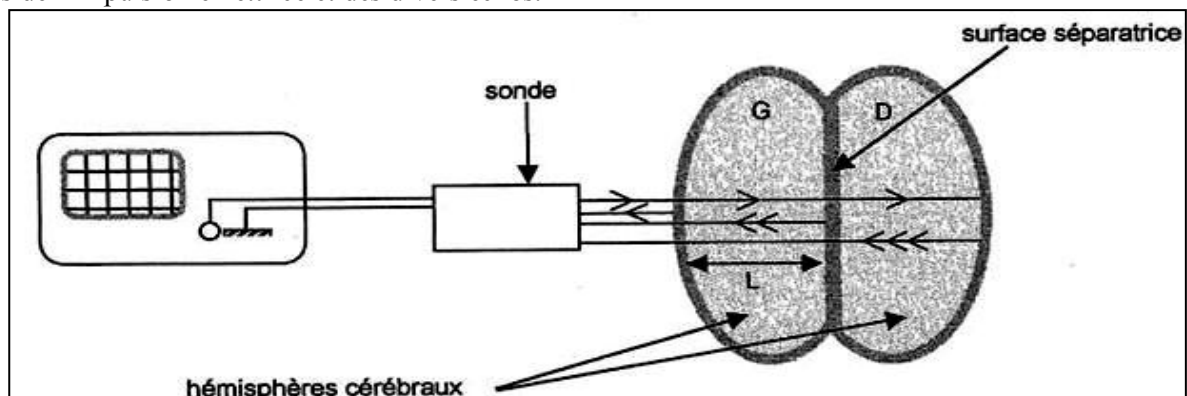
2.3) Interpréter brièvement la formation suivie de l'implosion des microbulles dans une tranche de liquide.

Données :

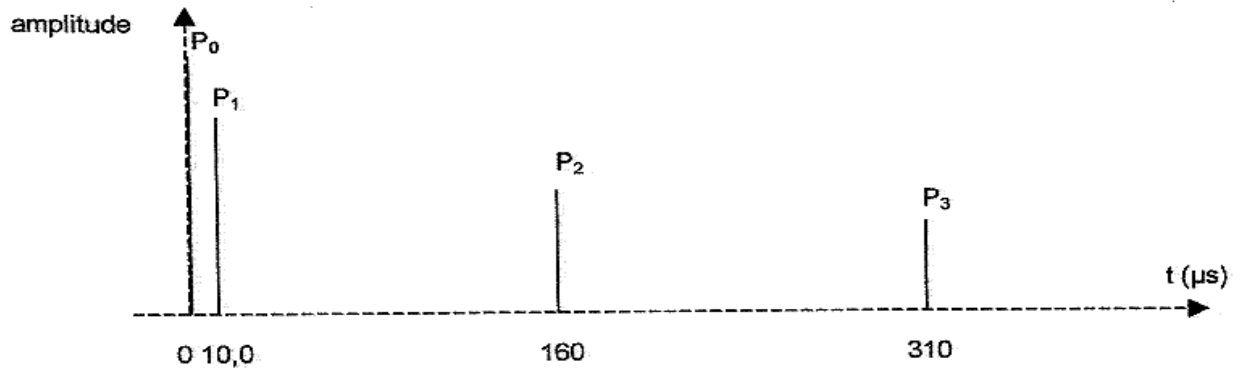
- la température d'ébullition d'un liquide diminue quand la pression diminue.
- définition d'une implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.

3. L'échogramme du cerveau.

Une sonde, jouant le rôle d'émetteur et de récepteur, envoie une impulsion ultrasonore de faible durée et de faible puissance en direction du crâne d'un patient. L'onde sonore pénètre dans le crâne, s'y propage et s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu. Les signaux réfléchis génèrent des échos qui, au retour sur la sonde, y engendrent une tension électrique très brève. Un oscilloscope relié à la sonde permet la détection à la fois de l'impulsion émettrice et des divers échos.



L'oscillogramme obtenu sur un patient permet de tracer l'échogramme ci-dessous : les tensions électriques étant redressées, seule la partie positive de celles-ci est envoyée sur l'oscilloscope ; la durée d'émission de l'impulsion étant très brève ainsi que celle des échos, on observe sur l'écran des pics verticaux : P_0 , P_1 , P_2 , P_3 .



P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t = 0$ s de l'impulsion ; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche (G sur le schéma) ; P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères ; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit (D sur le schéma).

La célérité des ultrasons dans les hémisphères est $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

3.1. Quelle est la durée Δt du parcours de l'onde ultrasonore dans l'hémisphère gauche ainsi que dans le droit ?

3.2. En déduire la largeur L de chaque hémisphère.

Correction :

Partie A

1.1. Fréquence des ultrasons émis

Sur l'oscillogramme, on mesure $2T = 8,0 \times 5 \mu\text{s}$

$$T = 20 \mu\text{s} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{avec } f \text{ en Hz et } T \text{ en s.}$$

$$f = \frac{1}{2 \times 10^{-5}} = 0,5 \times 10^5 = 5 \times 10^4 \text{ Hz} = 5 \times 10^1 \text{ kHz.}$$

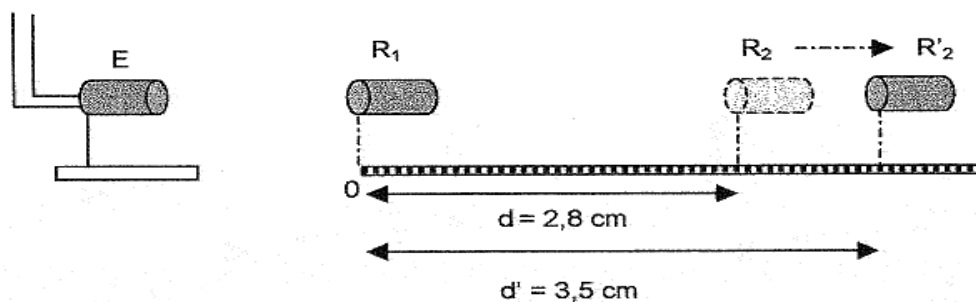
Remarque : $f > 20 \text{ kHz}$, il s'agit bien d'ondes ultrasonores.

1.2. La longueur d'onde λ appelée aussi **période spatiale de l'onde**, est la distance parcourue par l'onde à la célérité v pendant la durée T .

$$\lambda = v \cdot T.$$

1.3. R_2 à la distance d de R_1 : les deux signaux reçus sont en phase.

R_2 en R'_2 à la distance d' de R_1 : les deux signaux reçus sont de nouveau en phase.



Le retard τ du signal reçu par R'_2 par rapport à celui reçu par R_2 est égal à T : $\tau = T$.

$$\text{Or } \tau = \frac{d' - d}{v} \quad \text{et } \tau = T \text{ donc } T = \frac{d' - d}{v} \quad \Leftrightarrow \quad d' - d = v \cdot T \quad (1)$$

$$\text{D'autre part } \lambda = v \cdot T \quad (2)$$

En identifiant les expressions (1) et (2), il vient $\lambda = d' - d$

$\lambda = 3,5 - 2,8 = 0,7 \text{ cm} = 7 \times 10^{-3} \text{ m}$ (1 seul chiffre significatif car la précision des mesures est de 0,1 cm).

1.4. Célérité des ultrasons dans l'air : $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$

$$v = 7 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^4 = 3,5 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1} = 4 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

(en respectant le nombre de chiffres significatifs)

1.5. On a $v = \lambda \cdot f$ avec $\lambda = d' - d$ donc $v = (d' - d) \cdot f$

Or f reste constante donc si la distance $d' - d$ quadruple alors la célérité v doit quadrupler aussi.

$$\text{Ainsi } v_{\text{eau}} = 4v_{\text{air}}$$

$$v_{\text{eau}} = 4 \times 3,5 \times 10^2 = 1,4 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1} = 1 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1} \text{ (en respectant le nombre de chiffres significatifs).}$$

Partie B

2.1. Une onde mécanique progressive est la propagation de proche en proche d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

2.2. Il s'agit d'une onde longitudinale car la direction de la perturbation est de même direction que celle de propagation de l'onde.

2.3. Dans les zones de dépression du liquide, suite au passage de l'onde acoustique, la pression est localement très inférieure à la pression moyenne régnant dans le liquide. Or "la température d'ébullition d'un liquide diminue quand la pression diminue" donc dans les zones de dépression, le liquide se vaporise localement créant ainsi des microbulles de vapeur.

Ces microbulles formées (= corps creux) implosent immédiatement lorsqu'une zone de surpression arrive, en effet la pression dans les microbulles de vapeur est nettement inférieure à la pression régnant dans les zones de surpression du liquide.

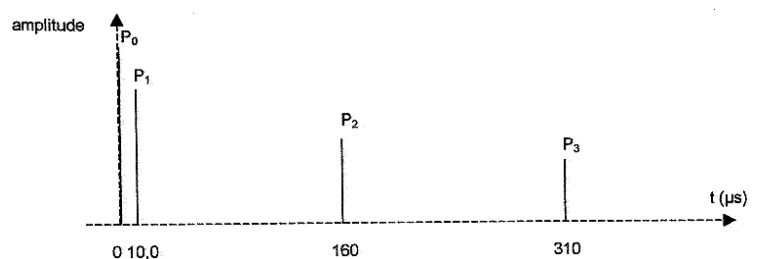
3. L'échogramme du cerveau.

« P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t = 0 \text{ s}$ de l'impulsion; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche

(G sur le schéma); P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit

(D sur le schéma).

La célérité des ultrasons dans les hémisphères est $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$. »



3.1. La durée Δt du parcours de l'onde dans l'hémisphère gauche est la différence des instants correspondant aux pics P_1 et P_2 :

$$\Delta t = 160 - 10,0 = 150 \mu\text{s}.$$

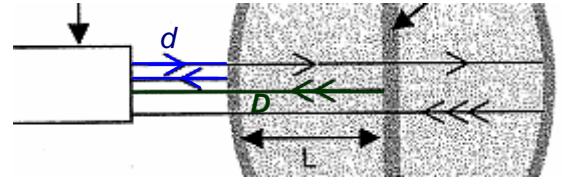
Pour l'hémisphère droit on a de même, entre les pics P_2 et P_3 :

$$\Delta t = 310 - 160 = 150 \mu\text{s}.$$

3.2.

À la date $t_1 = 10,0 \mu\text{s}$, le 1^{er} écho (pic P_1) est perçu, l'onde a parcouru une distance égale à $2d$.

À la date $t_2 = 160 \mu\text{s}$, le 2nd écho (pic P_2) est perçu, l'onde a parcouru une distance égale à $2D = 2(d+L)$.



Entre les dates t_1 et t_2 , donc pendant la durée $\Delta t = t_2 - t_1$, l'onde a parcouru la distance $2d+2L-2d = 2L$ dans le cerveau à la célérité $v = 1500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$\text{Alors } v = \frac{2L}{\Delta t} \text{ ou } L = \frac{v \cdot \Delta t}{2}$$

$$L = \frac{1500 \times 150 \times 10^{-6}}{2} = \frac{15 \times 10^2 \times 15 \times 10^1 \times 10^{-6}}{2} = \frac{225}{2} \times 10^{-3}$$

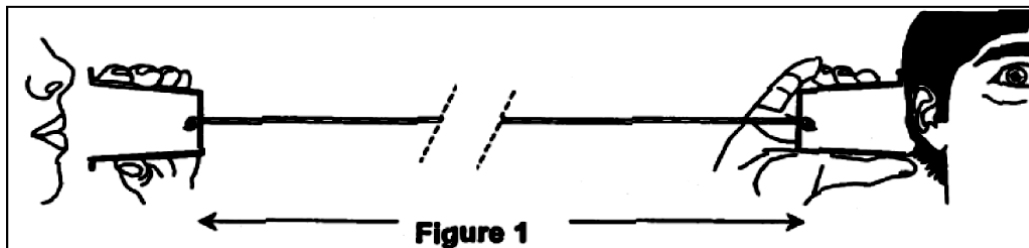
$$L = 113 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,13 \cdot 10^{-1} = \mathbf{11,3 \text{ cm}}.$$

Exercice 7 :

À l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien plus archaïque constitué de deux pots de yaourt et d'un fil :

L'onde sonore produite par le premier interlocuteur fait vibrer le fond du pot de yaourt, le mouvement de va et vient de celui-ci, imperceptible à l'œil, crée une perturbation qui se propage le long du fil. Cette perturbation fait vibrer le fond du second pot de yaourt et l'énergie véhiculée par le fil peut être ainsi restituée sous la forme d'une onde sonore perceptible par un second protagoniste.

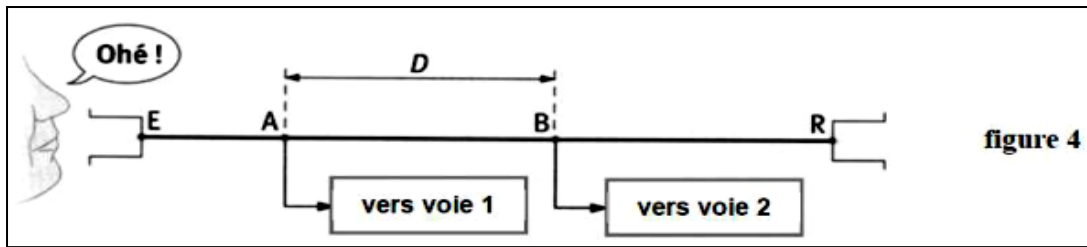
Donnée : célérité du son dans l'air à 25°C $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



1. Complétez la chaîne des milieux de propagation successifs dans lesquels les ondes mécaniques se propagent au sein du dispositif : de la bouche de la personne qui parle, à l'oreille de la personne qui écoute (figure1).

bouche / ... / etc... / ... / tympan de l'oreille

2. A 25°C , on réalise le montage suivant (figure 4), afin de mesurer la célérité des ondes sur le fil du dispositif. Deux capteurs, reliés en deux points A et B, sont distants de $D = 20 \text{ m}$ sur le fil. Le pot de yaourt émetteur est noté E.



Les capteurs enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps. On obtient l'enregistrement suivant (figure 5) :

Déterminez la célérité v de l'onde sur ce fil.

3. Comparez cette valeur à celle de la célérité du son dans l'air à 25°C. Quelle propriété justifie ce résultat ?

4. Le fil ER de longueur $L = 50$ m est assimilé à un ressort de constante de raideur $k = 20 \text{ kg.s}^{-2}$ et de masse linéique

$$\mu = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}.$$

Dans le cas d'un fil, le produit $k.L$ est une constante caractéristique du milieu de propagation.

Un modèle simple de la célérité v d'une onde de ce type dans ce fil correspond à l'expression suivante :

$$V = \sqrt{\frac{K.L}{\mu}}$$

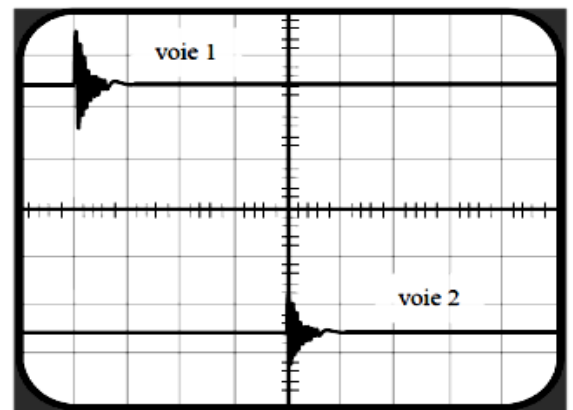
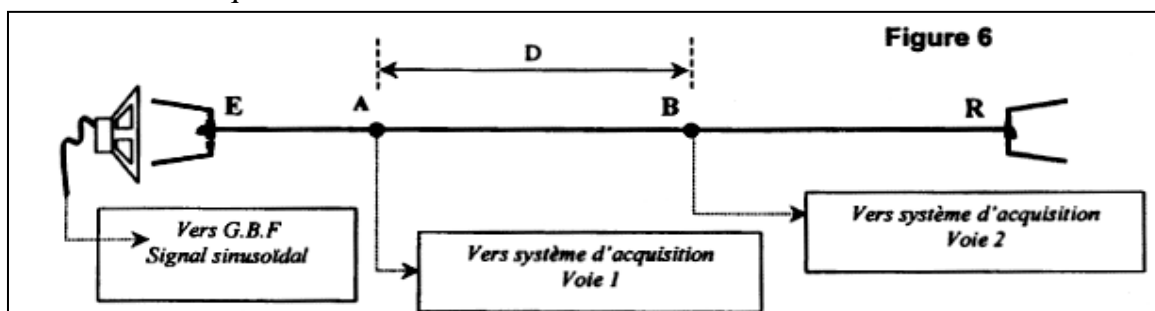


figure 5 5ms/div

Calculez la célérité de l'onde sur le fil ER. Commentez votre résultat.

5. Une autre méthode, permettant de déterminer la célérité v de l'onde se propageant dans le fil, consiste à placer, devant le pot de yaourt émetteur, un haut parleur (figure 6) qui émet des ondes sonores sinusoïdales de fréquence f_E . Les ondes sinusoïdales qui se propagent dans le fil ont la même fréquence.



Lorsque la distance D est égale à 20,0 m, on obtient l'enregistrement de la figure 7 :

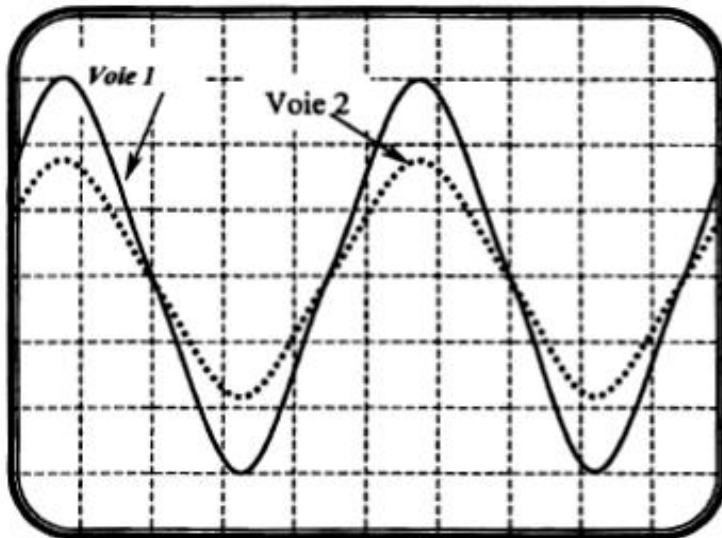


Figure 7

Sensibilité verticale 1 mV / div pour les deux voies
Sensibilité horizontale 1 ms / div

À partir de l'enregistrement de la figure 7, déterminez la fréquence de l'onde qui se propage dans le fil.

- Lorsque l'on éloigne le point B, du point A, on constate que les signaux se retrouvent dans la même configuration pour les valeurs de la distance : $D = 25,0$ m, $D = 30,0$ m, $D = 35,0$ m ...
En déduire la valeur de la longueur d'onde λ associée à l'onde qui se propage dans le fil, puis la célérité v de cette onde. Commentez votre résultat.
- Quelle différence fondamentale existe-t-il concernant la propagation des ondes du téléphone portable ?

Correction :

- D'après le texte introductif : bouche / air / pot de yaourt / fil / pot de yaourt / air / tympan.
- Le retard entre les signaux de la voie 1 et de la voie 2 est $\tau = 4 \text{ div} \times 5 \text{ ms/div} = 20 \text{ ms}$.

La célérité de l'onde est donc :

$$v = \frac{D}{\tau} \quad \text{soit } v = \frac{20}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1} = 1,0 \text{ km.s}^{-1}$$

- La célérité de l'onde le long de la corde est supérieure à celle dans l'air. En effet, une onde se propage plus rapidement dans un milieu solide que dans un milieu gazeux. La vitesse de propagation d'une onde est une propriété du milieu.

- D'où

$$v = \sqrt{\frac{k.L}{\mu}} \quad \text{soit } v = \sqrt{\frac{20 \times 50}{1,0 \cdot 10^{-3}}} = 1,0 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

Ce résultat est conforme à celui obtenu par l'expérience (cf 8.)

- On peut lire sur la figure 7 que $T = 5 \text{ div} \times 1 \text{ ms/div} = 5 \text{ ms}$
On en déduit la fréquence $\nu = \frac{1}{T}$ soit $\nu = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^2 \text{ Hz}$
- La longueur d'onde est la plus petite distance séparant deux points du milieu vibrant en phase.
On en déduit que
 $\lambda = 30,0 - 25,0 = 35,0 - 30,0 = 5,0 \text{ m}$.

$$\lambda = v.T \text{ soit } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{5,0}{5 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}. \text{ On retrouve le résultat de l'expérience précédente.}$$

7. Les ondes du téléphone "pot de yaourt" sont des ondes mécaniques alors que celles d'un téléphone portable sont des ondes électromagnétiques. Les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans le vide contrairement aux ondes mécaniques qui nécessitent la présence de matière.

```

=====
=====
=====
=====
=====
=====
=====
=====
=====
=====

```