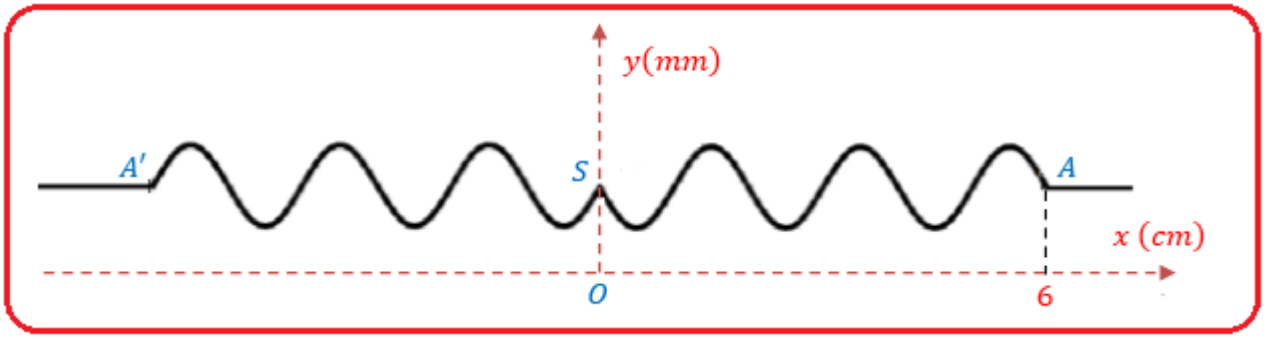
Séries de physique
Deuxième Bac
Science Physique

Les ondes mécaniques
Progressives Périodiques

Exercice : 1

Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau

Une pointe, reliée à un vibreur entretenu de fréquence N, frappe la surface d'une nappe d'eau initialement au repos, supposée élastique et homogène, en un point S.
Le mouvement de S ayant débuté à $t = 0$,se propage le long de la surface de l'eau.
On fixe la fréquence du vibreur à $f = N = 25Hz$. La figure ci-dessous représente une coupe
transversale de la surface du liquide suivant une direction passant par S à une date t_1:



1- A partir de la figure précédente déterminer : La longueur d'onde λ, La célérité v de propagation de l'onde et La date t_1 .
2- Représenter le nouveau aspect de la surface du liquide suivant la même coupe transversale à la date $t_2 = 0{,}14s$.
3- Trouver, à la date t_2, l'ensemble des points de la surface du liquide qui vibrent en opposition de phase avec la source S.
4- On remplace la pointe par une réglette qui génère à la surface de l'eau une onde plane rectiligne ou à quelques centimètres de la plaque on place une fente de largeur $a = 19{,}1mm$
   4-1- Qu'observe-t-on après la fente ? Quel est le phénomène mis en évidence ?
   4-2- Représenter l'aspect de la surface d'eau après la fente F

Exercice : 2

Détermination de la vitesse de son

Les ondes ultrasonores, ce sont des ondes mécaniques de fréquence plus grande que celle des ondes audibles. On l'exploit dans les différents domaines comme l'examen par l'échographie

1- Propagation d'une onde mécanique

1-1- Donner la définition d'une onde mécanique progressive.

1-2- 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 remplit d'eau, de tel sorte que l'émetteur E et les deux récepteurs sont alignés sont sur une règle graduée (fig :1).

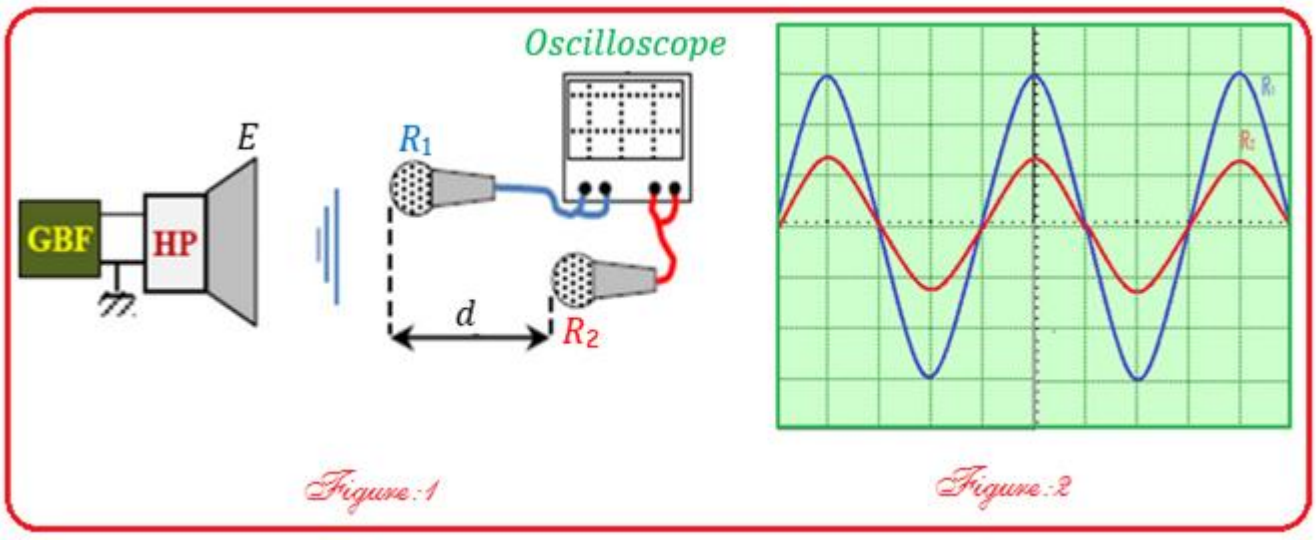


Figure :1 Figure :2

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 reçues par les deux récepteurs R_1 et R_2 sont placés sur la valeur zéro de la règle graduée, on observe sur l'écran de l'oscillogramme de la figure 2, où les deux courbes qui correspond aux signaux reçus par R_1 et R_2 sont en phase.

La sensibilité horizontale : $S_H = 5\mu s/div$.

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 deux signaux reçus par R_1 et R_2 deviendront, à nouveau, en phase lorsque la distance qui les sépare est de $d = 3cm$.

2-1- Donner la définition de la longueur de l'onde λ.

2-2- Ecrire la relation entre la longueur d'onde λ, la fréquence f des ondes ultrasonores et sa vitesse de propagation v dans un milieu quelconque.

2-3- En déduire de cette 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 expérimental dans ces positions $(d = 3m)$ et on vide la cuve de l'eau de telle 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.

3-1- Donner une explication à cette observation.

3-2- Calculer la distance minimale d_{min} 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 $v_a = 340m.s^{-1}$.

Exercice : 3

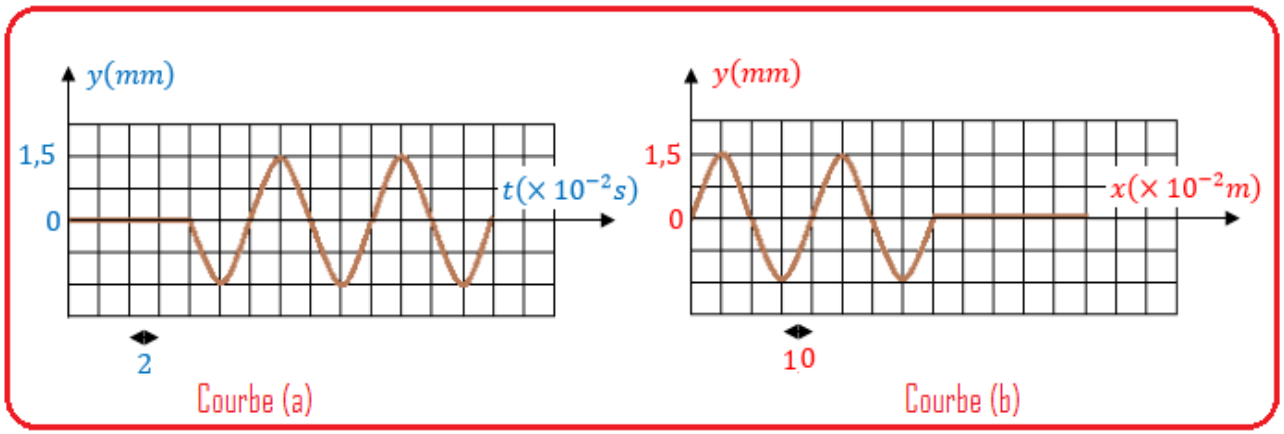
Propagation d'une onde mécanique le long d'une corde

Une lame vibrante en mouvement sinusoïdal de fréquence N, fixé à l'exprimer S d'une corde élastique SP très longue et tendue horizontalement, génère le long de celle-ci une onde progressive périodique sinusoïdale non amortie de vitesse.

On place au point P du coton. Le mouvement de la source S débute à l'instant $t = 0$.

Une étude expérimentale a permis de tracer les courbes (a) et (b) qui représentent :

- L'élongation d'un point M de la corde située à une distance D de S.
- L'aspect de la corde à un instant t_1.



1- Expliquer l'utilité du coton ?

2- Laquelle des deux courbes (a) et (b) représente l'aspect de la corde à l'instant t_1. justifier votre réponse

3- En exploitant les deux courbes (a) et (b), déterminer :

3-1- La longueur d'onde λ, la période T ,l'amplitude A et la célérité v de l'onde.

3-2- Le retard temporel τ du point M par rapport à la source S de l'onde

3-3- La distance D. Et l'instant t_1.

3-4- Le sens de déplacement du point S à l'instant $t = 0$?
(vers le bas ou vers le haut)

3-5- L'expression de la fonction sinusoïdale $y_S(t)$ qui représente l'élongation du point S en fonction du temps

3-6- L'expression de la fonction sinusoïdale $y_M(t)$ qui représente l'élongation du point M en fonction du temps

4- Comment vibre Les points S et M ? justifier votre réponse

5- On donne la relation qui lie la célérité v de l'onde, la tension T de la corde et sa masse linéique μ : $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

5-1- La corde est-elle un milieu dispersif ? justifier

5-2- On double la tension T de la corde sans modifier la fréquence N. Exprimer dans ce cas la longueur d'onde λ' en fonction de λ

Exercice : 4

Utilisation des ultrasons

Utilisation des ultrasons dans le domaine de la construction. L'échographe numérique à ultrasons est un dispositif qui permet le contrôle de qualité de béton

Son principe de fonctionnement consiste en l'émission d'ultrasons vers la paroi d'un mur et leur réception après avoir traversé le mur.

Le but de cet exercice est de déterminer la célérité des ultrasons dans l'air, et d'examiner la qualité du béton constituant le mur

1- Détermination de la célérité des ultrasons dans l'air

Nous disposons sur une même droite un émetteur (E) et un récepteur d'ultrasons, séparé d'une distance $d = 0{,}5m$, L'émetteur émet des ondes ultrasonores qui se propagent dans l'air et qui sont reçues par le récepteur après une durée $\tau = 1{,}47ms$

1-1- L'onde ultrasonore est-elle transversale ou longitudinale ?

1-2- Donner la signification physique de la grandeur τ .

1-3- Calculer la valeur de v_{air} la célérité (vitesse) des ultrasons dans l'air.

1-4- Considérons un point B d'élongation y_B, séparé de l'émetteur E d'élongationy_E d'une distance d_B. Choisir parmi ce qui suit, la bonne repense.

a- $y_B(t) = y_E(t - t_B)$ b- $y_B(t) = y_E(t + t_B)$

c- $y_B(t) = y_E(t - 2t_B)$ d-$y_B(t) = y_E(t - \frac{t_B}{2})$

2- Examen de la qualité du béton par les ultrasons. 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 est :$e(cm)$

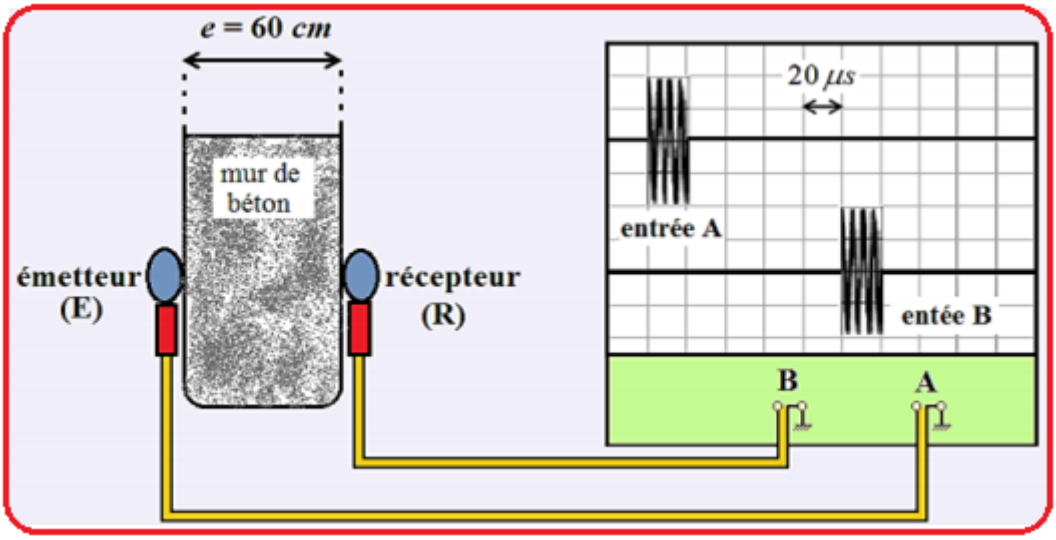
Le tableau suivant représente la qualité du béton en fonction de la célérité des ultrasons :

Célérité des ultrasons ($m.s^{-1}$)	Supérieure à 4000	Entre 3200 et 4000	Entre 2500 et 3200	Entre 1700 et 2500	Inférieure à 1700
Qualité du béton	excellente	bonne	acceptable	mauvaise	médiocre

Professeur Abdeljalil CHAKIR RihabPC RihabPC

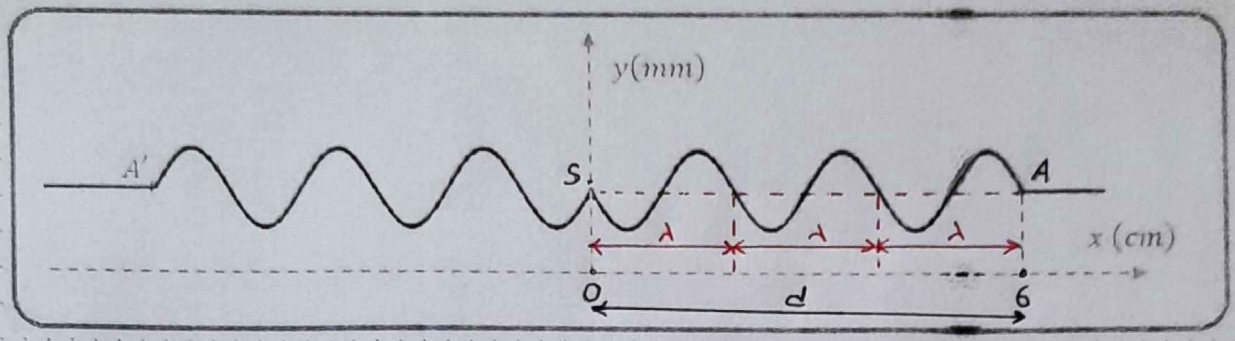
2-1- Calculer v_b la célérité des ultrasons à travers le béton constituant le mur.

2-2- Déduire la qualité du béton examiné.



Exercice : 1

Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau



① * la longueur d'onde λ :

on a : $d = 3\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{d}{3} = \frac{6}{3} = 2 \Rightarrow$ $\lambda = 2cm = 2\times10^{-2}m$

* la celerité v :

on a : $v = \lambda N \Rightarrow v = 2\times10^{-2}\times25 = 50\times10^{-2} \Rightarrow$ $v = 0,5\ m.s^{-1}$

* la date t_1 :

t_1 est le temps necessaire pour que l'onde part de S vers A en parcourant la distance d

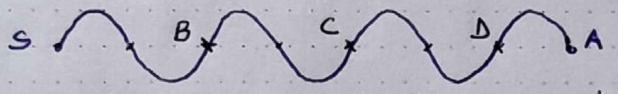
donc $d = v.t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{d}{v} \Rightarrow t_1 = \frac{6\times10^{-2}}{0,5} = 12\times10^{-2} \Rightarrow$ $t_1 = 12\times10^{-2}\ s$

② le nouveau aspect du milieu à la date $t_2 = 0,14\ s$

on calcul la distance d_2 parcouru par l'onde à la date $t_2 \Rightarrow d_2 = v t_2 = 0,5\times0,14 = 0,07$

$d_2 = 0,07\ m = 7cm = 3\lambda + \frac{\lambda}{2}$

et on commence par le front de l'onde

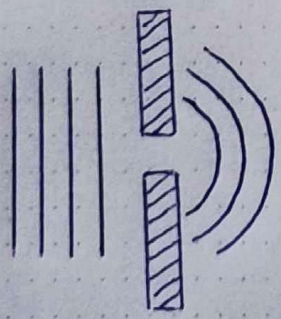


③ Les points qui vibre en phase avec, c'est à dire les points qui se trouvent à $\lambda, 2\lambda, 3\lambda$ de S $\Rightarrow$ B, C, D.

④ 4-1 : on a : $a = 19,1mm = 1,91cm$ et puisque $a < \lambda$ on observe après la fente des ondes circulaire

$\Rightarrow$ c'est le phenomene de la diffraction

4-2 : l'aspect de la surface d'eau après la fente F



Scanné avec CamScanner

Exercice 2

Determination de la vitesse de son

① Propagation d'une onde mecanique

1-1- L'onde mecanique est le phenomene de propagation d'une perturbation dans un milieu mecanique elastique

1-2- la difference entre onde mecanique transversale et longitudinale
* transversale : la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de perturbation
* longitudinale : " " parallele " "

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

2-1- Longueur d'onde λ : la distance qui separe deux points successif du milieu en phase

2-2- la relation : $v = \lambda . N = \lambda . f$

2-3- la valeur de v_e :
ona : $v_e = \lambda_e . f = \lambda_e . \frac{1}{T}$ avec $T = 4 div \times S_H = 4 div \times 5 \mu s/div = 20 \mu s = 2 \times 10^{-5} s$ / $\lambda_e = d = 3 cm = 3 \times 10^{-2} m$

$\Rightarrow v_e = 3 \times 10^{-2} \times (2 \times 10^{-5})^{-1}$

$\Rightarrow v_e =$ [illegible] $\Rightarrow$ $v_e = 1500 ms^{-1}$

③ Propagation des ondes ultrasonores dans l'air
3-1- en changeant le milieu de propagation, la vitesse et λ changent donc il se produit un decalage temporel entre les 2 signaux.

3-2- Calcul de la distance d_{min}
* on calcul λ_a : longueur d'onde dans l'air : $v_a = \lambda_a f = \frac{\lambda_a}{T} \Rightarrow \lambda_a = v_a . T$

$\Rightarrow \lambda_a = 340 \times 2 \times 10^{-5} = 6,8 \times 10^{-3} m$

* ona : $d = k . \lambda_a \Rightarrow k = \frac{d}{\lambda_a} = \frac{3 \times 10^{-2}}{6,8 \times 10^{-3}} = 4,4$

donc pour que les deux signaux soient à nouveau en phase il faut que $k = 5$
c'est pour cela on deplace R_2 d'une distance d_{min}

tel que $d + d_{min} = k . \lambda_a \Rightarrow d_{min} = k \lambda_a - d$

A.N. $d_{min} = 5 \times 6,8 . 10^{-3} - 0,03$

donc : $d_{min} = 4 \times 10^{-3} m = 0,4 cm$

Dou : $d_{min} = 4 \times 10^{-3} m = 0,4 cm$

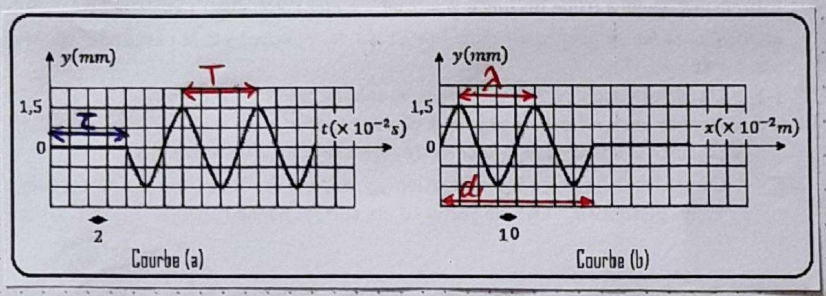
Scanné avec CamScanner

Exercice : 3

① on utilise le coton pour absorber l'energie et pour qu'il y aura pas reflexion des ondes

② puisque la courbe (b) represente la variation de y en fonction de x, donc elle represente l'aspect du milieu

③ L'exploitation de (a) et (b)



3-1- * la longueur d'onde: on utilise la Courbe (b) $\Rightarrow \lambda = (4\times10)\times10^{-2} \Rightarrow$ **$\lambda = 0,4\ m$**

* la periode : on utilise la Courbe (a) : $\Rightarrow T = 4\times2\times10^{-2} \Rightarrow$ **$T = 8\times10^{-2}\ s$**

* l'amplitude A : elle represente y_m on utilise (a) ou (b) $\Rightarrow$ **$A = 1,5\ mm = 1,5\times10^{-3}$**

* la celerité v : on a : $v = \lambda . N = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow v = \frac{0,4}{8\times10^{-2}} = 5 \Rightarrow$ **$v = 5\ m.s^{-1}$**

3-2- Calcul de $\tau_{M/S}$

d'après la Courbe (a) on a : $\tau = 2\times4\times10^{-2} = 8\times10^{-2}$; **$\tau_{M/S} = 8\times10^{-2}\ s$**

3-3- * la distance : D : on a : $D = v.\tau = 5\times8\times10^{-2}$; **$D = 0,4\ m$**

* l'instant t_1 : d'après (b) le front de l'onde a parcouru une distance d à l'instant t_1 telque : $d_1 = 8\times10\times10^{-2} = 8\times10^{-3}\ m$ d'où : $d_1 = v.t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{d_1}{v} = \frac{8\times10^{-3}}{5}$

$\Rightarrow$ **$t_1 = 1,6\times10^{-3}\ s$**

3-4- d'après la Courbe (b) le front de l'onde va vers le bas, donc le deplacement de (S) à l'instant (t=0) est vers le bas

3-5- l'expression de la fonction (elongation) $y_S(t)$

on a : $y_S(t) = y_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$ avec $\begin{cases} y_m = A = 1,5\ mm = 1,5\times10^{-3} = 15\times10^{-4}\ m \\ T_0 = T = 8\times10^{-2}\ s \end{cases}$

D'où : **$y_S(t) = 15\times10^{-4}\cos\left(\frac{2\pi}{8\times10^{-2}}.t\right)$**

3-6- on a $y_M(t) = y_S(t-\tau) = 15\times10^{-4}\cos\left[\frac{2\pi}{8\times10^{-2}}(t-\tau)\right] = 15\times10^{-4}\cos\left(\frac{2\pi}{8\times10^{-2}}t - \frac{2\pi}{8\times10^{-2}}\times8\times10^{-2}\right)$

D'où : **$y_M(t) = 15\times10^{-4}\cos\left(\frac{2\pi}{8\times10^{-2}}t - 2\pi\right)$**

Scanné avec CamScanner

④ La distance entre S et M est $D = 0,4m = \lambda \Rightarrow$ S et M vibrent en phase

⑤ d'après l'expression: $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ avec $\mu = \frac{m}{l} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{T \cdot l}{m}}$

5-1- la vitesse dépend de T, l et m et ne dépend pas de la fréquence

donc:

la Corde est un milieu non dispersif

5-2- on a: $\begin{cases} v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \lambda N \\ v = \sqrt{\frac{2T}{\mu}} = \lambda' N \end{cases} \Rightarrow \lambda' N = \sqrt{2}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{2} \cdot \lambda N$

$\Rightarrow \lambda' = \sqrt{2}\lambda$

D'où $\lambda' = \sqrt{2} \cdot \lambda$

Scanné avec CamScanner

Exercice : 4

Utilisation des ultrasons

① Détermination de la célérité des ultrasons dans l'air

1-1- L'onde ultrasonore est longitudinale

1-2- la signification de τ

τ représente le retard temporel entre l'émetteur (E) et le récepteur (R)

1-3- Calcul de v_{air} :

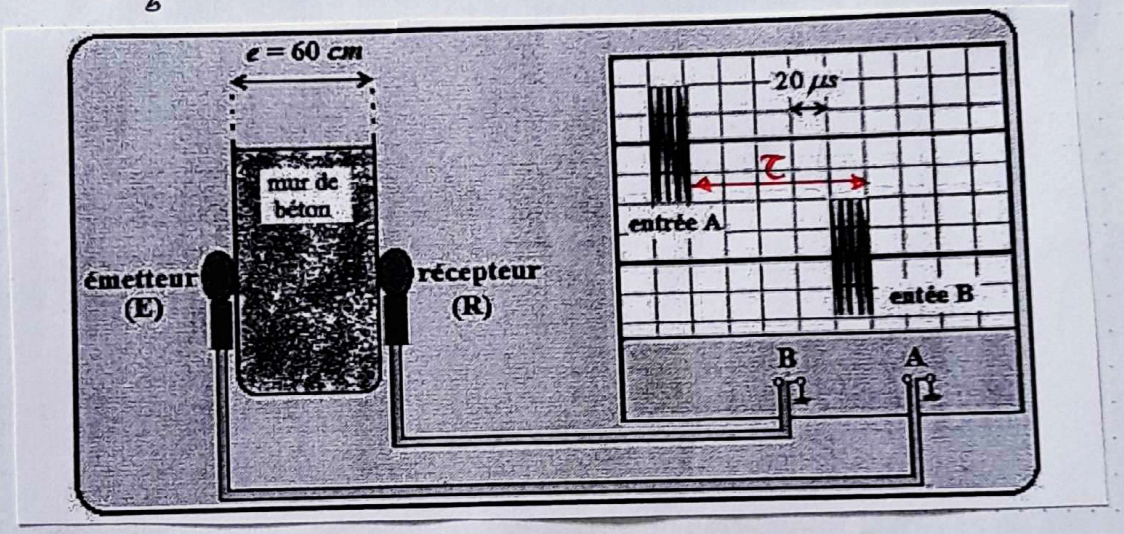
on a : $d = v_{air} \cdot \tau$ avec $\tau = 1{,}47\,ms = 1{,}47 \times 10^{-3}\,s$ et $d = 0{,}5\,m$

$$\Rightarrow v_{air} = \frac{d}{\tau} = \frac{0{,}5}{1{,}47 \times 10^{-3}} = 340{,}1 \Rightarrow \boxed{v_{air} \approx 340\ m.s^{-1}}$$

1-4- on a : $y_B(t) = y_E(t - \tau)$ avec $\tau = t_B \Rightarrow \boxed{y_B(t) = y_E(t - t_B)}$

② Examen de la qualité du béton par les ultrasons

2-1- Calcul de v_b



on a : $d = v_b \cdot \tau \Rightarrow v_b = \frac{d}{\tau}$ avec ($d = e = 60\,cm = 0{,}6\,m$ et $\tau = 5 \times 20\,\mu s = 100\,\mu s = 10^{-4}\,s$)

donc : $v_b = \frac{0{,}6}{10^{-4}} = 6000$

D'où : $\boxed{v_b = 6000\ ms^{-1}}$

2-1- qualité du béton

Célérité des ultrasons ($m.s^{-1}$)	Supérieure à 4000	Entre 3200 et 4000	Entre 2500 et 3200	Entre 1700 et 2500	Inférieure à 1700
Qualité du béton	excellente	bonne	acceptable	mauvaise	médiocre

d'après le tableau on a $v_b = 6000 > 4000$

Donc : la qualité du béton est excellente

Scanné avec CamScanner