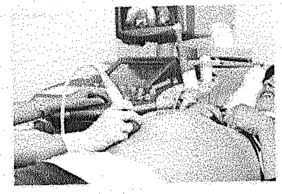
Tp ϕ1 LES ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES.



CONTEXTE DU SUJET

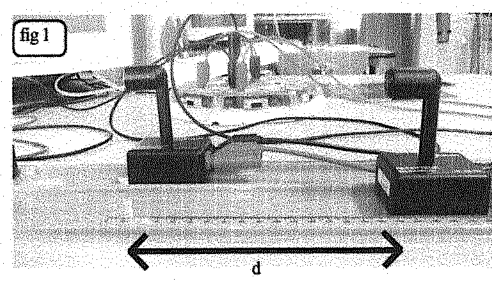
L'échographie est une technique d'imagerie médicale qui utilise des ultrasons. Cet examen indolore est couramment pratiqué en médecine pour visualiser différents organes et, pendant la grossesse, pour s'assurer du bon développement du fœtus.
L'échographie se base sur la connaissance de la célérité des ondes ultra sonores.

OBJECTIF

L'objectif de cette séance est de déterminer la célérité des ondes ultrasonores dans le cas d'une onde progressive puis périodique

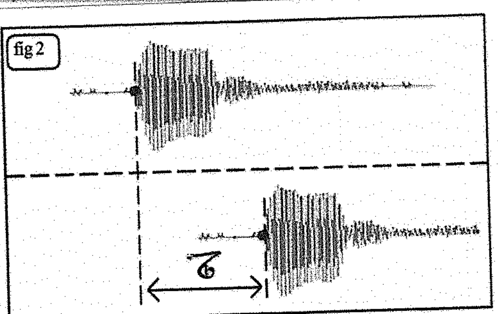
① Célérité onde ultrasonore progressive

dispositif



On place deux récepteurs US face à un émetteur.

On visualise sur l'écran de l'oscillo, des signaux identiques superposés



On décale d'une distance d un des récepteurs par rapport à l'autre (voir fig 1)

On visualise alors sur l'écran de l'oscillo (voir fig 2) un retard de réception τ du signal.

Pour une distance $d = 350$ mm relevée sur la règle graduée, je compte sur l'écran de l'oscillo un décalage τ qui correspond à 5 divisions et 1 trait $\Rightarrow \tau = 5{,}2$ divisions (1 trait = 0,2 div !!)

Compte tenu de l'échelle des temps (200 µs/div) on en déduit $\tau = 5{,}2 \times 200 = 1040$ µs.

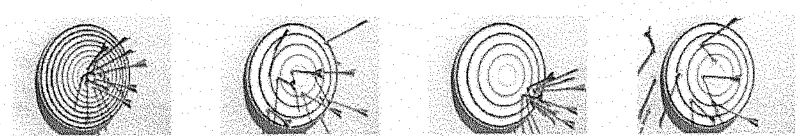
Ce qui donne

$$c_{exp} = \frac{d}{t} = \frac{350\times10^{-3}\,m}{1040\times10^{-6}\,s} = 336\,m/s.$$

Valeur à comparer avec la valeur théorique $c_{théo} = 340\,m/s$

écart relatif $= \frac{|c_{exp} - c_{théo}|}{c_{théo}} = 1,1\%$ Très bien.

La justesse, la fidélité et la résolution d'un système d'acquisition déterminent l'incertitude finale sur la mesure. En sciences expérimentales, il n'existe pas de mesures exactes. Celles-ci ne peuvent être qu'entachées d'erreurs plus ou moins importantes selon le protocole choisi, la qualité des instruments de mesure ou le rôle de l'opérateur.



Mesure juste, fidèle et bien résolue — Mesure juste, dispersée et mal résolue — Mesure avec un biais, fidèle et peu résolue — Mesure biaisée, dispersée et mal résolue

A noter que tous les groupes n'ont pas trouvé la même valeur et parfois assez éloignée de la valeur théorique

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
c (m/s)	333	310	345	351	336	351	333	310

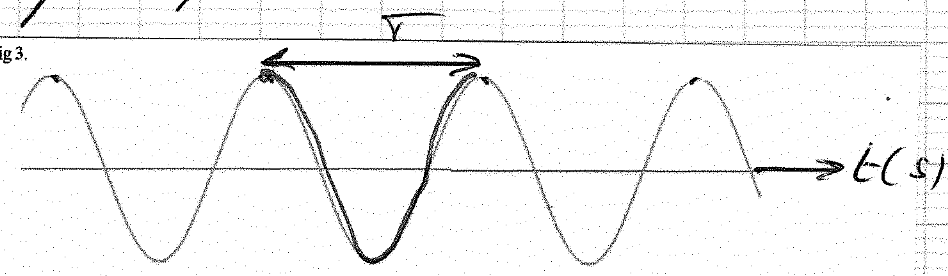
La $\bar{c}_{exp} = 333\,m/s.$

Il faut donc comprendre qu'une mesure ne suffit pas mais qu'il faut multiplier les mesures et en faire une moyenne.

② Célérité onde ultrasonore périodique

Dispositif : On place un récepteur US face à un émetteur d'US qui émet normalement une onde périodique. On visualise sur l'écran.

Fig 3.



Il s'agit bien d'un signal périodique avec un motif élémentaire V caractérisé par période temporelle T car l'axe horizontal est gradué en temps.

On compte 7 divisions et 2 petits traits soit 7,4 div pour 6 motifs élémentaires

↳ $\Delta t = 7{,}4 \times 20 \times 10^{-6} = 148\ \mu s$ pour 6 motifs

↳ $T = \dfrac{148}{6} = 24{,}7\ \mu s$.

Rem : Il faut toujours prendre un max de motifs élémentaires pour en déduire la période d'un seul motif

Note : On peut en déduire la fréquence.

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{24{,}6 \times 10^{-6}} = 40{,}5\ kHz$$

valeur cohérente car $F > 20\ kHz$ (domaine ultrasons compris entre 20 et 80 kHz)

On place les 2 récepteurs côte à côte (fig 4)

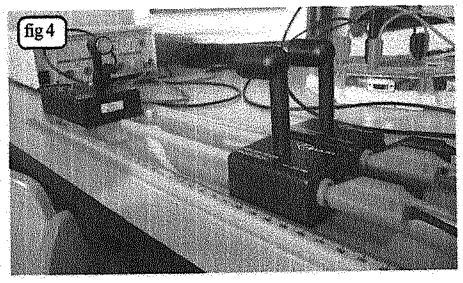


fig 4

On visualise alors sur l'écran deux signaux superposés (voir fig 6 position 1)
On dit que les signaux sont en phase.

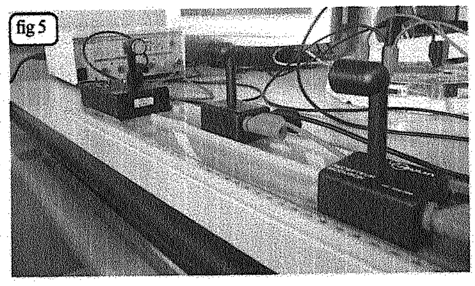
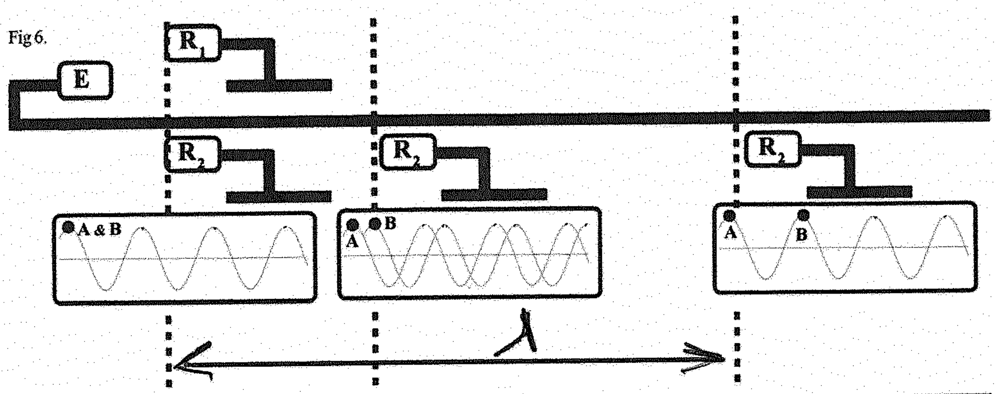


fig 5

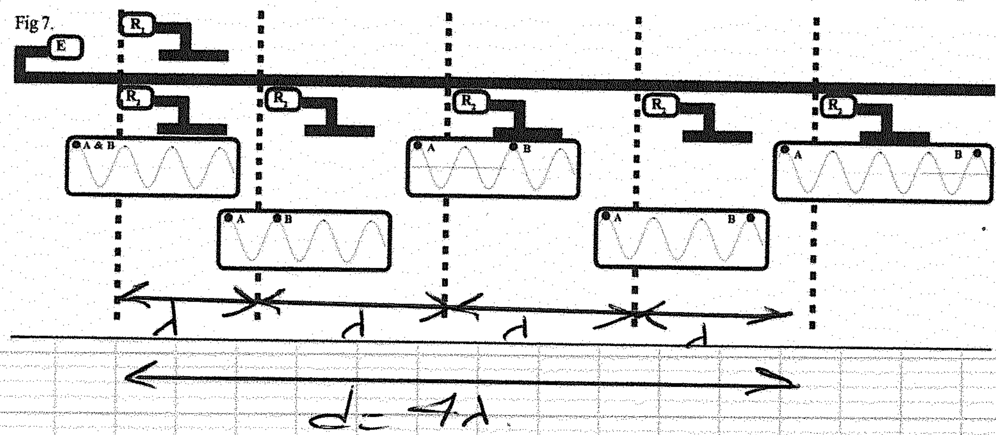
Si on recule le récepteur R_2 par rapport à R_1, on visualise alors un décalage des 2 signaux (voir fig 6 position 2)
jusqu'à observer à nouveau les 2 signaux en phase (voir fig 6 position 3) pour une distance de recul de R_2 par rapport à R_1 ~ 9 mm mais difficile à estimer précisément.

Fig 6.



La distance qui sépare les 2 positions ① et ③ où les signaux sont en phase est la distance dite longueur d'onde λ.

Pour diminuer les incertitudes de mesure sur λ
on va reculer R_2 d'un multiple entier de λ



On trouve $d = 88$ mm pour $10\lambda \Rightarrow \lambda = 8,8$ mm

$$\Rightarrow C_{exp} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times F = \frac{8,8 \times 10^{-3}}{24,7 \times 10^{-6}} = 356 \text{ m/s}$$

Pour aller plus loin : incertitude sur mesure.

On applique la relation donnée par la formule

Indications pour l'évaluation des incertitudes.

- Pour calculer la célérité de la lumière, on a la relation $c = \frac{\lambda}{T}$ L'incertitude Δc sur la mesure de la célérité c est donnée par la relation

$$\Delta c = c \times \sqrt{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2}$$

- L'incertitude Δλ sur la longueur d'onde, est due aux lectures sur la règle utilisée pour faire cette mesure Δλ = 1 mm
- L'incertitude ΔT sur la période temporelle, est due aux lectures sur la graduation utilisée pour faire cette mesure ΔT = 1 µs

$$\Delta c = 356 \times \sqrt{\left(\frac{1}{8,8}\right)^2 + \left(\frac{1}{24,7}\right)^2} = 42 \text{ m/s} \simeq 40 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow c = (356 \pm 40) \text{ m/s}$$