

TP 22 : Ondes mécaniques
Mesures de célérité et de longueur d'onde - correction

II. Mesure de la célérité d'ondes ultrasonores :

A. Préparation du signal émis :

1. La valeur de la fréquence de l'onde ultrasonore émise est $f = 40 \text{ kHz}$.
Cette fréquence appartient au domaine des ultrasons car $40 \text{ kHz} > 20 \text{ kHz}$.
2. Le filtrage réalisé par les émetteurs ultrasons est du type passe-bande.
3. Le système étudié dans cette expérience est l'air à 20°C .

B. Premières observations du signal de sortie :

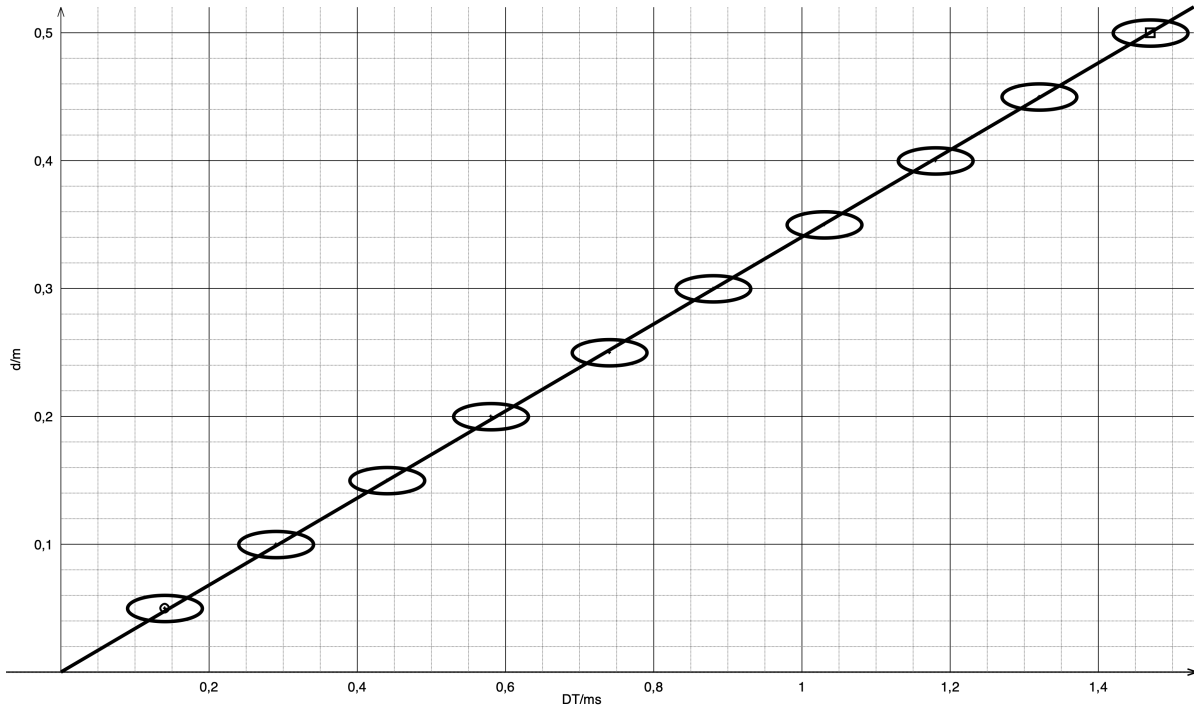
4. Le nom donné à la grandeur Δt est « décalage temporel ».
5. Le signal émis $e(t)$ n'a pas la même forme que le signal reçu, noté $s(t)$.
6. Lorsque la distance d entre l'émetteur et le récepteur diminue, on observe :
 - La diminution de la durée Δt
 - L'augmentation de l'amplitude du signal reçu, $s(t)$.
7. Lorsque la distance d entre l'émetteur et le récepteur diminue :
 - Il faut de moins en moins de temps au signal pour parcourir cette distance (la célérité est constante)
 - Le phénomène d'absorption de l'onde par l'air est de moins en moins important
8. On a $d = v \times \Delta t$.
9. Si l'on trace d en fonction de Δt , on obtient une droite passant par l'origine.
10. Le coefficient directeur de cette droite correspond à la célérité des ondes ultrasonores : v .

C. Première mesure de la célérité des ondes ultrasonores :

11. Tableau de mesures :

Nom	? d	? u(d)	? DT	? u(DT)
Unité	m	m	s	s
0	0,5000	0,010	0,00147	0,000050
1	0,4500	0,010	0,00132	0,000050
2	0,4000	0,010	0,00118	0,000050
3	0,3500	0,010	0,00103	0,000050
4	0,3000	0,010	0,00088	0,000050
5	0,2500	0,010	0,00074	0,000050
6	0,2000	0,010	0,00058	0,000050
7	0,1500	0,010	0,00044	0,000050
8	0,1000	0,010	0,00029	0,000050
9	0,0500	0,010	0,00014	0,000050

12. Graphe :



L'encadrement de la valeur coefficient directeur de la droite donne :

$$a = 340 + 15 \text{ m/s}$$

13. Calcul de la célérité théorique v des ondes ultrasonores dans l'air :

$$v = 331,4 + 0,607 \times \theta = 331,4 + 0,607 \times 20 = 344 \text{ m/s}$$

14. La valeur théorique appartient bien ici, à l'encadrement expérimental :

$$344 \in [325; 355]$$

L'expérience est donc **concluante**.

D. Deuxième mesure de la célérité des ondes ultrasonores :

15. Calcul de la nouvelle valeur expérimentale de v :

L'onde ultrasonore fait dans cette expérience, un aller-retour : **la distance parcourue est donc $2 \times D$.**

$$v = \frac{d}{\Delta t} \text{ avec } d = 2 \times D$$

$$v = \frac{2D}{\Delta t} = \frac{2 \times 20,0 \times 10^{-2}}{1,18 \times 10^{-3}} = 339 \text{ m/s}$$

16. Calcul d'un écart relatif :

$$\frac{340 - 339}{340} = 0,3\%$$

L'expérience est donc **concluante** car l'écart relatif est **inférieur à 10 %**

III. Mesures de la longueur d'onde λ d'OPPH : double périodicité

17. La durée qui s'est écoulée durant le tour complet du disque se nomme « **période temporelle** ».

18. La valeur de la période T de l'onde plane progressive harmonique est **$T = 0,66s$**

19. Calcul de la fréquence :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,66} = \mathbf{1,5\ Hz}$$

La fréquence affichée par la simulation correspond à celle mesurée.

20. Lorsqu'une période T s'est écoulée, un **motif** apparait sur la corde.

21. La période du motif qui est apparu sur la corde est **$4,1\ cm$** .

22. Le nom donné à cette « nouvelle période » est « **période spatiale** » ou « longueur d'onde ». On la note λ

23. Calcul de la valeur de la célérité v de l'onde se propageant dans la corde, en m/s :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,041}{0,66} = \mathbf{0,062\ m/s}$$

24. Expression numérique de l'onde $s(x, t)$:

Dans le sens des x positifs :

$$s(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

Avec

$$\begin{aligned}\omega &= 2\pi \times 1,5 = 9,4\ rad/s \\ k &= \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0,041} = 153\ rad/m\end{aligned}$$

On remplace :

$$\mathbf{s(x, t) = 0,75 \cos(9,4t - 153x)}$$

IV. Puissance moyenne transportée par une OPPH sonore :

25. Calcul de la valeur de l'impédance acoustique caractéristique du milieu, notée Z_{sonore} :

$$v = 331,4 + 0,607 \times \theta = 331,4 + 0,607 \times 25 = 347\ m/s$$

$$Z_{sonore} = \rho \times v = 1,184 \times 347 = \mathbf{411\ kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}}$$

26. Calcul de la valeur de la puissance moyenne surfacique transportée par l'onde $\langle P_{sonore} \rangle$:

$$\langle P_{sonore} \rangle = \frac{1}{2} \times \frac{A_p^2}{Z_{sonore}} = \frac{1}{2} \times \frac{(1,0 \times 10^{-5})^2}{411} = \mathbf{1,2 \times 10^{-13}\ W \cdot m^{-2}}$$

27. Calcul de la puissance moyenne transportée par cette onde à la traversée d'un tympan de surface $S = 60\ mm^2$:

$$\langle P \rangle = \langle P_s \rangle \times S = 1,2 \times 10^{-13} \times 60 \times 10^{-6} = \mathbf{7,3 \times 10^{-18}\ W}$$

28. Calcul de la valeur du niveau de puissance en dBm de cette onde :

$$N = 10 \times \log\left(\frac{P}{P_{réf}}\right) = 10 \times \log\left(\frac{7,3 \times 10^{-18}}{1 \times 10^{-3}}\right) = \mathbf{-141\ dBm}$$