

TD S6.2 - Interférences et ondes stationnaires

Table des matières

1	Onde résultante de la superposition de deux ondes sinusoïdales	1
2	Position des nœuds et des ventres	1
3	Mesure de la vitesse du son	2
4	Corde de Melde	2
5	Ondes sonores	3
6	Interférences lumineuses	3

1 Onde résultante de la superposition de deux ondes sinusoïdales

Deux émetteurs d'ondes mécaniques E_1 et E_2 émettent chacun une onde de même amplitude, de même fréquence et en phase :

$$s_1(E_1, t) = s_2(E_2, t) = A \sin(\omega t)$$

- 1.1. Ces deux ondes peuvent-elles interférer ? Pourquoi ?
- 1.2. Donner un exemple et décrire les observations.
- 1.3. Soit un point M de l'espace, pourquoi les signaux arrivant en M sont-ils déphasés ?
- 1.4. Calculer le déphasage des deux ondes au point M , noté $\varphi(M)$.
- 1.5. Retrouver alors les conditions d'interférences constructives et destructives.

2 Position des nœuds et des ventres

Sur une corde vibrante d'axe (Ox) , on superpose deux ondes sinusoïdales progressives, de même pulsation et de même amplitude A , mais se propageant en sens inverse à la célérité c :

$$\psi_1(x, t) = A \cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right) \quad \text{et} \quad \psi_2(x, t) = A \cos\left(\omega\left(t + \frac{x}{c}\right) + \varphi\right)$$

- 2.1. Le point $x = 0$ est un nœud de vibration, en déduire φ .
- 2.2. A l'aide de la relation de trigonométrie

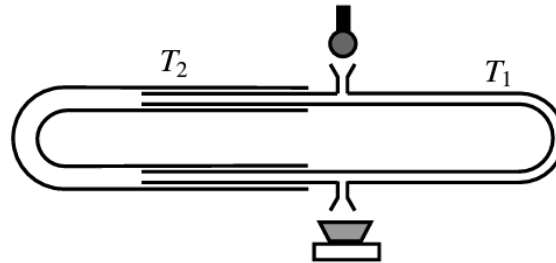
$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) \times \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)$$

déterminer l'expression de l'amplitude de l'onde résultante $\psi(x, t)$.

- 2.3. Pourquoi parle-t-on d'onde stationnaire ? En donner les caractéristiques (positions des nœuds et ventres).

3 Mesure de la vitesse du son

Le trombone de KOENIG est un dispositif de laboratoire permettant de faire interférer deux ondes sonores ayant suivi des chemins différents. Le haut-parleur alimenté par un générateur de basses fréquences émet un son de fréquence $f = 1500 \text{ Hz}$.



On mesure le signal à la sortie d'un microphone branché sur un oscilloscope. En déplaçant la partie T_2 , on fait varier l'amplitude du signal observé. Elle passe deux fois de suite par une valeur minimale lorsqu'on déplace T_2 de $d = 11,5 \text{ cm} \pm 2 \text{ mm}$.

3.1. Déterminer la valeur de la célérité du son dans l'air à 20°C , température à laquelle l'expérience est faite.

4 Corde de Melde

Une corde de MELDE de longueur finie est excitée en $x = 0$ par un vibreur de faible amplitude et de fréquence f variable, et passe en $x = L$ par la gorge d'une poulie. Elle est tendue par une masse m accrochée à l'extrémité de la corde.

4.1. Faire un schéma et décrire le phénomène observé lorsqu'on modifie la fréquence f d'excitation.

4.2. Exprimer la longueur L en fonction de la longueur d'onde λ_n du mode n concerné et en déduire les fréquences f_n des modes propres en fonction de n , L et c .

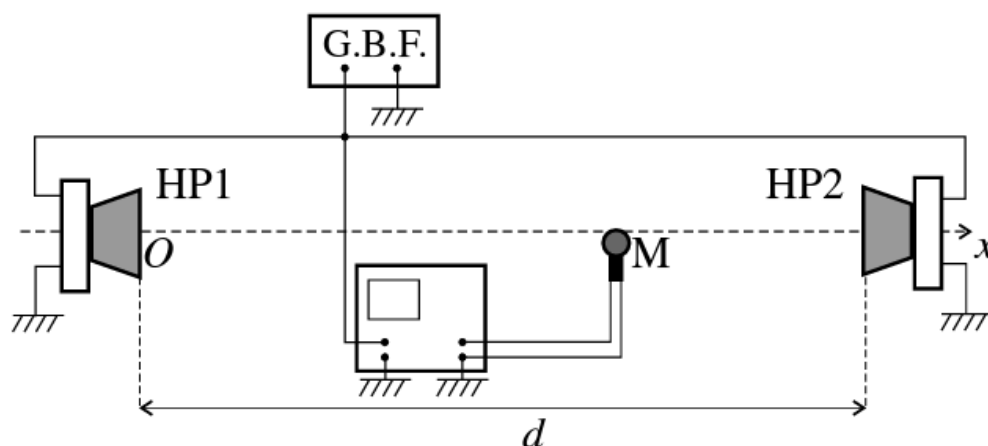
4.3. Représenter la corde dans le mode $n = 3$. La corde vibrante a une masse linéique $\mu = 50 \text{ g.m}^{-1}$ et la masse permettant de la tendre (accrochée à l'extrémité libre après la poulie) est $m = 500 \text{ g}$. La célérité des ondes sur une corde est donnée par l'expression $c = \sqrt{\frac{T_0}{\mu}}$ où T_0 est la tension de la corde.

4.4. Vérifier l'homogénéité de cette expression.

4.5. Commenter les variations de c en fonction de T_0 et μ , puis calculer c pour l'expérience considérée.

5 Ondes sonores

On s'intéresse aux interférences d'ondes sonores produites par deux haut-parleurs identiques HP1 et HP2, placés face à face, à distance d l'un de l'autre, et alimentés par la même tension sinusoïdale de fréquence $f = 1250$ Hz. L'axe (Ox) passe par les centres des haut-parleurs ; le centre de HP1 est en $x = 0$ et le centre de HP2 est en $x = d$. Un microphone M de petite dimension peut être déplacé le long de (Ox) .



On envoie sur un oscilloscope le signal du générateur alimentant les haut-parleurs et la tension u délivrée par le micro, le premier signal servant de source de déclenchement. Lorsqu'on déplace **autour de la position médiane** entre les deux HP, on observe que l'amplitude de la tension u varie et passe successivement par des maxima et des minima quasiment nuls. L'écart entre deux positions successives pour lesquelles l'amplitude est minimale est constant et vaut : $e = 13,8$ cm. Pour modéliser la situation on suppose que les surpressions acoustiques $p_1(x, t)$ émise par HP1 et $p_2(x, t)$ émise par HP2, ont des amplitudes constantes au voisinage de la position médiane toutes les deux égales à p_0 et qu'elles ont toutes les deux la même phase initiale φ_0 au départ des haut-parleurs.

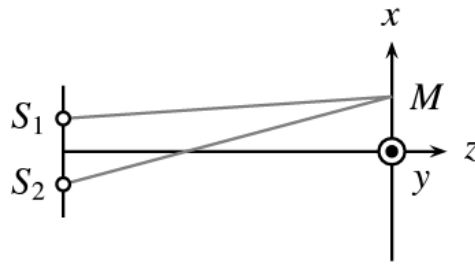
5.1. Écrire les expressions de $p_1(x, t)$ et $p_2(x, t)$ en fonction de p_0 , f , c , x , d , t et φ_0 .

5.2. Obtenir une expression de la surpression $p(x, t)$ résultant de la superposition de ces deux ondes et expliquer les observations ci-dessus.

5.3. Calculer la vitesse du son dans les conditions de cette expérience.

6 Interférences lumineuses

On étudie le dispositif des trous d'YOUNG. Deux trous, séparés d'une distance $a = 0,10$ mm, sont éclairés par une lumière de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 450$ nm. Un écran est situé à une distance $D = 20$ cm, où l'on étudie l'intensité lumineuse au point $M(x, y)$. L'ensemble est dans l'air, assimilé à du vide.



- 6.1. Rappeler l'expression de la différence de chemin optique entre les deux trous et M .
- 6.2. En utilisant la formule de Fresnel, exprimer l'intensité lumineuse $\mathcal{I}(x)$ sur l'écran.
- 6.3. Préciser l'expression de l'interfrange i , c'est-à-dire la distance sur l'écran entre deux interférences constructives successives, en fonction de λ , D et a , puis faire l'application numérique.
- 6.4. Exprimer $\mathcal{I}(x)$ en fonction de i . Que représente i pour la fonction $x \mapsto \mathcal{I}(x)$?
- 6.5. Tracer l'allure de la fonction $x \mapsto \mathcal{I}(x)$.