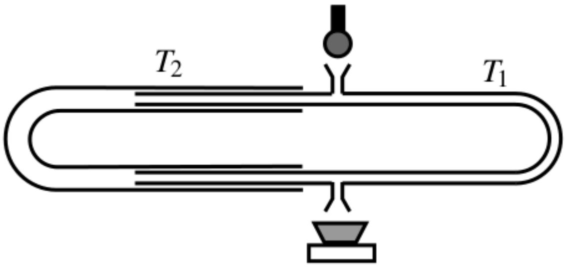
TD 13 Phénomènes d'interférences

Lycée Louis Thuillier - Physique-Chimie - PCSIB

1 Interférences mécaniques

Exercice 1 - Trombone de Koenig et 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 $f = 1500$ Hz.



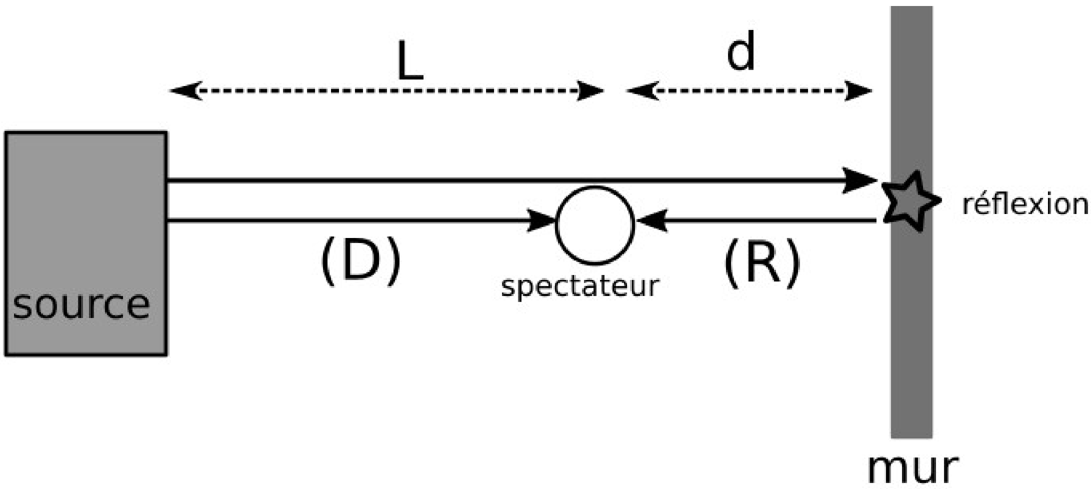
On mesure le signal à la sortie avec un microphone branché sur un oscilloscope. En déplaçant la partie mobile T_2, on allonge la branche de gauche d'une longueur d.
On fait varier d de 0 à 11.5cm. L'amplitude du signal observé passe par :

- ▷ un maximum pour $d = 0$
- ▷ un minimum d_1
- ▷ un maximum d_2
- ▷ un minimum $d_3 = 11.5$cm

1. Expliquer qualitativement la variation de l'amplitude du signal observé.
2. Exprimer la différence de marche δ entre les deux ondes au niveau du récepteur.
3. En déduire la célérité des ondes sonores dans l'air.
4. En déduire la valeur de d_1 et d_2.

Exercice 2 - Acoustique d'une salle de concert :

Dans une salle de concert, le son qu'entend un spectateur provient d'un orchestre/chanteur/enceinte situé à un bout de la salle. L'onde se propage depuis la source jusqu'au spectateur. Mais il arrive que l'onde rebondisse sur le mur du fond de la salle et revienne jusqu'aux oreilles du spectateur.
On considère les deux ondes qui arrivent au niveau du spectateur. On appelle (D) l'onde provenant directement depuis la source et (R) l'onde réfléchie sur le mur.

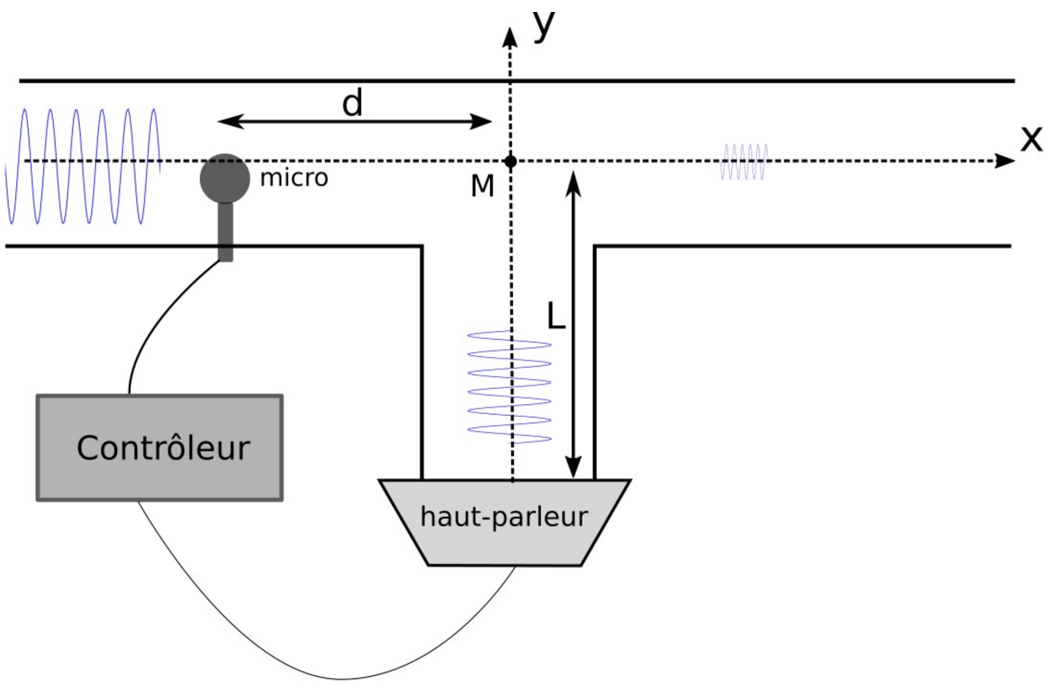


On appelle d la distance entre le spectateur et le mur et L la distance entre le spectateur et la source. On rappelle la vitesse du son dans l'air $c = 340\text{m/s}$.

1. Justifier pourquoi un phénomène d'interférences à lieu.
2. Donner le déphasage $\Delta\varphi$ entre les deux ondes au niveau du spectateur.
3. Expliquer pourquoi alors certaines fréquences sonores sont fortement atténuées.
   Déterminer ses fréquences en fonction de c, d et un entier n.
4. Montrer que pour éviter que les fréquences atténuées soient dans le domaine audible, d ne doit pas dépasser une certaine valeur limite. Est-ce réalisable dans une salle de concert ?
5. Comment éviter qu'un tel phénomène se produise ?

Exercice 3 - Filtrage actif du bruit :
On considère une conduite ($\sim$ un tuyaux) au bout duquel est généré un bruit régulier : bruit de ventilateur, pompe, marteau piqueur, ... On cherche à créer un dispositif qui permet d'atténuer ce bruit au niveau du point M par phénomènes d'interférences destructives. Pour cela :

▷ le bruit est mesuré par un micro qui envoie un signal électrique vers un contrôleur
▷ le contrôleur traite le signal et génère un signal électrique qui va piloter un haut-parleur
▷ le haut-parleur émet un signal sonore qui va se propager et interférer destructivement au point M avec le bruit incident



On rappelle la vitesse du son dans l'air $c = 340\text{m/s}$. On négligle le temps de propagation des signaux électriques dans les câbles reliant le micro au contrôleur et le contrôleur au haut-parleur.
On prendra $d = 1\text{m}$ et $L = 10\text{cm}$. On suppose par la suite que le bruit est une onde progressive sinusoïdale de fréquence f.

1. Quelle doit être la fréquence de l'onde émise par le haut parleur pour qu'il y ait des interférence destructives en M.

   On mesure Φ_m la phase de l'onde A_0 l'amplitude de l'onde au niveau du micro.

2. Exprimer la phase à l'origine Φ_{hp} que doit appliquer le contrôleur afin que l'interférence soit destructrice en M.
   On l'exprimera en fonction de Φ_m, L, d, c et f.
3. Quelle amplitude donner à l'onde au niveau du haut-parleur ?
   On suppose désormais que le bruit n'est plus un signal sinusoïdal mais un signal périodique de fréquence f.

4. Représenter le spectre d'un signal sinusoïdal de fréquence f et celui d'un signal périodique de fréquence f.

5. On donne le bruit mesuré au niveau du haut parleur :

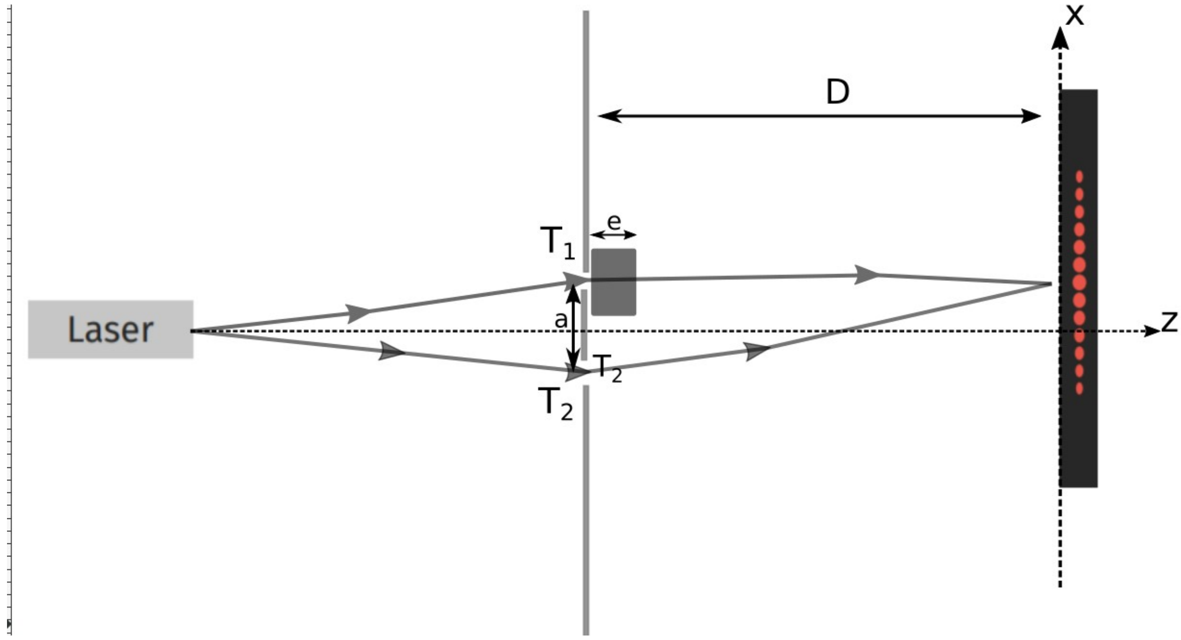
$$p_b(x=0,t) = A_0 \cos(2\pi f t) + \frac{A_0}{2}\cos(8\pi f t + \pi/2) + 2A_0 \cos(100\pi f t + \pi/4)$$

   Donner l'expression du signal $p_{hp}(y=0,t)$ au niveau du haut parleur pour que le bruit soit atténué.

Interférences lumineuses

Exercice 4 - Mesure de l'épaisseur d'une lame de verre par interférence :

On considère un dispositif d'interférence des trous d'Young, où les deux trous T_1 et T_2 sont séparés d'une distance $a = 100\mu$m. Le dispositif esr éclairé par une source ponctuelle monochromatique ($\sim$ un LASER) de longueur d'onde $\lambda = 532$nm situé sur l'axe optique. La figure d'interférence est observé sur un écran situé à une distance $d = 1,00$m des trous.
L'indice optique de l'air est supposé égal à 1 et on se place dans l'approximation $x, a << D$.



1. On considère un point M d'abscisse x sur l'écran. Donner, en absence de lame de verre, la différence de marche $\delta(M)$ en ce point entre les ondes lumineuses émises par le trou T_1 et celle du trou T_2.

   On dispose désormais au niveau du trou T_1 une lame de verre. d'épaisseur e et d'indice n_v. On suppose que $e << D$ si bien qu'on peut considérer que les rayons lumineux traverse la lame de verre perpendiculairement.

2. Montrer que la différence de marche $\delta(M)$ est désormais égale à :

$$\delta(M) = \frac{ax}{D} - (n_v - 1)e$$

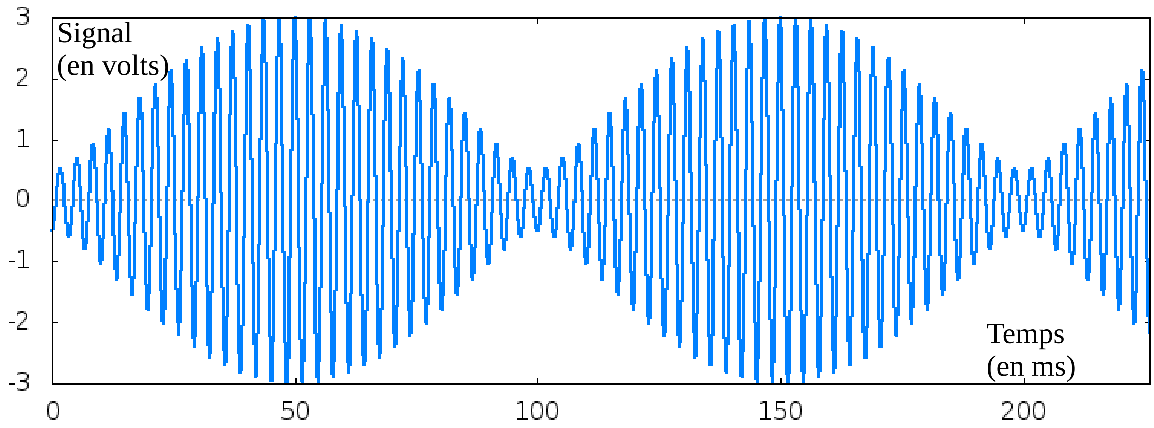
3. Donner la position x_0 de la frange centrale correspondant à $\delta = 0$. De quelle distance s'est-elle déplacé par rapport au cas où la lame de verre est absente.

4. On mesure $x_0 = 28.5$cm. Donner e.
   En déduire l'intérêt d'un tel dispositif pour mesurer l'épaisseur d'une lame de verre

2 Phénomènes de battements

Exercice 5 - Signal enregistré :

La figure ci-dessous présente l'enregistrement des battements de deux signaux sinusoïdaux produits par deux générateurs de basses fréquences. On demande de déterminer les fréquences des deux signaux et leurs amplitudes.



Exercice 6 - Signal et intensité :

Nous supposons ici que l'onde lumineuse$s(x,t)$ émise par un laser est monochromatique. Un détecteur est éclairé par deux lasers quasi-identiques de même éclairement (ou intensité). Leurs longueurs d'onde sont très voisines de $\lambda_0 = 632,8nm$ et l'écart en fréquence vaut $\Delta\nu = 1MHz$.

1. Donner l'allure du signal lumineux $\mathcal{S}(t)$ mesuré au niveau du détecteur (on choisira une phase à l'origine quelconque).
2. En déduire celui de l'éclairement $I(t) = \alpha\mathcal{S}^2(t)$, qu'on représentera sur un graphe différent.