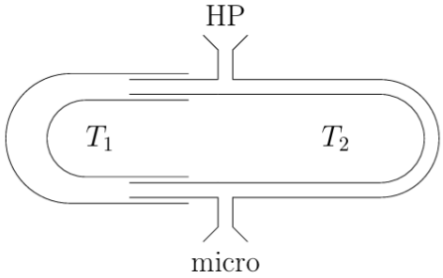
Interférences entre deux ondes mécaniques :

□ Exercice 14.1. Trombone de Kœnig★

Le trombone de Kœnig est un dispositif de laboratoire permettant de faire interférer deux ondes sonores ayant suivi des chemins différents. Un haut-parleur, alimenté par un générateur basses fréquences, émet un son de fréquence $f = 15$ kHz. Un microphone branché sur un oscilloscope enregistre le signal sonore en sortie.



En déplaçant la partie mobile du tuyau T_1, on fait varier l'amplitude du signal observé. Elle passe deux fois de suite par une valeur minimale lorsqu'on déplace T_1 de $d = 115$ cm.

1. On note d_1 la distance entre le haut-parleur et le micro en passant par le tuyau T_1, et d_2 la distance en passant par le tuyau T_2.
   De combien varie la différence de marche $\delta = d_1 - d_2$ lorsqu'on déplace la partie T_1 d'une distance d ?
2. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de l'onde sonore dans cette expérience.
3. Déterminer la vitesse du son dans l'air à la température où l'expérience est réalisée.

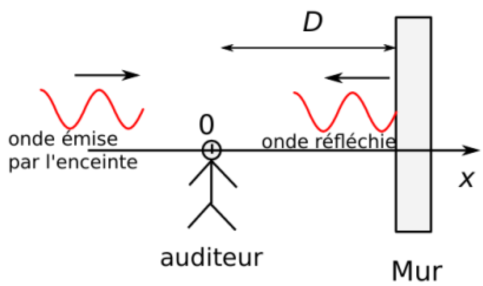
□ Exercice 14.2. Interférences et acoustique ★

Une bonne installation acoustique doit prendre en compte de nombreux paramètres et effets. L'un d'entre eux est la possibilité d'interférences entre le son émis par les enceintes et celui réfléchi contre les murs.

Considérons la situation simplifiée schématisée ci-dessous. L'onde sonore émise par l'enceinte se réfléchit contre le mur sans aucun déphasage pour la grandeur surpression, et arrive donc à nouveau sur l'auditeur.

On note $c = 340$ m/s la vitesse du son dans l'air. On prendra $D = 10$ m. On supposera que l'onde émise par l'enceinte est une onde plane progressive harmonique de fréquence f, d'amplitude s_0, de norme de vecteur d'onde k. Une expression possible pour cette onde est donc

$$s(x,t) = s_0 \cos(\omega t - kx + \phi)$$

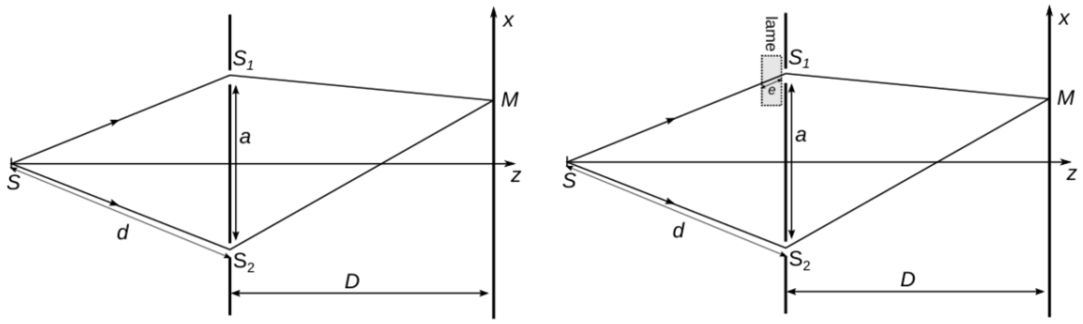


1. Rappeler le lien entre k et λ , puis entre f, λ et c.
2. Par rapport à l'onde directe, quelle distance L supplémentaire l'onde réfléchie a-t-elle parcourue lorsqu'elle arrive au niveau de l'auditeur ?
3. L'auditeur est en $x = 0$. Donner l'expression de l'onde $s(x = 0, t)$.
   Quant à l'onde réfléchie, son expression au niveau de l'auditeur s'obtient en considérant que l'onde a parcouru une distance L (sans ajout de déphasage à la réflexion). Elle est donc donnée par $s(x = L, t)$. Écrire cette expression.
   En déduire que le déphasage entre onde directe et onde réfléchie s'écrit, au niveau de l'auditeur : $\Delta\phi = \dfrac{4\pi D f}{c}$.
4. Rappeler la condition sur le déphasage entre deux ondes pour qu'elles interfèrent de façon destructive. On fera apparaître un entier $n \in \mathbb{Z}$.
5. En déduire l'expression des fréquences f_n pour lesquelles il y a interférences destructives (et donc un son d'amplitude minimale, ce qui n'est pas bon pour la qualité audio).
6. Quelles sont les expressions des deux fréquences les plus petites pour lesquelles il y a interférences destructives ? Est-ce dans le domaine audible ? Aigu ou grave ?

<u>Interférences entre deux ondes électromagnétiques</u>

□ Exercice 14.3. Mesure interférométrique de l'épaisseur d'une lame ★★

On considère un dispositif des trous d'Young, éclairé par une source quasi-monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 500$ nm. On note $a = 0,5$ mm la distance entre les deux trous, $D = 20$ m la distance écran-trous.



1. On se place dans le cas de la figure de gauche. Établir les expressions de la différence de chemin optique $\delta(M) = (SS_1M) - (SS_2M)$ au point M sur l'écran, en fonction de x, a et D. On supposera a, x très petits devant D.

Donner ensuite l'expression de l'intensité lumineuse (formule de Fresnel), et de l'interfrange (période spatiale de la figure).

2. La frange centrale est la frange brillante qui correspond à une différence de chemin optique nulle. En déduire sa position x sur l'écran.

On place maintenant une lame de verre d'indice $n = 1,4$ et d'épaisseur e devant S_1. On suppose que les rayons la traversant le font quasiment sans être inclinés : ils parcourent dans la lame une distance e (cf. schéma de droite).

3. L'expression de $(S_1M) - (S_2M)$ a-t-elle changé par rapport au cas précédent ?

4. En revanche, cette fois $(SS_1) - (SS_2) \neq 0$.
Exprimer cette différence en fonction de n et de e.

5. En déduire l'expression complète de la différence de chemin optique.
Quelle est la nouvelle position de la frange centrale ?
Donner l'expression de son déplacement en terme de nombre d'interfranges.

6. Expérimentalement, on mesure un déplacement de 10 interfranges. Que vaut e ?

□ Exercice 14.4. Facteur de constraste ★★ ★

On considère deux signaux sinusoïdaux $s_1(t)$ et $s_2(t)$, de même pulsation ω, d'amplitudes S_1 et S_2 différentes, que l'on fait interférer. On considère que le détecteur est sensible à l'énergie de l'onde résultante. On définit l'intensité du signal $I = \langle s^2(t) \rangle$.

1 – En notant $\varphi(M)$ la différence de phase entre les deux ondes au point M d'observation, écrire l'onde résultante en M.

2 – En déduire l'intensité du signal au point M.

3 – Donner la valeur maximale $I_{\max}$ et minimale $I_{\min}$ atteignables. Que se passe-t-il si $S_1 = S_2$?

4 – On définit un facteur de contraste C, dont on aimerait qu'il présente les propriétés suivantes :

- C est compris entre 0 et 1 ;
- C est d'autant plus élevé que l'écart entre $I_{\max}$ et $I_{\min}$ est grand.

Montrer que la définition $C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$ répond aux attentes.

5 – Exprimer C en fonction de S_1/S_2 et tracer le graphe correspondant. Interpréter.