ONDES STATIONNAIRES

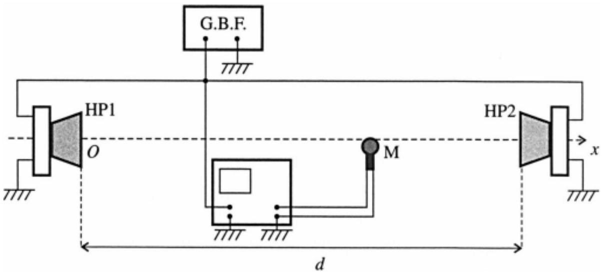
Exercice n°1

Lors d'une manipulation avec la corde de Melde, on trouve les résultats ci-dessous.
1. Pour une même longueur L de la corde et une même masse M accrochée à celle-ci, on obtient les résultats suivants :
   - fréquence de résonance 19 Hz pour deux fuseaux ;
   - fréquence de résonance 28 Hz pour trois fuseaux.

1.1. Ces valeurs numériques sont-elles compatibles entre elles ?
1.2. Quelles seraient les fréquences de résonances suivantes ?
2. La longueur de la corde est L = 117cm. Quelle est la vitesse c de propagation d'une perturbation sur cette corde ?
3. La masse M accrochée à la corde est égale à M = 25g
3.1. Quelle est la tension de la corde ?
3.2. En déduire un ordre de grandeur de la masse linéique de la corde.

Exercice n°2

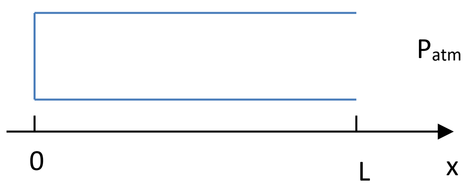
On s'intéresse aux interférences d'ondes sonores produites par deux haut-parleurs identiques, HP_1 et HP_2, placés face à face, à distance d l'un de l'autre, et alimentés par la même tension sinusoïdale de fréquence f = 1 250 Hz. L'axe (Ox) passe par les centres des haut-parleurs ; le centre de HP_1 est en x = 0 et le centre de HP_2 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 le micro autour de la position médiane entre le haut-parleur, soit x = d / 2 on observe que :



• l'amplitude de la tension u varie et passe successivement par des maxima et minima quasiment nuls, l'écart entre deux positions successives pour lesquelles l'amplitude est minimale étant constant et valant : e = 13, 8 cm ;
• la phase de la tension u est fixe entre deux points où l'amplitude s'annule et elle change de π quand on passe par un de ces points.
1) Quel phénomène ces observations évoquent-elles ?
2) Pour modéliser la situation on suppose que les surpressions acoustiques $p_1(x, t)$ et $p_2(x, t)$ ont des amplitudes constantes le long de l'axe (Ox), toutes les deux égales à P_0, et qu'elles ont toutes les deux la même phase initiale ϕ au départ des haut-parleurs. Écrire les expressions de $p_1(x, t)$ et $p_2(x, t)$ en fonction de P_0, f, c célérité du son, ϕ, x et t.
3) Obtenir une expression de la surpression p(x, t) résultant de la superposition de ces deux ondes qui explique les observations ci-dessus.
4) Calculer la vitesse du son dans les conditions de cette expérience.

Exercice n°3

Un instrument de musique se modélise par une cavité de longueur L, fermée à une extrémité et ouverte à l'autre. LA vitesse du son dans l'air est $c = 340\ m.s^{-1}$. On s'intéresse aux ondes sonores à l'intérieur de cette cavité, on cherche les solutions de l'onde de surpression sous la forme :



$p(x,t) = p_0\cos(\omega t + \varphi)\cos(kx + \phi)$
Le fond de la cavité correspond à un ventre de surpression et on indique que la surpression est définie comme :
$P(x,t) = p(x,t) + P_{atm}$
où P(x,t) est la pression absolue en un point et P_{atm} la pression atmosphérique.
1. Quelle est la valeur de la pression P à la sortie de la cavité ? En déduire la valeur de la surpression p(L,t).
2. Donner la valeur de la surpression p(0,t) au fond de la cavité.
3. On raisonne maintenant sur l'onde de vitesse v(x,t). On indique que la vitesse et la pression sont en quadrature de phase. Indiquer les conditions aux limites que doit respecter la vitesse.

4. Quelle doit être la longueur du tuyau pour que la plus faible fréquence d'une onde stationnaire soit f_1 = 440 Hz (La_3)?
5. Quelle fréquence f_2 immédiatement supérieure peut exister ?
6. donner l'expression générale de toutes les fréquences possibles des ondes stationnaires pouvant s'établir dans cet instrument.

Exercice n°4

Une corde délimitée par les abscisses x =0 et x = L est excitée en x=0 par un vibreur. Celui-ci impose un déplacement vertical de l'extrémité gauche de la corde $z(t) = z_0\sin(\omega t)$, où ω est la pulsation du vibreur et z_0 son amplitude. L'extrémité droite est fixée. On appelle y(x,t) la hauteur de la corde par rapport à l'horizontale en x à l'instant t.

1. Quelles conditions aux limites a-t-on en x = 0 et x = L ?

On suppose maintenant que la vibration est de la forme $y(x,t)=A\sin(\omega t+\varphi)\sin(kx+\psi)$ où A, ω, k, φ et ψ sont des constantes telles que $k=\omega/c$ où c est la vitesse de propagation de l'onde.

2. Quelle sorte d'onde est-ce ?
3. Trouver les valeurs des constantes A, φ et ψ.
4. Pour quelles valeurs de k l'amplitude de la vibration devient-elle très grande ? Retrouver l'expression $y_n(x,t) = y°_n\sin(\frac{n\pi x}{L})\sin(\frac{n\pi ct}{L})$ des modes propres de vibration. On ne s'offusquera pas de l'amplitude infinie obtenue (en pratique les frottements rendent cette amplitude finie).