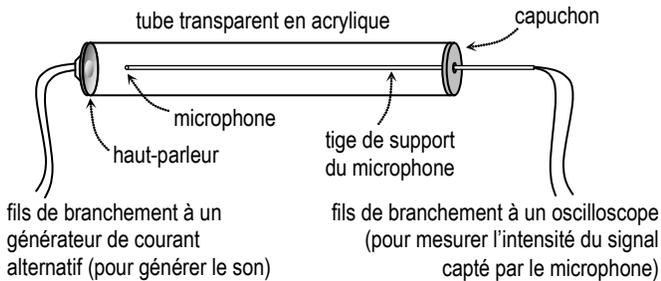
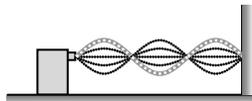


Laboratoire 2 Ondes stationnaires : Prélaboratoire

1. DESCRIPTION DU MONTAGE. Pour étudier les ondes stationnaires sonores, on utilise un tuyau d'acrylique transparent (schéma ci-dessous) : on obstrue son extrémité gauche avec un haut-parleur et son extrémité droite avec un capuchon dans lequel on a percé un petit trou par lequel on insère une mince tige mobile dont l'extrémité comporte un microphone.



Pour générer le son, on branche le haut-parleur à un générateur de courant qui produit une tension sinusoïdale : la fréquence de la tension (qui peut être ajustée) est la même que la fréquence du son produit. Nous allons nous intéresser à des situations où l'amplitude d'oscillation du haut-parleur demeure assez faible comparativement à l'amplitude d'oscillation de l'air dans le tuyau sous l'effet de l'onde stationnaire sonore. Ainsi, nous pourrions supposer que le haut-parleur se comporte comme une extrémité *fermée* et utiliser la théorie du tuyau *fermé-fermé* pour analyser le montage (on suppose que les ondes stationnaires possèdent des nœuds de déplacement aux deux extrémités du tuyau). La situation est semblable à celle d'une corde tendue entre un oscillateur et un support fixe, lorsque l'amplitude de l'oscillateur demeure petite par rapport à l'amplitude de l'onde stationnaire qu'il génère (schéma ci-contre).



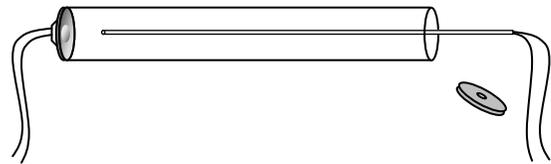
Exercice 1. Au laboratoire, on utilise le montage décrit ci-haut : la longueur du tuyau est de 600 mm. **(a)** Représentez par des schémas les trois premiers modes de résonance : comme les ondes stationnaires sonores sont longitudinales et difficiles à dessiner de manière réaliste, représentez-les de manière transversale, comme on l'a fait en classe (ce qui revient à tracer un graphique du déplacement des molécules en fonction de l'endroit où elles se trouvent dans le tuyau). *Pour pouvoir comparer les dessins entre eux, le tuyau devrait avoir la même longueur sur chaque dessin.*

(b) Remplissez le tableau ci-dessous. La vitesse du son dans le laboratoire est de **345 m/s** — et non de 340 m/s, car la température au laboratoire est de 23°C et non de 16°C ! Pour les positions des nœuds et des ventres de déplacement, supposez que le haut-parleur se trouve à $x = 0$ et que le capuchon se trouve à $x = 600$ mm. Dans la liste des positions des nœuds et des ventres, incluez, s'il y a lieu, ceux qui se trouvent à $x = 0$ et à $x = 600$ mm.

Tableau 1 : Prédictions théoriques pour un tuyau fermé-fermé de 600 mm de longueur et une vitesse du son de 345 m/s

mode	longueur d'onde (mm)	positions de tous les nœuds (mm)	position de tous les ventres (mm)	fréquence (Hz)
1				
2				
3				

On enlève le capuchon (schéma ci-dessous) et on répète l'expérience : le montage se comporte désormais comme un tuyau *fermé-ouvert* (ouvert à droite et fermé à gauche par le haut-parleur qui agit comme une extrémité fermée). Les ondes stationnaires possèdent un nœud de déplacement à l'extrémité fermée de gauche et un ventre de déplacement à l'extrémité ouverte de droite.



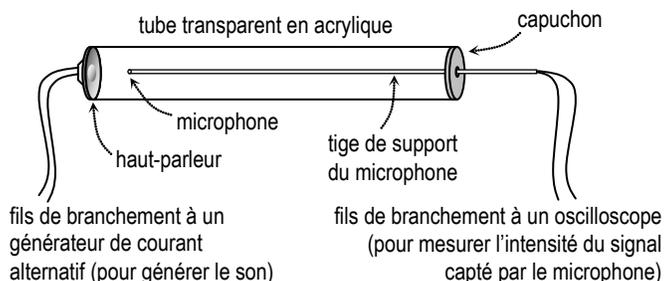
(c) Représentez par des schémas les trois premiers modes de résonance : *pour pouvoir comparer les dessins entre eux, le tuyau devrait avoir la même longueur sur chaque dessin.*

(d) Remplissez le tableau ci-dessous. Dans la liste des positions des nœuds et des ventres de déplacement, incluez, s'il y a lieu, ceux qui se trouvent à $x = 0$ et à $x = 600$ mm.

Tableau 2 : Prédictions théoriques pour un tuyau de 600 mm de longueur fermé à $x = 0$ et ouvert à $x = 600$ mm pour une vitesse du son de 345 m/s

mode	longueur d'onde (mm)	positions de tous les nœuds (mm)	position de tous les ventres (mm)	fréquence (Hz)
1				
2				
3				

2. FONCTIONNEMENT DU MICROPHONE. Pour déterminer expérimentalement la position des ventres de déplacement de l'onde stationnaire, on utilise un microphone relié par des fils (qui passent dans la tige de support) à un oscilloscope (schéma ci-dessous). En faisant glisser la tige de support, on peut déplacer le microphone et ainsi déterminer comment varie l'onde sonore d'un endroit à l'autre dans le tube.



En présence d'une onde sonore, un microphone produit un signal électrique de même fréquence que l'onde sonore et dont l'amplitude est proportionnelle à la *variation de la pression* causée par l'onde sonore. Or, près des ventres de déplacement d'une onde stationnaire sonore, les molécules d'air effectuent un va-et-vient dont l'amplitude est maximale, mais leur espacement moyen demeure constant : ainsi, la pression ne varie pratiquement pas. Par conséquent, **lorsque le microphone se trouve près d'un ventre de déplacement, le signal qu'il génère est pratiquement nul** et on observe une ligne quasi-horizontale sur l'écran de l'oscilloscope.

(Près d'un nœud de déplacement de l'onde stationnaire sonore, les molécules ne bougent pratiquement pas, mais leur espacement augmente et diminue de manière prononcée sous l'effet du mouvement de l'air dans les ventres de déplacement situés de part et d'autre du nœud. Ainsi, le signal mesuré par le microphone est maximal lorsqu'il se trouve près d'un nœud de déplacement de l'onde stationnaire.)

Au laboratoire, nous voulons mesurer la position des ventres de déplacement de l'onde stationnaire, et il se trouve qu'il est plus facile, sur l'écran de l'oscilloscope, de déterminer dans quelle situation le signal produit par le microphone est minimal plutôt que maximal. Ainsi, la procédure à suivre est très simple : on ajuste la position du microphone pour que le signal observé sur l'écran de l'oscilloscope soit **minimal**, et on prend en note cette position comme étant la position expérimentale d'un ventre de déplacement de l'onde stationnaire.

Si vous trouvez qu'il est contre-intuitif que le signal produit par le microphone soit minimal lorsqu'il se trouve dans un ventre de déplacement, c'est peut-être parce que vous avez une idée préconçue de ce que devrait mesurer un microphone. Un microphone est sensible à la *pression* de l'air, mais il *ne mesure pas* le mouvement des molécules : ainsi, bien qu'il se trouve dans un ventre de déplacement, où ce mouvement est maximal, le microphone ne détecte rien.

Exercice 2. Au laboratoire, on étudie le 4^e mode de résonance d'un tuyau de 600 mm de longueur fermé à ses deux extrémités. **(a)** D'après la théorie, quelle est la distance entre le haut-parleur et le point le plus *rapproché* où le signal détecté par le microphone passe par un minimum (ventre de déplacement)?

(b) D'après la théorie, quelle est la distance entre le haut-parleur et le point le plus *éloigné* où le signal détecté par le microphone passe par un minimum?

(c) Quelle est la distance entre les positions calculées en (a) et en (b)?

(d) D'après la théorie, quelle est la longueur d'onde de l'onde stationnaire dans le 4^e mode?

(e) À quelle fraction ou multiple de la longueur d'onde correspond la distance calculée en (c)?

(f) Faites un schéma qui montre l'onde stationnaire et qui illustre clairement et explicitement le résultat que vous avez obtenu en (e).