

IDÉES DE PHYSIQUE

Les mélodies du café soluble et de l'hélium

On peut modifier un bruit ou une voix en jouant sur les paramètres qui déterminent la vitesse de propagation du son.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

La voix d'un scaphandrier en plongée profonde, qui respire un mélange à base d'hélium, devient aiguë et nasillarde ; lors de la préparation d'une boisson instantanée, café ou chocolat, la hauteur du son émis par la cuillère qui frappe la tasse change progressivement. À quoi sont dues ces modifications sonores ? Elles ne proviennent pas du raccourcissement d'une corde, comme pour un violon, ou d'un changement de la longueur active d'un tuyau, comme pour une flûte. Tant pour le plongeur que pour la tasse, c'est le changement de la vitesse du son qui est à l'œuvre.

Un air d'effervescence

Allons en cuisine pour expérimenter cet effet et comprendre son origine. Prenons un verre cylindrique et tapotons le fond avec une petite cuillère alors qu'il est encore vide. Répétons l'expérience après avoir rempli le verre d'eau. Le son émis est plus aigu. Pourquoi ?

En tapotant le fond du verre, nous mettons en vibration à la fois le matériau constituant les parois du verre et le fluide – air ou eau – qu'il contient. Ce sont les vibrations de ce fluide qui vont nous intéresser.

Supposons le verre haut et étroit (ce n'est pas essentiel pour l'expérience, mais cela simplifie l'explication). On a alors un tuyau ouvert à une extrémité et fermé à l'autre, semblable à de nombreux instru-

ments de musique. Mise en mouvement par le choc de la petite cuillère contre le verre, la colonne de fluide ne vibre qu'à certaines fréquences, les fréquences de résonance. Dans notre cas d'un tube ouvert-fermé, il s'agit des multiples impairs de la fréquence fondamentale, égale au quotient de la vitesse du son dans le fluide sur quatre fois la hauteur du tube.

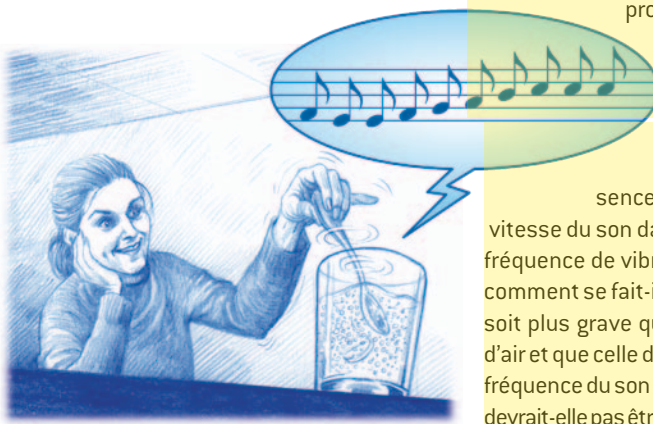
Pour un verre haut de dix centimètres et rempli d'air, la fréquence fondamentale est de l'ordre de 800 hertz. La vitesse du son dans l'eau, 1 500 mètres par seconde, étant près de cinq fois plus élevée que dans l'air

(330 mètres par seconde), les fréquences de vibration sont dans le même rapport. Ainsi, avec un verre plein d'eau, les vibrations ont une fréquence de 3,8 kilohertz et le son émis est plus aigu de plus de deux octaves.

Versons maintenant dans le verre plein d'eau un peu de poudre de pastille effervescente écrasée et agitions avec la petite cuillère en prenant soin de faire tinter le verre en même temps. Lorsque les premières bulles apparaissent, le son émis devient plus grave, bien plus grave même qu'avec le verre vide. Puis, à mesure que les bulles disparaissent, le son remonte progressivement dans les aigus jusqu'à rejoindre le son du verre plein (voir la figure 1).

Qualitativement, on comprend que la présence des bulles a modifié la vitesse du son dans le fluide, et donc la fréquence de vibration de celui-ci. Mais comment se fait-il que la note entendue soit plus grave que celle du verre plein d'air et que celle du verre plein d'eau ? La fréquence du son émis par le mélange ne devrait-elle pas être une sorte de moyenne des deux ?

Pour comprendre ce qui se passe, nous devons analyser plus en détail les paramètres qui influent sur la vitesse à laquelle se propage le son. Considérons un long ressort à boudin, modèle macroscopique qui aide à visualiser les phénomènes



1. LORSQU'ON AGITE LA CUIILLÈRE dans un verre d'eau où l'on a immergé un cachet effervescent, la hauteur du son produit diminue avant d'augmenter. La présence des bulles modifie la compressibilité du liquide et, de ce fait, la vitesse du son dans ce milieu – d'où les changements de la hauteur du bruit créé par la cuillère.