

IDÉES DE PHYSIQUE

La bouteille qui chante

*De quoi dépend le son produit par une bouteille ou par un ocarina ?
Surtout du volume de l'instrument ou de son embouchure, mais peu de sa forme !*

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

L'ocarina est un étrange instrument. Constitué d'un bec court relié à un corps ovoïde percé de plusieurs trous, il fait penser à une flûte ventripotente [voir l'illustration page 92]. Mais on est surpris lorsqu'on essaie d'en jouer : pour changer de note, ce qui compte n'est pas tant l'emplacement des trous ouverts, comme dans une flûte, que leur nombre ou leur taille. Pourquoi ? Parce que l'ocarina n'est pas le simple tuyau à la base de la plupart des autres instruments à vent : il constitue ce que les physiciens nomment un résonateur de Helmholtz, semblable à celui formé lorsqu'on fait chanter une bouteille en soufflant sur son goulot.

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

celle obtenue avec un tube parfaitement cylindrique d'une flûte de pan, de même taille.

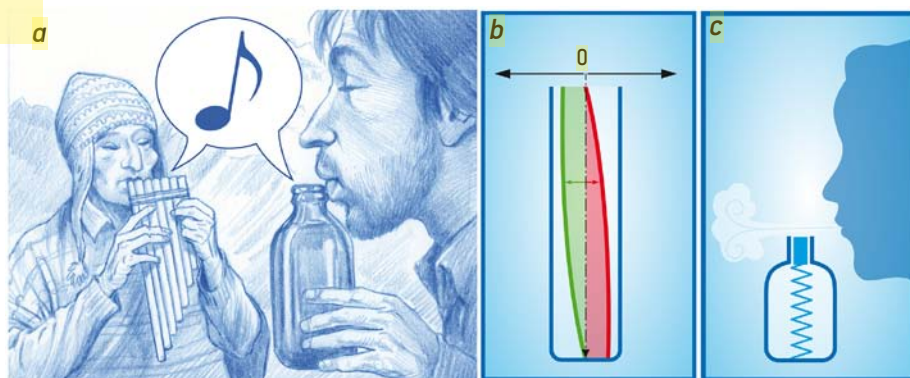
Pour un tel tube, la théorie classique indique qu'il se forme une onde sonore stationnaire (onde dont les nœuds et les ventres d'oscillation de l'air ont des positions fixes) et que la longueur d'onde dépend de la longueur du tuyau. La longueur d'onde résonante d'un tube ouvert à une extrémité et fermé à l'autre est égale à quatre fois la longueur du tube. Ainsi, avec un tube d'un peu moins de 20 centimètres, on obtient le *la* de la tonalité d'un téléphone.

Pourquoi cela ne s'applique-t-il pas à une bouteille ? Pour le comprendre, il faut

Les résonances d'un tuyau

Si l'on expérimente sur des bouteilles de différentes tailles, on constate que l'on produit des sons différents. *A priori*, nous attribuons cela à la taille de la bouteille, la pratique des instruments à vent nous ayant appris que la hauteur de la note produite dépend de la longueur du tuyau de l'instrument.

Mais un examen plus approfondi jette le doute sur cette interprétation. Deux bouteilles de même hauteur, mais de formes distinctes, peuvent produire des notes différentes et toutes deux bien plus graves que



UNE BOUTEILLE ET UN TUBE DE FLûTE DE PAN ont des propriétés acoustiques distinctes. Ils peuvent produire la même note, même si leurs longueurs diffèrent beaucoup [a]. Pour un tube cylindrique fermé à l'une des extrémités, la longueur du dispositif contient un quart de longueur d'onde du son produit, avec un nœud de vibration de l'air à l'extrémité fermée et un ventre à l'extrémité ouverte [b ; en vert et vers la gauche : l'amplitude du déplacement de l'air ; en rouge et vers la droite : l'amplitude de la surpression]. Pour une bouteille, le son dépend de la taille relative du goulot et du volume de la partie large. Ce système peut être modélisé en première approximation comme un système masse-ressort, où la masse correspond à l'air contenu dans le goulot et le ressort à l'air contenu dans le reste de la bouteille [c].

Dessins de Bruno Vécario