PHYSIQUE-CHIMIE · ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE 1RE / COURS

Le son, un phénomène vibratoire

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

Un concert s'entend à des centaines de mètres, mais le son ne traverse pas le vide de l'espace. Une guitare et un piano jouent la même note, et pourtant on les reconnaît. Qu'est-ce qui voyage, et qu'est-ce qui fait la différence ?

01 L'idée : la ola dans le stade

Dans une ola, chaque spectateur se lève puis se rassoit sur place. Personne ne fait le tour du stade, et pourtant la vague, elle, avance. Le son, c'est pareil : les molécules d'air vibrent sur place, se poussent les unes les autres, et la vibration se propage. Sans spectateurs, pas de ola : sans matière, pas de son.

01 Émission et propagation

Un son est une **vibration** qui se propage dans un milieu matériel (air, eau, solide). Il ne se propage pas dans le vide.

Dans l'air à 20 °C, sa vitesse vaut environ $v = 340$ m/s. Dans l'eau, environ 1 500 m/s ; dans l'acier, environ 5 000 m/s.

Une corde de guitare, une membrane de haut-parleur, nos cordes vocales : chaque fois, quelque chose vibre et met l'air en mouvement.

01 Période, fréquence, hauteur

La **période** T (en s) est la durée d'un motif qui se répète. La **fréquence** f (en Hz) est le nombre de motifs par seconde :

$$f = \frac{1}{T}$$

La fréquence fixe la **hauteur** : grave pour une petite fréquence, aigu pour une grande. L'oreille humaine entend à peu près de 20 Hz à 20 000 Hz. En dessous : infrasons ; au-dessus : ultrasons.

Son pur, son composé, timbre

Un diapason produit un **son pur** : un signal sinusoïdal, une seule fréquence. Un instrument produit un **son composé** : une fréquence fondamentale f_1 et des **harmoniques** de fréquences $2f_1, 3f_1, 4f_1$…

La fondamentale donne la note, les harmoniques donnent le timbre. C'est pour ça que guitare et piano ne sonnent pas pareil sur le même la.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/ens-scientifique-premiere/le-son-phenomene-vibratoire/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Intensité et décibels

L'intensité sonore I (en $\mathrm{W/m^2}$) mesure la puissance qui arrive sur l'oreille. Comme elle varie énormément, on utilise le **niveau d'intensité sonore** L, en décibels (dB) :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad \text{avec } I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \mathrm{W/m^2}$$

Quand l'intensité est multipliée par 10, le niveau augmente de 10 dB. Quand elle double, de 3 dB.

Situation	Niveau
seuil d'audibilité	0 dB
conversation	60 dB
seuil de danger	85 dB
seuil de douleur	120 dB

L'oreille

Le pavillon capte le son, le tympan vibre, les osselets amplifient la vibration, et dans la cochlée, des cellules ciliées la transforment en message nerveux. Ces cellules ne repoussent pas : un son trop fort trop longtemps les détruit pour toujours.

Exemple guidé

Une corde de guitare joue un la de fréquence fondamentale $220\ \mathrm{Hz}$. Calcule la période et les fréquences des trois premiers harmoniques. À quelle distance est-on du musicien si le son met 0,50 s pour arriver ?

1. **La période** : $T = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{220} \approx 4{,}5 \times 10^{-3}\ \mathrm{s}$, soit 4,5 ms.
2. **Les harmoniques** : $2f_1 = 440\ \mathrm{Hz}$, $3f_1 = 660\ \mathrm{Hz}$, $4f_1 = 880\ \mathrm{Hz}$.
3. **La distance** : le son se propage dans l'air à environ $340\ \mathrm{m/s}$, donc $d = 340 \times 0{,}50 = 170\ \mathrm{m}$.

Un piano qui joue la même note a les mêmes fréquences, mais pas avec les mêmes amplitudes : son spectre n'a pas la même forme.

Retour au problème

Ce qui voyage, c'est une vibration de l'air, de proche en proche : dans le vide, il n'y a rien à faire vibrer. La guitare et le piano ont la même fondamentale, mais leurs harmoniques n'ont pas la même importance : c'est le timbre.

Les pièges

- Ce n'est pas l'air qui voyage, c'est la vibration.
- Pas de son dans le vide.
- f en hertz et T en secondes : convertir les millisecondes.
- Les décibels ne s'additionnent pas : deux sources identiques, + 3 dB.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/ens-scientifique-premiere/le-son-phenomene-vibratoire/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/ens-scientifique-premiere/le-son-phenomene-vibratoire/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits