

# Chapitre 10

## Le son



FIGURE 10.1 – Nuage de mots répondant à la question *Qu’est-ce que le mot “son” évoque pour vous ?*.

### 10.1 Comment se déplace le son jusqu’à notre oreille ?

#### 10.1.1 Propagation du son

**Expérience :** on place un réveil sous une cloche et on enlève les molécules qui sont dans la cloche [2].

**Observation :** lorsqu’on retire les molécules qui sont sous la cloche, on entend plus le son.

**Interprétation :** pour que le son se propage, il faut qu’il y ait un support matériel (que des atomes ou des molécules puissent propager le son).

**Conclusion :** Les molécules se poussent les unes les autres : c’est ainsi que l’onde sonore se propage.

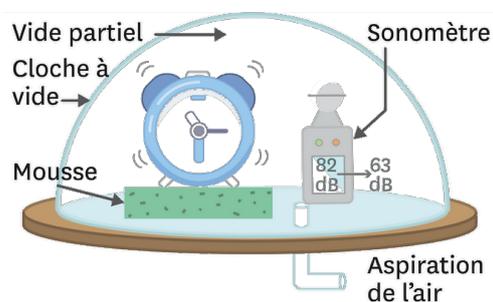


FIGURE 10.2 – Schéma de l’expérience. On retire les molécules de l’air à l’intérieur de la cloche à vide. Tiré de [1].



FIGURE 10.3 – Le son peut se propager dans l’eau, dans l’air ou encore le fer.

### 10.1.2 L’oreille de l’humain

Le signal sonore entre par le conduit auditif. Le tympan se met à vibrer : les osselets qui lui sont accroché amplifient le signal sonore. Le signal mécanique est transformé en signal électrique et remonte jusqu’au cerveau grâce aux nerfs . Le cerveau décrypte ensuite le signal électrique : ça y est, nous avons entendu !

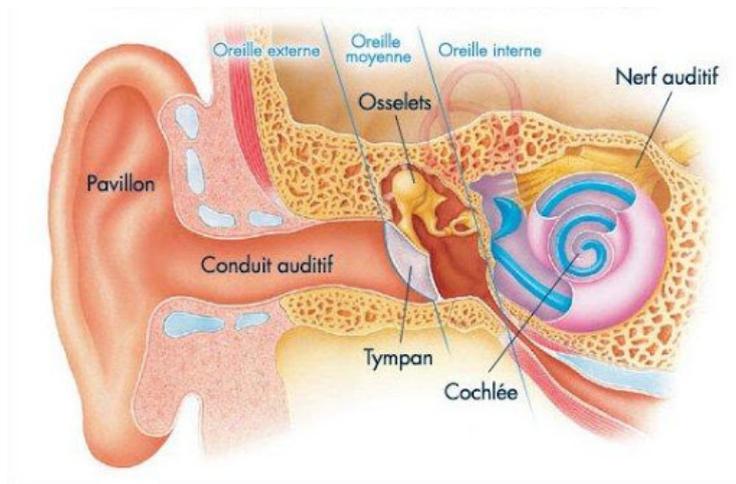


FIGURE 10.4 – Schéma de fonctionnement d’une oreille. Tire de [3].

### 10.1.3 Réception du son par un micro

L’onde sonore met en mouvement la membrane. Cette membrane est reliée à un circuit électrique qui transforme l’onde sonore en signal électrique. Le son peut alors être enregistré sur un ordinateur !

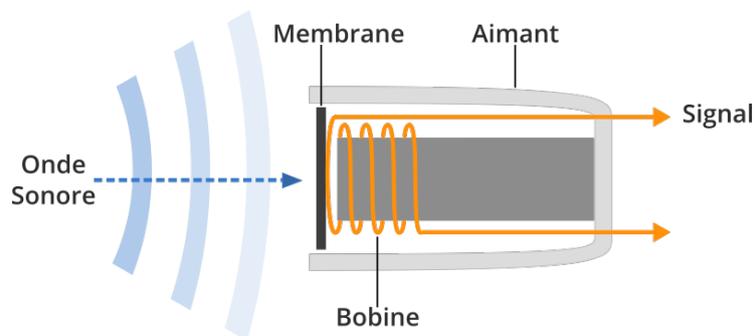


FIGURE 10.5 – Schéma de fonctionnement d’un microphone. Tiré de [4].

## 10.2 Caractérisation d'un son

On peut caractériser un son grâce à trois propriétés : sa fréquence, son intensité mais aussi son timbre.

### 10.2.1 Intensité sonore

L'intensité sonore se mesure avec un sonomètre (ou décibelmètre) et son unité est le **décibel**. L'échelle des décibels est assez bizarre<sup>1</sup> cependant :

dès lors la puissance de la source sonore est multipliée par 2, l'intensité sonore augmente de 3 dB.

Si une personne crie et qu'une autre personne la rejoint, l'intensité sonore augmente de 3dB. Mais si une personne chuchote et qu'une autre personne chuchote en même temps, l'intensité sonore augmente aussi de 3dB.

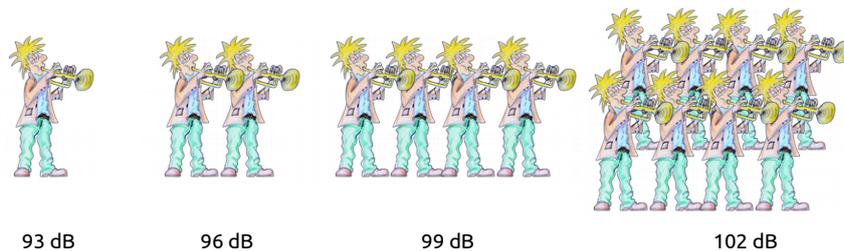


FIGURE 10.6 – Si un trompettiste joue à 93 dB et qu'on en rajoute un second qui joue pareil, le nombre de musicien est multiplié par deux donc l'intensité sonore augmente de 3 dB : elle passe à 96 dB. Si maintenant on remultiplie la source sonore (le nombre de trompettistes) par deux, l'intensité sonore ré-augmente de 3 dB : elle est de 99 dB. Si on passe de 4 à 8 musiciens, l'intensité sonore passe de 99 à 102 dB. Si on passe ensuite à 16 musiciens, elle sera de 105 dB. Le dessin est de ©Christian Ragaine.

Si on écoute trop longtemps un son trop fort, il y a des risques pour l'audition : les cils qui transforment l'onde sonore (signal mécanique) en onde électrique qui arrive ensuite au cerveau se cassent si l'intensité sonore est trop forte. Et ceux-ci ne peuvent se régénérer ! La figure 10.7 représente l'échelle des bruits et leur dangerosité.

### 10.2.2 Fréquence

*Faire le TP sur la fréquence sonore.*

**Expérience :** prenons un accordeur et plaçons le à côté du piano. L'accordeur indique la note ainsi que la fréquence.

**Observations :**

|           |        |        |        |        |        |        |        |         |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Note      | Do 3   | Mi 3   | Sol 3  | La 3   | Do 4   | Fa 4   | La 4   | Do 5    |
| Note      | C4     | E4     | G4     | A4     | C5     | F5     | A5     | C6      |
| Fréquence | 261 Hz | 330 Hz | 392 Hz | 440 Hz | 520 Hz | 698 Hz | 880 Hz | 1040 Hz |

On observe également, ou plutôt on entend également, que les fréquences faibles correspondent à des notes graves. Les notes aiguës correspondent à des fréquences plus élevées. On remarque également que la fréquence du Do 4 est la double de celle du Do 3. De même, la fréquence du Do 5 est deux fois celle du Do 4.

1. son principe mathématique sera vu au lycée



FIGURE 10.7 – Écouter trop longtemps une son dont l’intensité est trop forte peut endommager l’ouïe. Tiré de [5].

**Interprétation** : lorsqu’on saute d’un octave à l’autre on double la fréquence. Ainsi, la fréquence du Do 2 est environ  $261/2 = 130\text{Hz}$  et celle du Do 6 est  $1040 \times 2 = 2080\text{Hz}$ .

**Conclusion** : plus la fréquence d’une note est petite, plus le son est grave. Plus la fréquence est grande, plus le son est aiguë. Multiplier par deux la fréquence d’une note revient à jouer cette note un octave au-dessus.

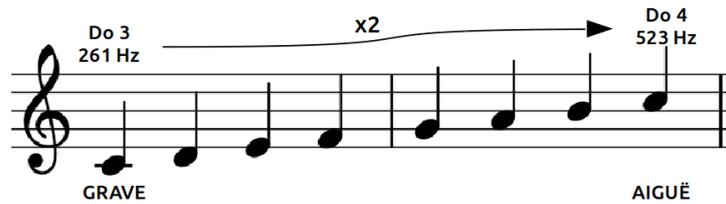


FIGURE 10.8 – Les notes les plus graves ont les fréquences les plus basses alors que les notes aiguës ont des fréquences élevées. Lors du passage du Do 3 au Do 4, la fréquence est multipliée par deux.

### 10.2.3 Timbre

Deux mêmes notes, c’est-à-dire deux notes de même fréquence, jouées par deux instruments différents sonneront-elles identique à l’oreille? Non, bien entendu. Le son d’un piano est différent de celui d’une guitare. Si leur fréquence est la même, c’est par leur *timbre* que nous pouvons les différencier. Le **sonogramme** (ou spectrogramme) permet de visualiser le timbre d’un son. Un son est en fait composé de plusieurs fréquences sonore dont la plus petite est la fréquence fondamentale qui fixe la hauteur du son.

#### Définitions :

*Fréquence fondamentale* : elle correspond à la hauteur du son. Il s’agit sur le sonogramme de la fréquence la plus petite (celle la plus en bas) et est souvent la fréquence la plus intense donc la plus en rouge sur le sonogramme.

*Harmoniques* : ce sont toutes les fréquences supérieures qui donnent le timbre au son. Ce sont tous les pics au-dessus de la fréquence fondamental. L’intensité de chaque harmonique varie selon l’instrument et la voix : ce sont celle-ci qui constituent le timbre du son.

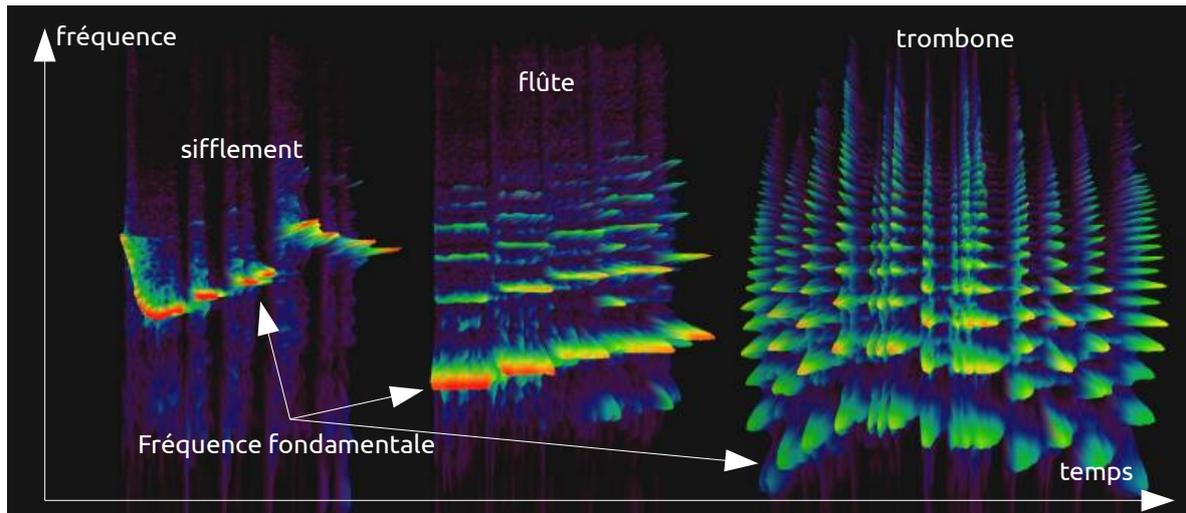


FIGURE 10.9 – Sonogrammes d'un sifflement, d'une flûte et d'un trombone. Le pic (zone rouge dont la couleur est forte) le plus bas représente la fréquence fondamentale : c'est lui qui fixe la hauteur du son. Les pics qu'on voit au-dessus composent le timbre du son et sont propre à chaque instrument. Réalisé via [6].

Les sonogrammes présentés en figure 10.9 sont ceux d'un sifflement, d'une flûte et d'un trombone. Sur le sonogramme de la flûte, le pic inférieur, le plus rouge donc dont l'intensité est la plus forte, fixe la hauteur de la note, sa fréquence. Sur le graphe, la fréquence augmente donc le son est de plus en plus aiguë.

Le sonogramme du sifflement n'est composé quasiment de qu'un seul pic à chaque instant, sa fréquence fondamentale : il a très peu d'harmonique. On dit que c'est quasiment un son pur. En revanche, le sonogramme du trombone possède énormément d'harmoniques : il s'agit d'un son très complexe.

Tout comme les instruments, chaque voix a un timbre différent. On peut voir sur la figure 10.10 que chaque voyelle a même son propre timbre. C'est d'ailleurs comme ça que nous pouvons les reconnaître, parler et nous comprendre.

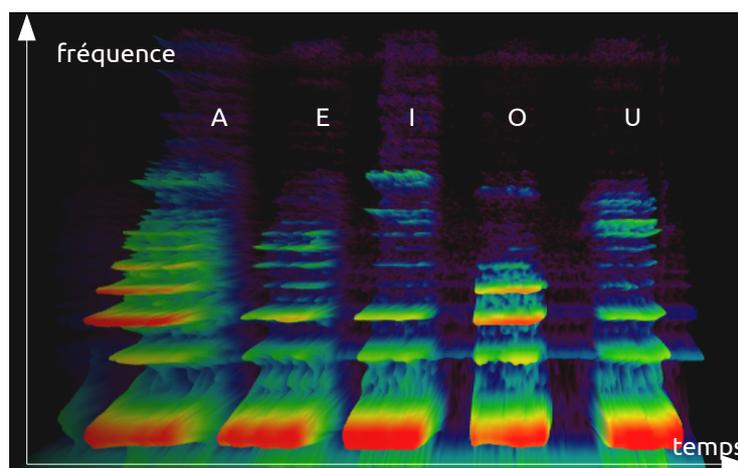


FIGURE 10.10 – Sonogramme de différentes voyelles de l'alphabet par M. Gondret. La fréquence fondamentale de chaque voyelle est la même mais les harmoniques diffèrent. Réalisé via [6].

## Bibliographie

- [1] Lionel Douthe Baptiste Fray *et al.* Physique chimie 2nde, 2018. URL <https://www.lelivrescolaire.fr/page/6225274>.
- [2] Jean-Marie Blondeau, Bernard Bonnel, Monique Vindevoghel, Bernard Mikolajczyk, and Gérard Destrun. *Physique à main levée, Université de Lille*, consulté le 23/04/2020. URL <http://phymain.unisciel.fr/le-son-se-propage-t-il-dans-le-vide>.
- [3] Amado Herrero. Schéma de l'oreille. CHORUS Musique, consulté le 21/04/2020. URL <http://chorus.e-monsite.com/pages/1-oreille/schema-de-l-oreille.html>.
- [4] Adrien Perinot. 9 des meilleurs microphones dynamiques. Projet Home Studio, consulté le 21/04/2020. URL <https://www.projethomestudio.fr/microphones-dynamiques-studio/>.
- [5] Association NeurOreille. Bruit : attention danger! protection. *Voyage au Centre de l'Audition*, consulté le 3/05/2020. URL <http://www.cochlea.org/bruit-attention-danger!-protection>.
- [6] Jeremy Morrill et Boris Smus. Spectrogramme. *Chrome Music Lab*, consulté le 3/05/2020. URL <https://musiclab.chromeexperiments.com/Spectrogram/>.
- [7] C'est pas sorcier. Le bruit. *France Télévision*, 1997.
- [8] Son (physique). *Wikipédia*. URL [https://fr.wikipedia.org/wiki/Son\\_\(physique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_(physique)).