



une onde sonore ne peut se propager dans l'espace.

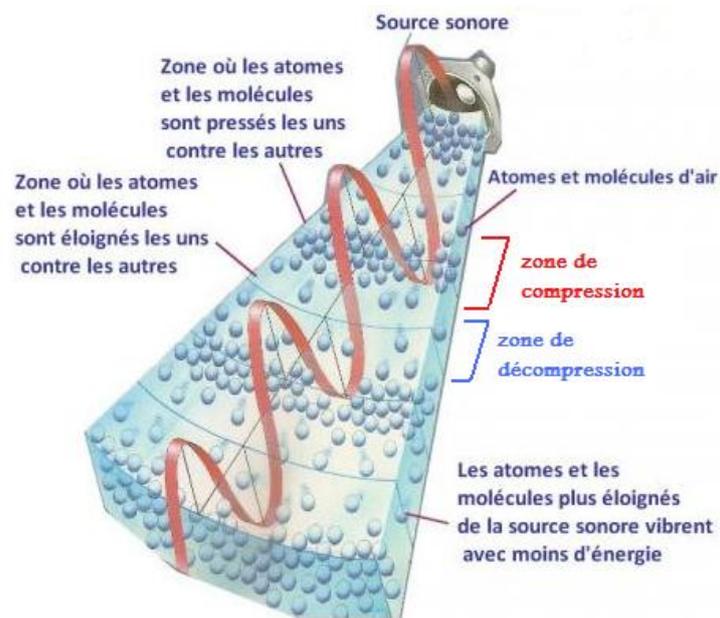


FIGURE 11.3 – La propagation d'une onde sonore dans l'air est due à la vibration des molécules. Tiré de [2].

### 11.1.2 Vitesse du son

La vitesse du son dépend du milieu matériel dans lequel il se propage. La vitesse de propagation du son dans l'air est **340m/s**.



FIGURE 11.4 – Les dauphins peuvent communiquer sous l'eau en émettant des ultrasons. La vitesse de propagation des sons dans l'eau est de 1500m/s. Dans le fer, le son se propage à plus de 5000m/s ! De manière générale, plus les atomes ou les molécules sont collées, plus le son se propage vite. Ainsi, une onde sonore se propage plus vite dans un solide que dans un gaz.

## 11.2 Caractérisation d'un son

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

### 11.2.1 Intensité sonore

L'intensité sonore se mesure avec un sonomètre (ou sous son autre nom 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.

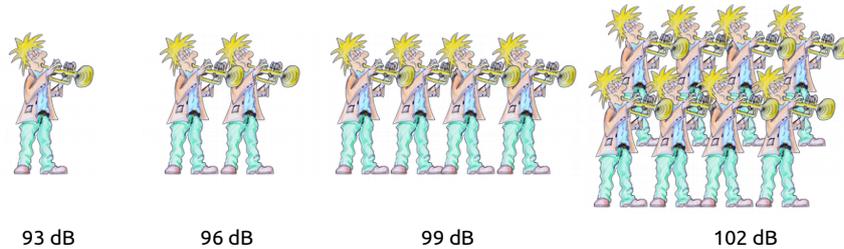


FIGURE 11.5 – Si un trompettiste joue à 93 dB et qu'on en rajoute un second qui joue pareil, le nombre de musicien est multiplié par deux donc l'intensité sonore augmente de 3 dB : elle passe à 96 dB. Si maintenant on remultiplie la source sonore (le nombre de trompettistes) par deux, l'intensité sonore 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 11.6 représente l'échelle des bruits et leur dangerosité.



FIGURE 11.6 – Écouter trop longtemps une son dont l'intensité est trop forte peut endommager l'ouïe. Tiré de [3].

1. son principe mathématique sera vu au lycée

### 11.2.2 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.

**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.

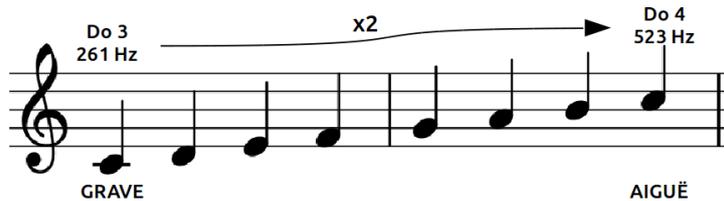


FIGURE 11.7 – Les notes les plus graves ont les fréquences les plus basses alors que les notes aiguës ont des fréquences élevées. Lors du passage du Do 3 au Do 4, la fréquence est multipliée par deux.

**Pour aller plus loin :** nous avons vu précédemment qu'on pouvait représenter un son en traçant les variations de pression à un endroit de l'espace en fonction du temps. Si on place un micro à cet endroit, on peut enregistrer le signal acoustique. On obtient les signaux électrique de la figure 11.8.

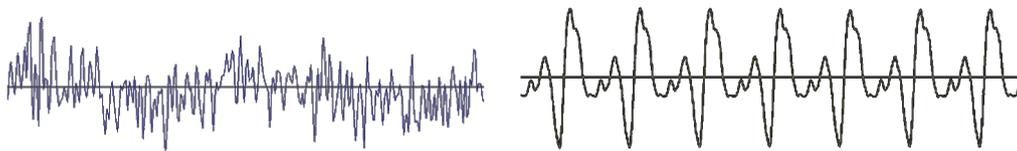


FIGURE 11.8 – Signal électrique enregistré par un micro au cours du temps. À gauche, le signal n'est pas périodique, il ne se répète pas : on entend un bruit. À droite, le signal se répète, on dit qu'il est périodique et on peut lui associer une fréquence. Il s'agit du nombre de battements en une seconde.

### 11.2.3 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.

#### 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 fondamentale. L'intensité de chaque harmonique varie selon l'instrument et la voix : ce sont celle-ci qui constituent le timbre du son.

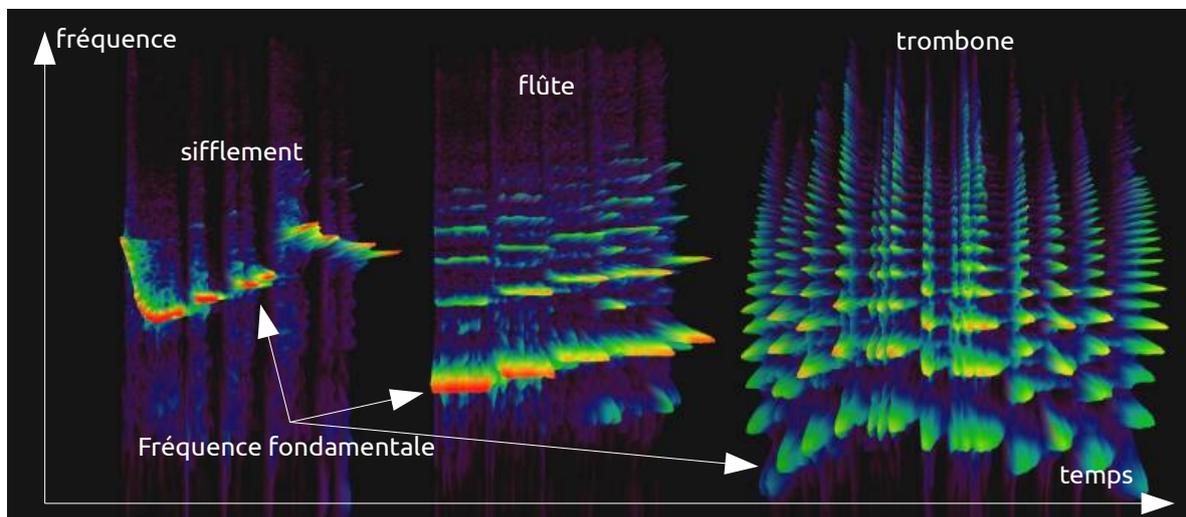


FIGURE 11.9 – Sonogrammes d'un sifflement, d'une flûte et d'un trombone. Le pic (zone rouge dont la couleur est forte) le plus bas représente la fréquence fondamentale : c'est lui qui fixe la hauteur du son. Les pics qu'on voit au-dessus composent le timbre du son et sont propre à chaque instrument. Réalisé via [4].

Les sonogrammes présentés en figure 11.9 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 11.10 que chaque voyelle a même son propre timbre. C'est d'ailleurs comme ça que nous pouvons les reconnaître, parler et nous comprendre.

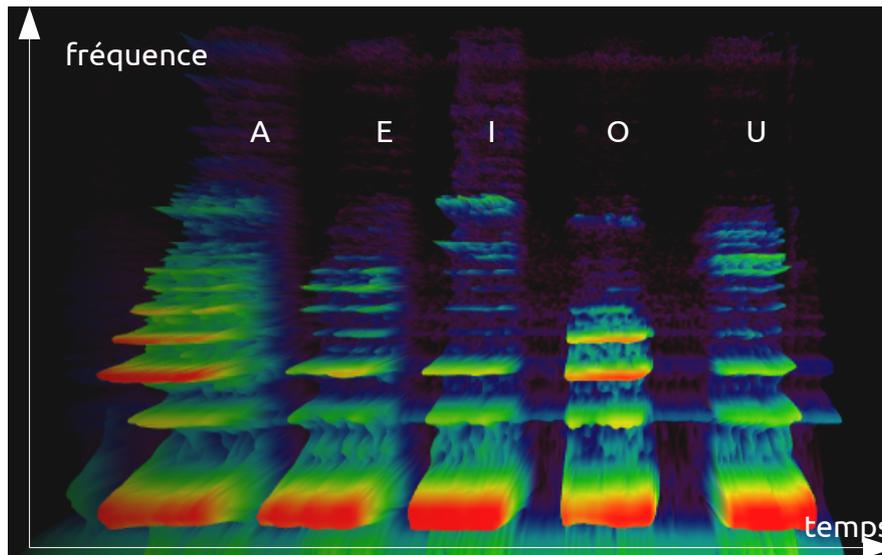


FIGURE 11.10 – Sonogramme de différentes voyelles de l’alphabet par M. Gondret. La fréquence fondamentale de chaque voyelle est la même mais les harmoniques diffèrent. Réalisé via [4].

## Bibliographie

- [1] C’est pas sorcier. Le bruit. *France Télévision*, 1997.
- [2] Marie-Estelle Duhamel, Solène Bossey, and Baptiste Deschamps. Les effets de la musique sur les êtres vivants. *Lycée Jean-Baptiste de la Salle de Rouen*, consulté le 22/04/2020. URL <http://tpe-musique1.e-monsite.com>.
- [3] 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>.
- [4] Jeremy Morrill et Boris Smus. Spectrogramme. *Chrome Music Lab*, consulté le 3/05/2020. URL <https://musiclab.chromeexperiments.com/Spectrogram/>.
- [5] Christelle Loubayere. Vitesse du son. *Collège Le Castillon*, consulté le 21/04/2020. URL [https://le-castillon.etab.ac-caen.fr/IMG/pdf/Vitesse\\_du\\_son-2.pdf](https://le-castillon.etab.ac-caen.fr/IMG/pdf/Vitesse_du_son-2.pdf).
- [6] Philippe Gondret. Ondes acoustiques : émission, propagation, réception. *La musique des ondes, UniverCité de Gif-Sur-Yvette*, 2019.
- [7] Son (physique). *Wikipédia*. URL [https://fr.wikipedia.org/wiki/Son\\_\(physique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_(physique)).

## Attendus de l’élève

À la fin de ce chapitre, l’élève devra

- connaître les gaz qui composent l’atmosphère,
- savoir qu’un son a besoin d’un milieu matériel pour se propager, qu’il ne peut se propager dans le vide,
- avoir quelques ordres de grandeur de la vitesse du son dans certains matériaux, qu’il va à 340m/s dans l’air sec à 20°C,
- savoir que lorsque la puissance sonore est doublée, l’intensité sonore augmente de 3 dB,

- connaître les dangers associés à une écoute prolongé d'un son trop fort,
- savoir que la fréquence se mesure en hertz, comparer des notes aiguës et graves grâce à leur fréquence,
- savoir repérer si deux sons ont la même hauteur sur un sonogramme, s'ils ont le même timbre.

## Bibliographie

- [1] C'est pas sorcier. Le bruit. *France Télévision*, 1997.
- [2] Marie-Estelle Duhamel, Solène Bossey, and Baptiste Deschamps. Les effets de la musique sur les êtres vivants. *Lycée Jean-Baptiste de la Salle de Rouen*, consulté le 22/04/2020. URL <http://tpe-musique1.e-monsite.com>.
- [3] 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>.
- [4] Jeremy Morrill et Boris Smus. Spectrogramme. *Chrome Music Lab*, consulté le 3/05/2020. URL <https://musiclab.chromeexperiments.com/Spectrogram/>.
- [5] Christelle Loubayere. Vitesse du son. *Collège Le Castillon*, consulté le 21/04/2020. URL [https://le-castillon.etab.ac-caen.fr/IMG/pdf/Vitesse\\_du\\_son-2.pdf](https://le-castillon.etab.ac-caen.fr/IMG/pdf/Vitesse_du_son-2.pdf).
- [6] Philippe Gondret. Ondes acoustiques : émission, propagation, réception. *La musique des ondes, UniverCité de Gif-Sur-Yvette*, 2019.
- [7] Son (physique). *Wikipédia*. URL [https://fr.wikipedia.org/wiki/Son\\_\(physique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_(physique)).

## Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

---