

# Le son

Le son se propage grâce à la compression qui se déplace au milieu des molécules d'air. Pour l'expliquer, on compare souvent ce phénomène physique à une pierre que l'on jette dans l'eau : on observe que de petites vagues se déplacent alors à la surface sous forme d'ondes, alors que l'eau reste à sa place.

Le son est une onde mécanique et non pas une onde électromagnétique comme la lumière !

### Les sons et leur propagation

Haut-parleur

Période  $T$  de vibration

Oreille

Détente des molécules d'air

Compression des molécules d'air

Un signal sonore résulte de la mise en vibration des molécules ou des atomes d'un milieu de propagation.

Un son ne peut donc exister que dans un milieu matériel. Dans ce milieu, il n'y a pas de déplacement de matière et la vitesse de propagation du son dépend de ce milieu.

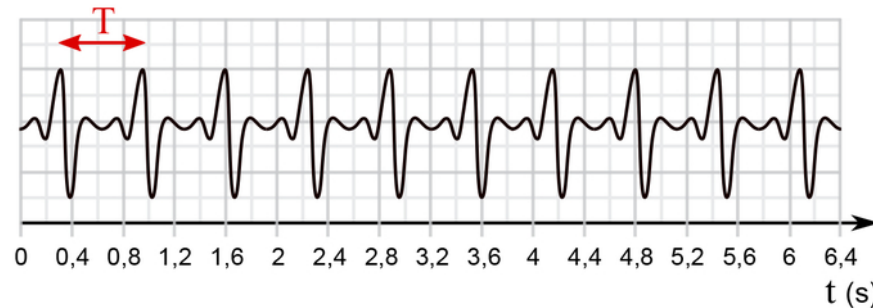
Dans l'air, cette vitesse est de 340 m/s à 20 °C.

- On définit la **période**  $T$  d'un signal sonore périodique comme étant la durée minimale pour que le signal se reproduise à l'identique, c'est-à-dire que la période  $T$  est la durée d'un motif. Elle s'exprime en secondes (**s**).

• La **fréquence**  $f$  d'un signal sonore périodique est le nombre de motifs (de périodes) du signal par seconde. Elle s'exprime en hertz (Hz). **La hauteur d'un son !**

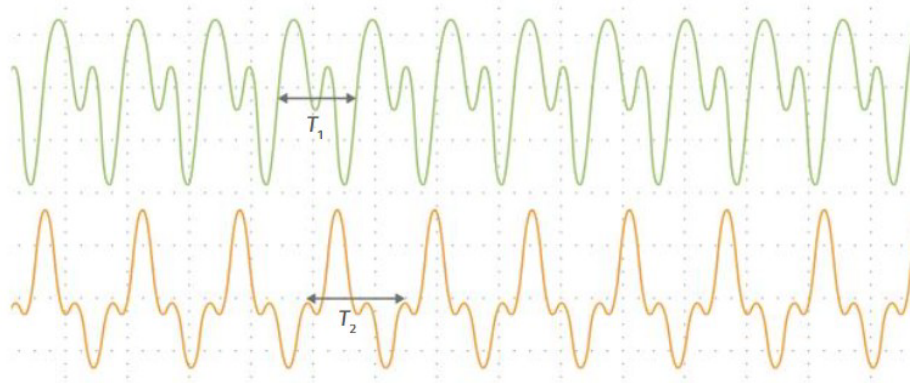
• La fréquence  $f$  est l'inverse de la période  $T$ . On a donc la relation suivante :

$f = \frac{1}{T}$  avec  $f$  en hertz (Hz) et  $T$  en seconde (s).



• Une même note jouée par des instruments différents est perçue différemment à l'oreille. Cette **différence** de perception pour un même son avec la même amplitude et la même fréquence s'appelle le **timbre**. (harmoniques)

## Caractéristiques d'un signal sonore



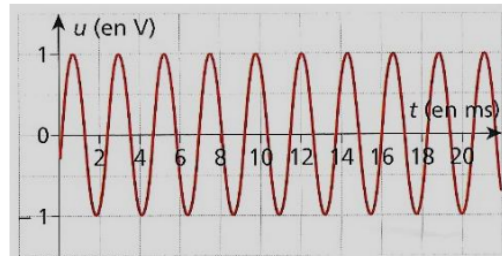
Ces graphiques représentent deux signaux sonores de périodes  $T_1$  et  $T_2$  distinctes et de timbres différents. Le temps est en abscisse.

**La période  $T$**  : la plus petite durée (en secondes) pour laquelle le signal se reproduit identique à lui-même.

**La fréquence  $f$**  :  $f = \frac{1}{T}$   
exprimée en hertz (Hz) et  $T$  en secondes (s).

**Le timbre** : il s'agit de la forme du signal périodique. Il est caractéristique de la source sonore émettrice (piano, violon, etc.).

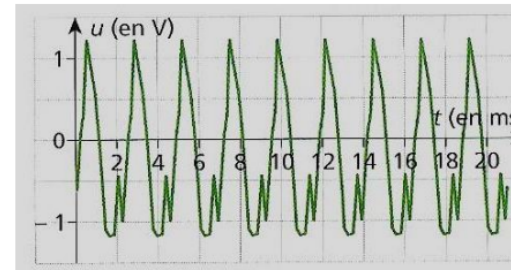
### SON PUR



**Fig. 9** Signal obtenu avec un microphone enregistrant le diapason  $la_3$ .

Le signal temporel est sinusoïdal

### SON COMPLEXE



**Fig. 10** Signal obtenu avec la guitare  $la_3$ .

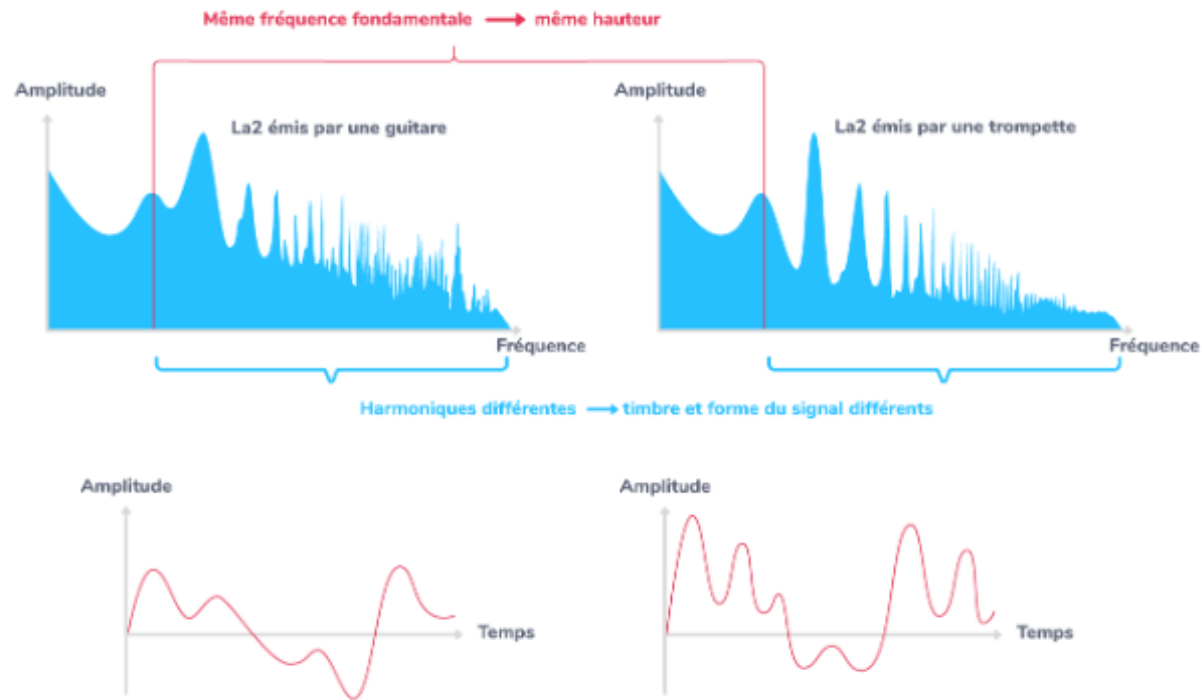
Le signal temporel est périodique non sinusoïdal

*le  $mi_4$  joué par la flûte à bec ou le violon n'a pas la même forme de signal sonore.*

Caractéristiques	Lié à...	Influe sur...
Hauteur	la fréquence fondamentale	la fréquence du son et donc la nature de la note perçue
Timbre	la répartition et l'amplitude des harmoniques	la forme du signal et donc la « richesse » du son

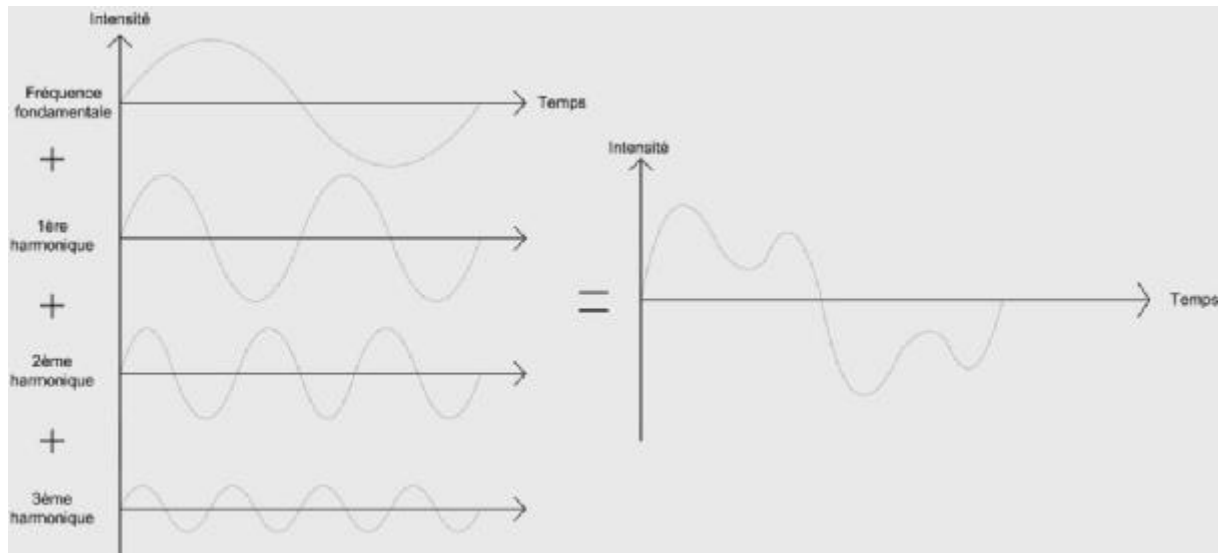
L'analyse spectrale des sons émis par une guitare et une trompette jouant la même note permet de mettre en évidence :

- la même fréquence fondamentale, la hauteur de la note jouée est donc bien la même ;
- une répartition différente des harmoniques et de leur amplitude, le timbre des deux sons est donc différent, ce qui permet de les distinguer.



# LES HARMONIQUES

Les sons musicaux sont des "sons complexes", mélanges de sons graves et aigus. Le son musical est la superposition d'un son fondamental et d'harmoniques dont les fréquences sont des multiples de la fréquence fondamentale.

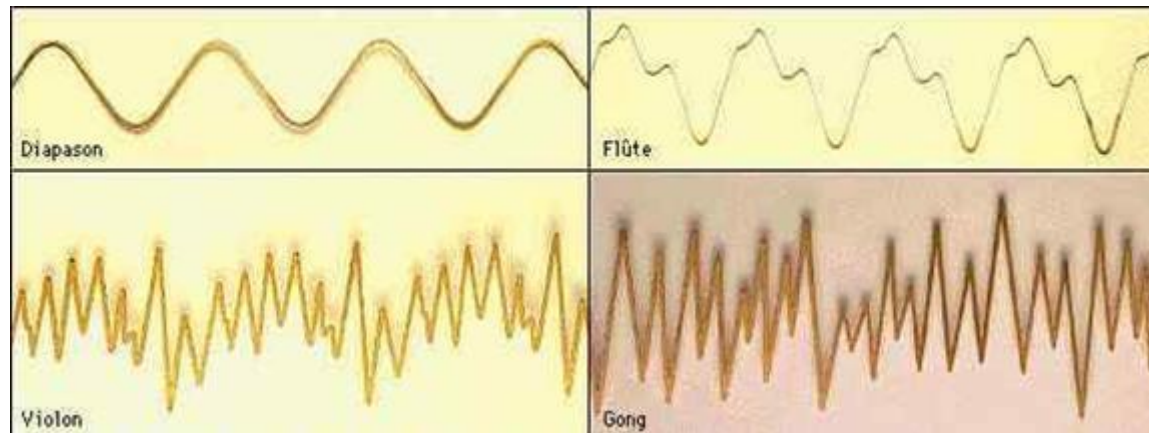


Par opposition au son complexe, le son pur comprend exclusivement la fréquence fondamentale.

# LE TIMBRE : L'IDENTITÉ SONORE

Le timbre est constitué de toutes les fréquences du son sauf sa fréquence fondamentale.

Il permet d'identifier un son d'une façon unique. Deux sons peuvent avoir la même fréquence fondamentale et la même intensité mais deux timbres différents. C'est grâce à cette différence de timbre qu'on distingue une même note jouée au piano et au violon. C'est aussi au timbre qu'on reconnaît la voix d'une personne.



Toutes ces courbes sont cycliques, mais le motifs de base (correspondant à une période) est différent.  
Il montre que les instruments ne produisent pas les mêmes sonorités : chacun a son timbre propre.

L'oreille est capable d'identifier et de mémoriser les sons. Le timbre est donc très important.

## La vitesse du son (en douceur)

Au départ, il faut savoir jongler avec les unités et les puissances de 10

$V = d/t$  La vitesse n'est rien d'autre que la **distance divisée par le temps**

Comme en voiture quand on conduit à la vitesse de 85 Km/h

En 1h (donc 3600 secondes =  $3,6 \cdot 10^3$  s) on parcourt 85 Km (donc  $85 \cdot 10^3$  m)

Donc la vitesse  $V = d/t = 85 \cdot 10^3 / 3,6 \cdot 10^3 = ?$

**3 chiffres significatifs et arrondi**

**2,4166** soit 2,42 m/s

Durée (s)	Multiple	Ordres de grandeur	1 seconde(s) vaut 1000 milliseconde(ms) donc 1 seconde vaut $10^3$ milliseconde(ms)
$10^{-6}$	1 microseconde	1 $\mu$ s, 10 $\mu$ s, 100 $\mu$ s	
$10^{-5}$			



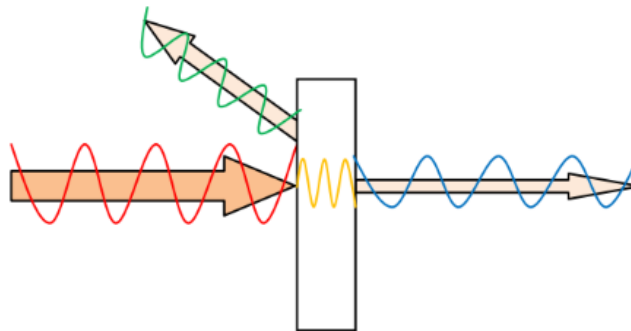
$10^{-4}$			et 1 seconde vaut $10^6$ microseconde( $\mu s$ )
$10^{-3}$	1 milliseconde	1 ms, 10 ms, 100 ms	

.....

## Réflexion et absorption d'une onde sonore

Quand un son arrive sur une paroi, une partie de l'énergie transportée la traverse (son transmis) alors que l'autre partie de l'énergie est réfléchiée par la paroi. Dans la pratique, il y a aussi une petite partie de l'énergie qui est absorbée par la paroi.

L'isolation consiste à limiter la transmission des sons.



# Les dangers de l'exposition sonore

## Le son et l'oreille

Un son ne sera entendu par l'oreille humaine que si :

- son niveau d'intensité sonore (en dB) est suffisant, mais sans dépasser certaines valeurs dommageables pour l'oreille ;
- sa fréquence doit se trouver dans le domaine de sensibilité de l'oreille.

**Remarque :** Plus la fréquence d'un son est élevée, plus le son est haut, c'est-à-dire plus il est aigu.

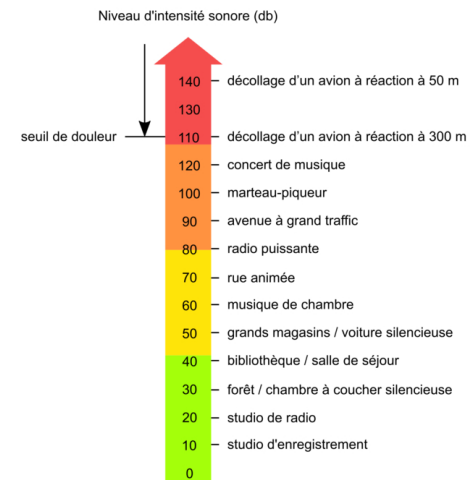
$$20 \text{ Hz} < f_{\text{audible}} < 20 \text{ kHz}$$

Le niveau sonore est défini par la relation suivante :

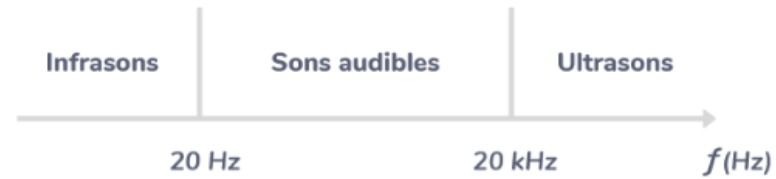
$$L = 10 \times \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

Avec :

- $L$  le niveau sonore (en dB) ;
- $I$  l'intensité acoustique de l'onde sonore (en  $\text{W.m}^{-2}$ ) ;
- $I_0$  le seuil d'audibilité fixé à  $10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

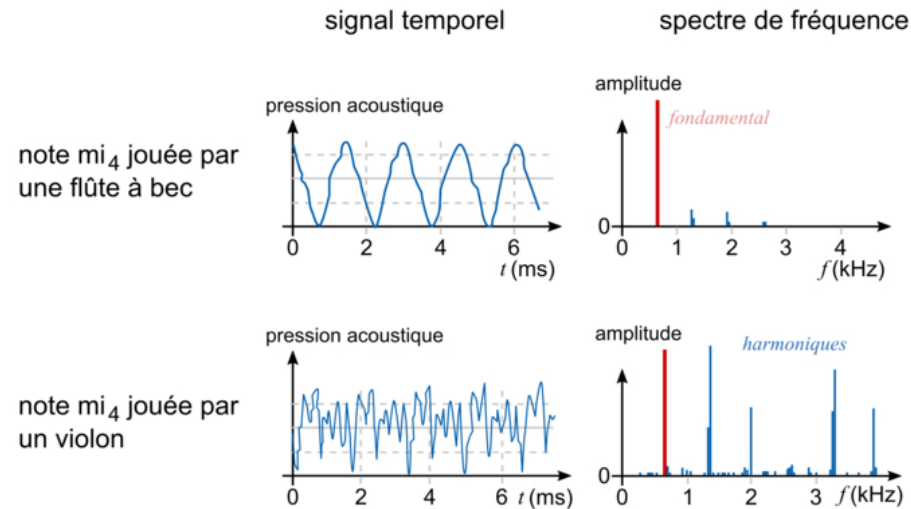


- Un son dont le niveau est trop élevé peut engendrer des **pertes d'audition irréversibles**. Plus le niveau sonore et la durée d'exposition sont grands et plus ces risques sont importants.



# Harmoniques d'un son (en plus)

*Juste à lire..... ne pas apprendre, juste comprendre*



Il existe un phénomène très particulier dans l'espace musical : quand on joue une note de musique, sur un instrument par exemple, un ensemble de fréquences est généré. Ces différents sons qui résonnent s'appellent les harmoniques.

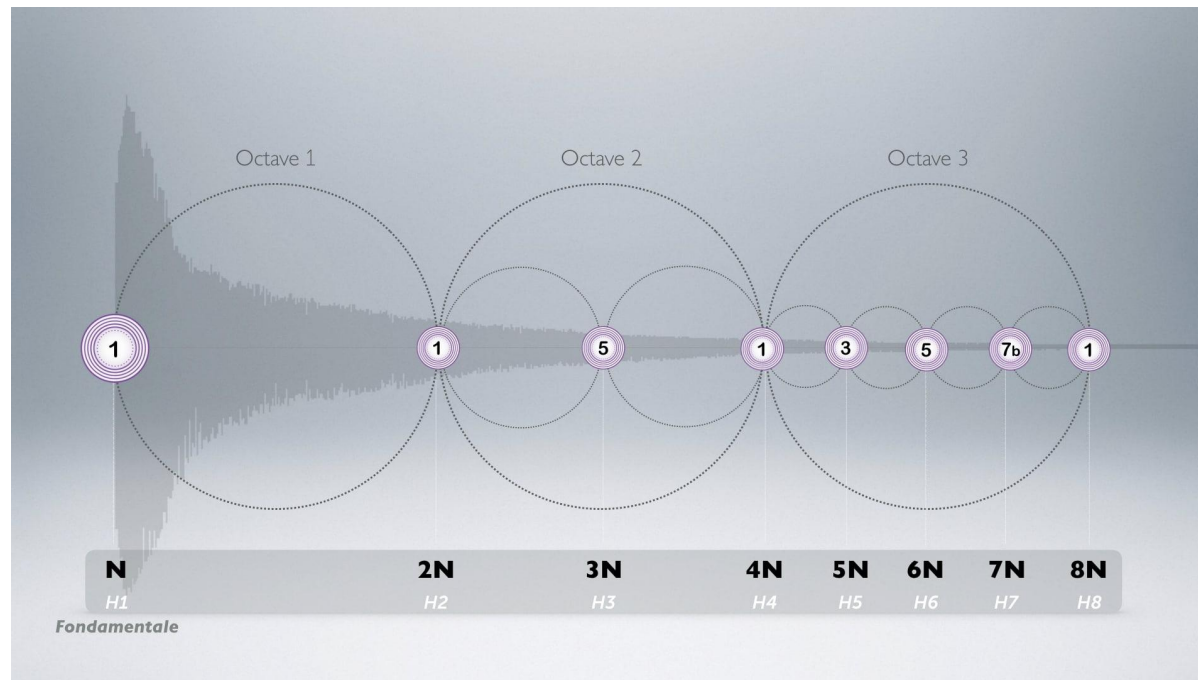
Chaque hauteur d'un son est donc déterminée par ce qu'on appelle « une fréquence ». Cette fréquence s'exprime en Hertz (symbole : Hz).

Par exemple, de nos jours, nous nous référons à un diapason dont la note de musique LA est déterminée par la fréquence 440 Hz. Dans ce cas le son effectue 440 vibrations par seconde.

Imaginons que l'on joue la note LA à la fréquence 440 Hz. Quand le son est joué il y a une multitude de fréquences qui sont jouées en même temps et qui sont toutes des multiples de la fréquence fondamentale :

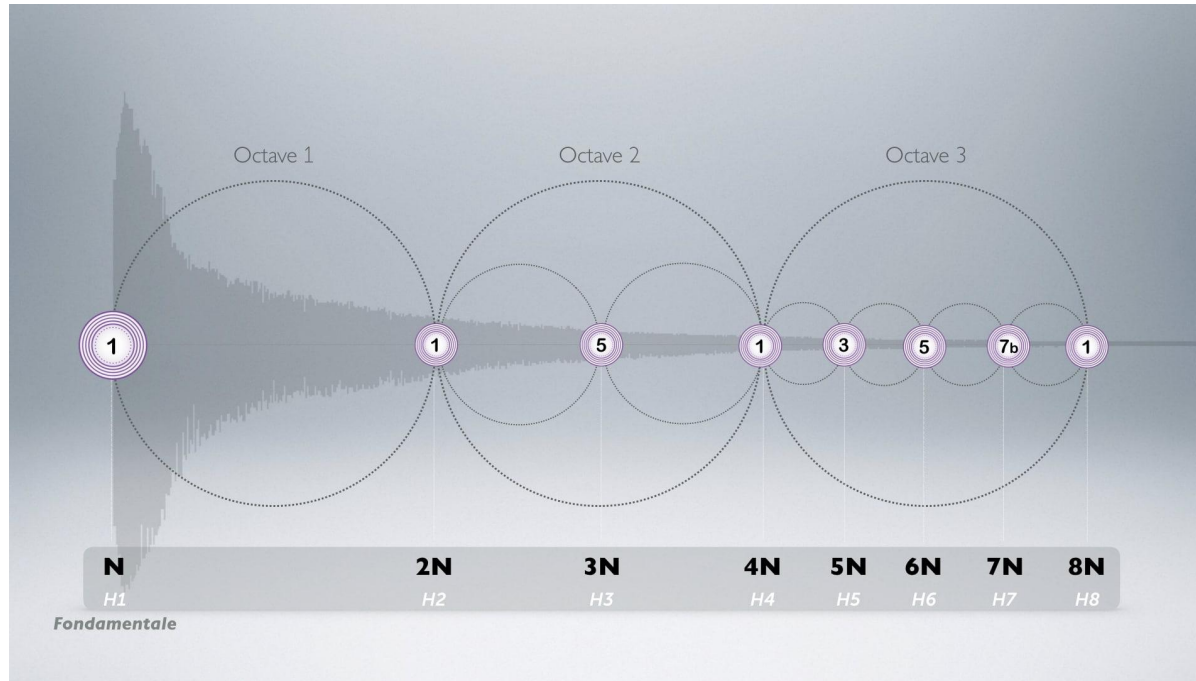
- **La fréquence fondamentale H1 (Harmonique 1) a une fréquence N de 440 Hz**
- **La seconde fréquence émise par cette note est égale à  $2N = 2 \times 440 = 880$  Hz, qu'on appellera H2 (Harmonique 2)**
- **La troisième fréquence est  $3 \times 440 = 1320$  Hz, qu'on appellera H3 (Harmonique 3)**
- **La quatrième fréquence est  $4 \times 440 = 1760$  Hz, qu'on appellera H4 (Harmonique 4)**

Et ainsi de suite avec d'autres fréquences : H5, H6, H7, H8...



À chaque passage d'octave une division par deux s'opère. Par conséquent, cela va avoir un grand impact sur notre perception des sons. En effet, les hauteurs des sons  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ , etc. ne vont pas être n'importe quelle fréquence, elles vont correspondre à des notes de musique singulières.

Ce phénomène des harmoniques des sons est comparable au principe organique de la division cellulaire.



### Intervalles entre les différentes fréquences des harmoniques

Quand on double la fréquence d'un son, cela revient à monter d'une octave. Le son  $H2$  correspond donc au même son que  $H1$  mais à une octave plus haute.  $H4$  correspond donc au même son que  $H2$  mais une octave plus haute et au même son que  $H1$ , mais deux octaves plus hautes. Pareil pour  $H8$  qui est du coup le même son que  $H1$ , 3 octaves plus hautes.