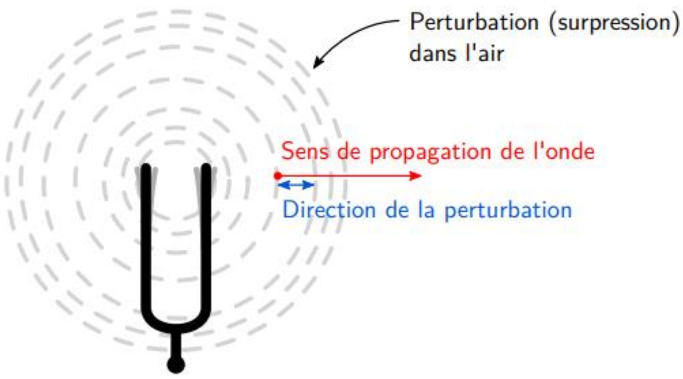
Chapitre N°9 : Les ondes sonores

Une onde sonore est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel. Elle est due à la vibration mécanique des molécules du milieu de propagation. Cette vibration entraine des surpressions et dépressions locales qui se propagent.
Les ondes sonores sont des ondes longitudinales : la direction de la perturbation se fait dans la même direction que la propagation. Les ondes sonores se propagent de manière sphérique à partir de la source.



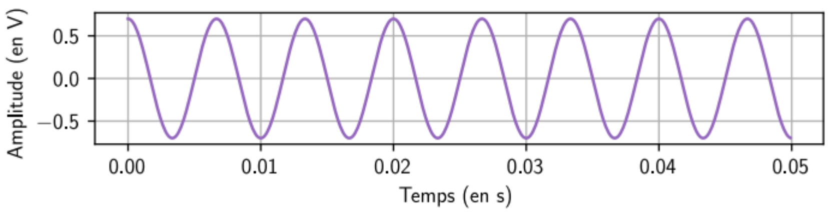
1/ Composition fréquentielle d'une onde sonore

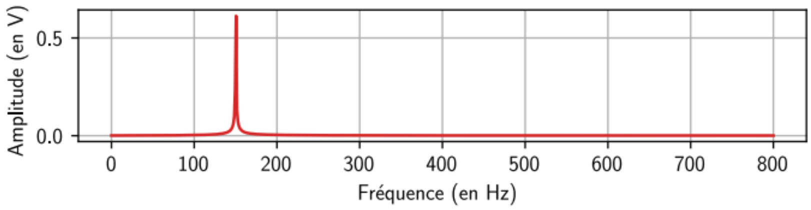
La notion de décomposition d'un signal en série de Fourier a été vue dans le chapitre N°8. Cette méthode peut alors être appliquée aux ondes sonores afin d'en étudier leurs compositions fréquentielles.

a/ Son pur et son complexe

- Un son est dit pur si ………………………………………………………………………………………
  Le spectre d'amplitude présente un unique pic, celui du fondamental. Un diapason ou un haut-parleur soumis à un signal sinusoïdal émettent des sons purs.

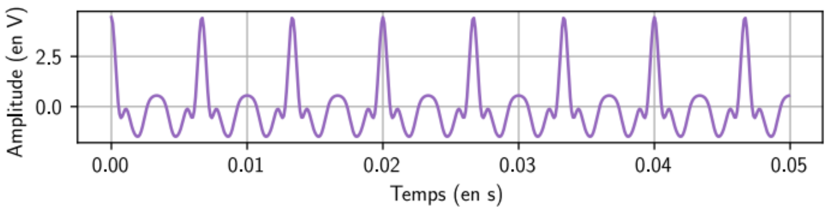
Exemple :

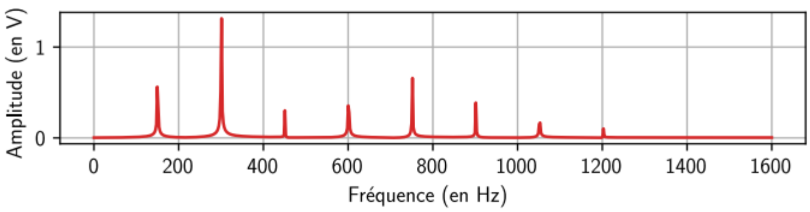




- Un son complexe présente un signal ……………………………………………………………………
  ……
  Son spectre d'amplitude présente un pic à la fréquence f_1 c'est le 1[er] harmonique appelé fondamental. D'autres pics aux fréquences f_n (multiples de la fréquence du fondamental) sont les harmoniques de rang n (n>1)

Exemple :





b/ Hauteur et timbre

- Un son émis par la voix ou un instrument de musique est caractérisé par sa hauteur.
  ………
  ………
  En musique, la hauteur est associée à ……………………………………………………………………

Fréquences des notes (en hertz)

Note\octave	1	2	3	4	5	6
Do	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,50	2093,00
Do# ou Ré ♭	69,30	138,59	277,18	554,37	1108,73	2217,46
Ré	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32
Ré # ou Mi ♭	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,51	2489,02
Mi	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,51	2637,02
Fa	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,91	2793,83
Fa # ou Sol ♭	92,50	185,00	369,99	739,99	1479,98	2959,96
Sol	98,00	196,00	392,00	783,99	1567,98	3135,96
Sol # ou La ♭	103,83	207,65	415,30	830,61	1661,22	3322,44
La	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00
La# ou Si ♭	116,54	233,08	466,16	932,33	1864,66	3729,31
Si	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,53	3951,07

- Le timbre d’un son est lié ……………………………………………………………………………………
  Il traduit la complexité d’un son. Pour une même note jouée (même hauteur) par deux instruments différents, la fréquence du fondamental est identique mais il y a plus ou moins d’harmoniques donc le timbre ne sera pas le même.

2/ Intensité sonore et niveau d’intensité sonore

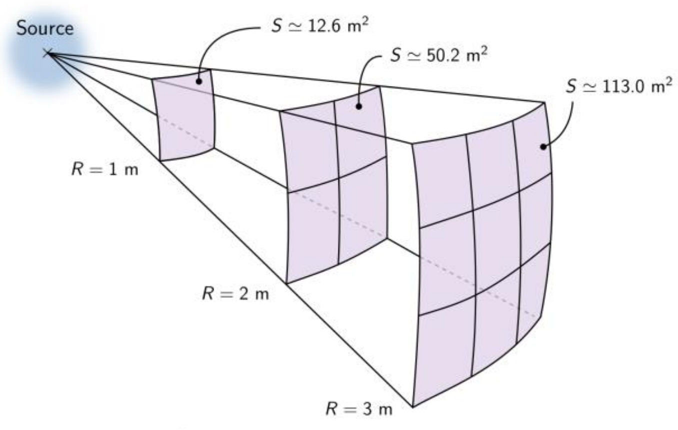
a/ Puissance et intensité sonore

L’intensité sonore, notée I, est la puissance par unité de surface transportée par les ondes sonores :

avec I en $W.m^{-2}$, P en W et S en m^2 .

La puissance P est la puissance émise par la source, la surface S est liée à la distance à la source. Du fait de la propagation sphérique des ondes sonores, $S = 4\pi R^2$ avec R la distance entre l’émetteur et le récepteur.

La figure ci-contre permet d’expliquer la diminution de l’intensité sonore en fonction de la distance entre la source et le récepteur. La puissance transportée par l’onde est alors répartie sur une surface d’autant plus grande que la distance augmente.



b/ L'oreille humaine et le niveau d'intensité sonore

Cependant, l'intensité sonore n'est pas représentative du ressenti que l'on peut avoir avec notre oreille. En effet, l'oreille n'est pas un récepteur "linéaire" : lorsque l'intensité sonore double, nous n'avons pas l'impression que le son est deux fois plus fort... On utilise alors une autre grandeur : le niveau d'intensité sonore.

Le niveau d'intensité sonore, noté L est donné par la relation :

avec L en dB, I en $W.m^{-2}$ et $I_0 = 10^{-12}$ $W.m^{-2}$ l'intensité sonore au seuil audible.

Remarques :

- On ne peut pas sommer les niveaux d'intensité sonore mais on peut sommer les intensités sonores ! Si l'oreille humaine ne perçoit pas les sons en dessous d'une certaine intensité (I_0, le seuil audible), les fortes intensités peuvent se révéler gênante voire dangereuses.

- Propriétés du logarithme décimal log

• Propriétés de la fonction $x \mapsto \log x$
pour tout $a > 0$ et $b > 0$:

$$\log(a \times b) = \log a + \log b$$
$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b$$
$$\log(10^a) = a$$

• Propriétés de la fonction $x \mapsto 10^x$:

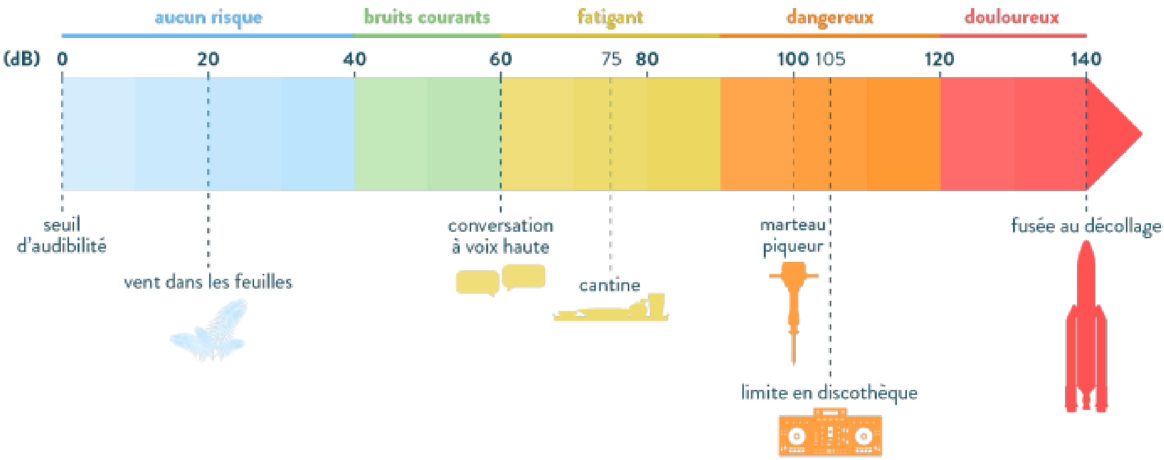
$$10^{(a+b)} = 10^a \times 10^b$$
$$10^{(a-b)} = \frac{10^a}{10^b}$$
$$10^{\log a} = a \text{ pour tout } a > 0$$

Exemple :

Lorsque l'intensité sonore I est multipliée par 2 et devient I' = 2 x I , alors le niveau d'intensité sonore L devient L'.

....

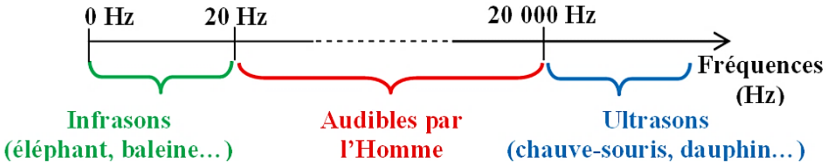
Lorsque l'intensité sonore I est mutipliée par 2, le niveau d'intensité sonore L augmente de ....



Outre la sensibilité en puissance, notre oreille possède aussi une sensibilité en fréquence. Les sensations de gêne et de douleur dépendent de la fréquence du son reçu.

Rappels :

L'oreille humaine est sensible aux fréquences comprises en 20 Hz et 20 kHz.



- En dessous de cette plage se trouve le domaine des infrasons et au-dessus le domaine des ultrasons.
- Ces valeurs ne sont pas fixes et varient d'un individu à l'autre. De multiples facteurs, tel que l'âge, entrent en compte.

JE DOIS SAVOIR :

- Déterminer la fréquence du fondamental et des harmoniques à partir du spectre d'amplitude d'un signal sonore.
- Définir et distinguer la notion de timbre et de hauteur.
- Exploiter la relation entre l'intensité acoustique et le niveau sonore. Citer et exploiter l'unité correspondant au niveau sonore : le décibel (dB).
- Exploiter des informations relatives aux courbes de sensibilité de l'oreille humaine (fréquences audibles, seuil d'audibilité, seuil de douleur, etc.).