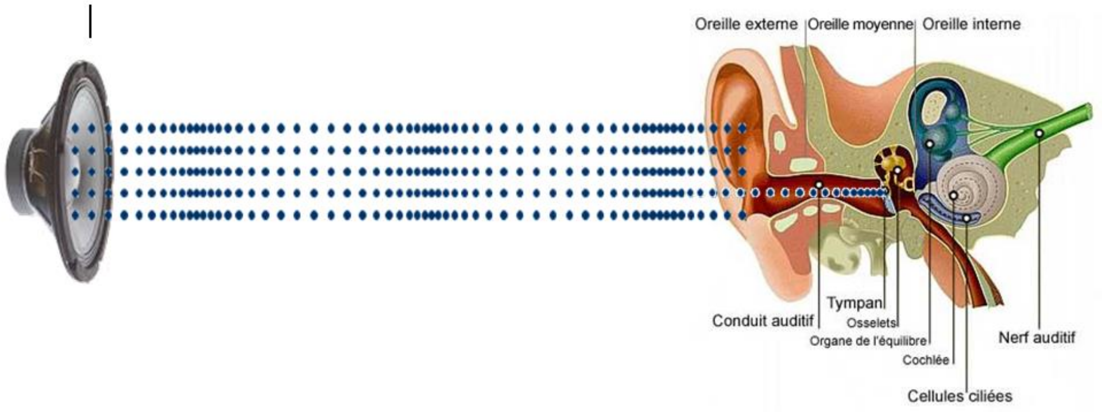
Les ondes sonores

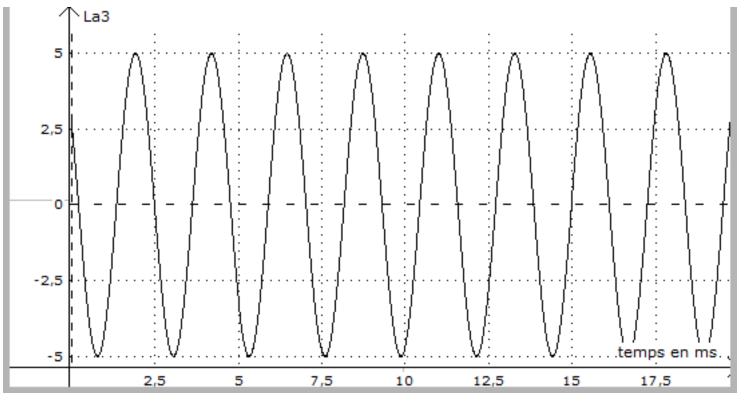
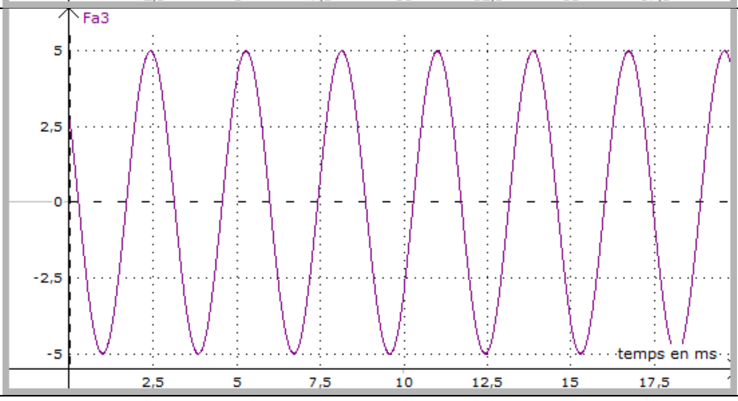
Une onde sonore est une onde mécanique longitudinale à 3 dimensions à laquelle l'oreille humaine est sensible : il correspond à la propagation d'une compression/dilatation de l'air

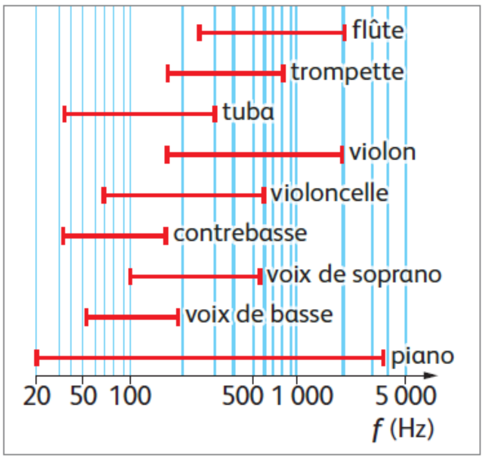


1. Hauteur d'un son

- Le domaine de fréquences des sons est 20Hz < f_{son} < 20kHz
- La hauteur d'un son est liée à sa fréquence : plus la fréquence est élevée, plus le son parait aigü

Comparaison de 2 notes produites par un diapason :

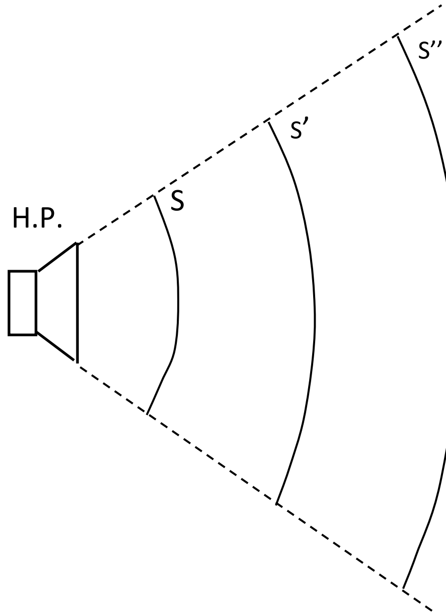
La_3		T = 2,27 ms F =440 Hz
Fa_3		T = 2,86 ms F = 350 Hz



2. Intensité sonore et niveau d'intensité sonore :

- L'intensité sonore est liée à l'amplitude de la vibration sonore perçue.
  Elle dépend de la puissance transmise par l'onde sonore au récepteur : $I = \frac{P}{S}$
  avec I (W.m^{-2}), P (puissance en Watt) et S (surface en m^2)

Exemple :
Un haut parleur émet un son dont la puissance acoustique est P=10^{-6}W. On suppose que le son se propage à la même vitesse dans toutes les directions de l'espace.
On donne la formule qui permet de calculer la surface d'une sphère : $S_{sphère}=4.\pi.R^2$ ou R est le rayon de la sphère.
Quelle est l'intensité acoustique à 1m de cette personne ? à 3m ?



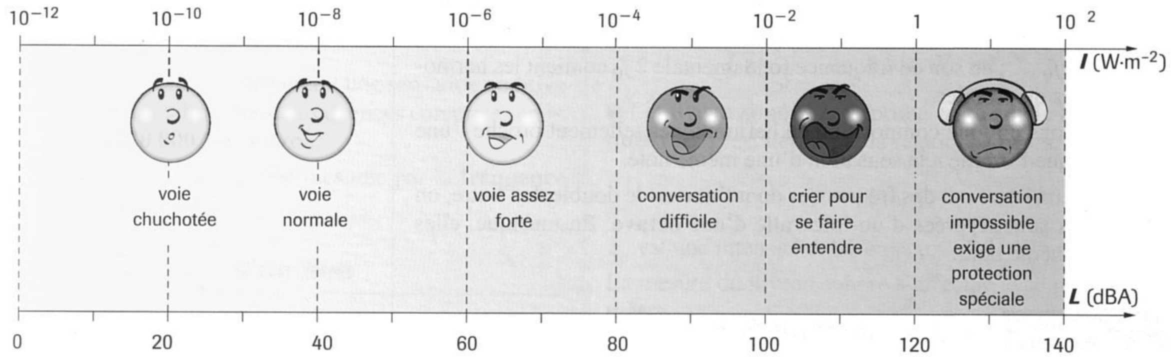
$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi R^2}$

A.N. $I_{1m} = \frac{10^{-6}}{4\pi\times1^2} = 8\times10^{-8}W\cdot m^{-2}$
$I_{3m} = \frac{10^{-6}}{4\pi\times3^2} = 9\times10^{-9}W\cdot m^{-2}$

Pour l'oreille humaine (pour un son $f = 1000\ Hz$)
Le seuil d'audibilité est : $I_0 = 10^{-12}$ W.m^{-2}
Le seuil de douleur est : $I = 1$ W.m^{-2}

- Le niveau sonore noté L et exprimé en **décibels acoustiques** (dBA) est définit par : $L = 10\times\log\frac{I}{I_0}$

I_0 est l'intensité du seuil d'audibilité de l'oreille humaine : $I_0 = 10^{-12}$W.m^{-2}



Aide mathématique à propos de la fonction log (logarithme décimal) : ▪ *Le logarithme décimal est la fonction réciproque de la fonction f(x)=10^x :* *pour x > 0, si y = log(x) alors x = 10^y exemple : si x = 1000=10^3 alors log(x)=3 (ou bien log(10^3)=3)* ▪ *Une propriété à connaître :* *log(a×b)=log(a)+log(b) exemple : log(100)=log(10x10)=log(10)+log(10)=1+1* *Conséquence : log(a^n)=n.log(a)*

- Calcul du niveau sonore pour une intensité acoustique I égale à I_0
  $L = 10\times Log\frac{I_0}{I_0}$ A.N. $L = 10\times Log1 = 10\times 0 = 0dBA$

- Même question pour une intensité acoustique égale au seuil de douleur.

$$L = 10 \times Log \frac{I_{douleur}}{I_0}$$

A.N. $L = 10 \times Log \frac{1}{10^{-12}} = 10 \times Log(10^{12}) = 10 \times 12Log(10) = 120dBA$

- De combien augmente le niveau sonore lorsque l'intensité est multipliée par 10 ? par 100 ?

Si on pose : $L_1 = 10 \times Log \frac{I_1}{I_0}$

alors $L_{10} = 10 \times Log \frac{10I_1}{I_0} = 10 \times \left(Log \frac{I_1}{I_2} + Log10\right) \approx L_1 + 10 \times 1 \approx L_1 + 10$

Le niveau augmente de 10dBA

et $L_{100} = 10 \times Log \frac{100I_1}{I_0} = 10 \times \left(Log \frac{I_1}{I_2} + Log100\right) \approx L_1 + 10 \times 2 \approx L_1 + 20$

Le niveau augmente de 20dBA

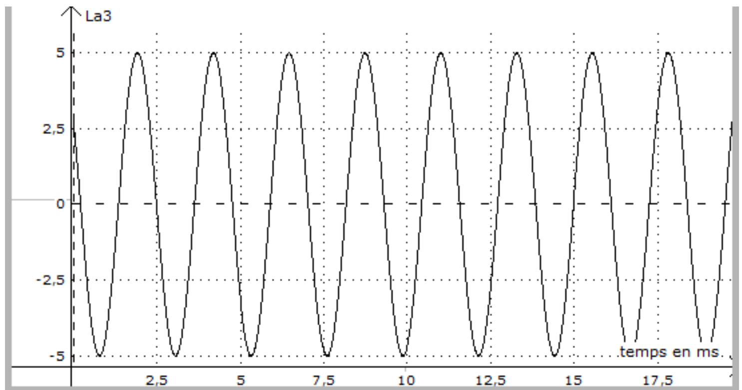
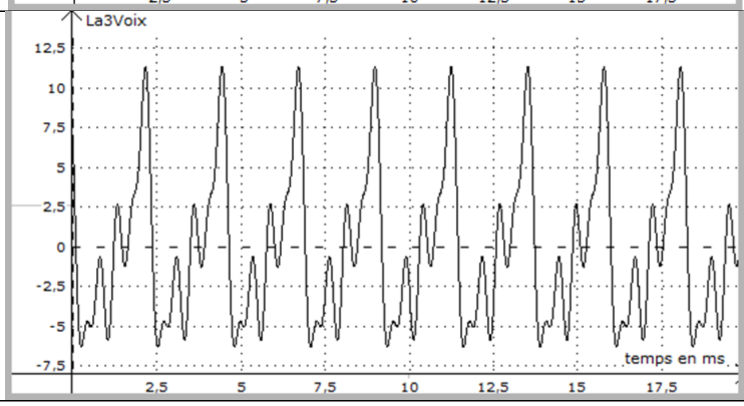
- Une choriste chante avec une intensité sonore L_1=50dBA. Combien de fois plus fort entend-on 100 choristes qui chantent ensemble ?

Si L_1=50dBA, alors L_{100}=70dBA et donc L_{100}/L_1 = 70/50 = 1,4 fois plus fort.

3. Timbre d'un son :

- Le timbre est la sensation auditive liée à la forme du signal : deux sons de timbre différents donnent des sensations auditives différentes.

Exemple : exemple de signaux correspondant à une même note (La_3) obtenus de 2 façons différentes

La_3 obtenu avec un diapason	
La_3 obtenu avec la voix humaine	

- Un son pur est le son produit par un diapason ; la forme du signal sonore est sinusoïdale

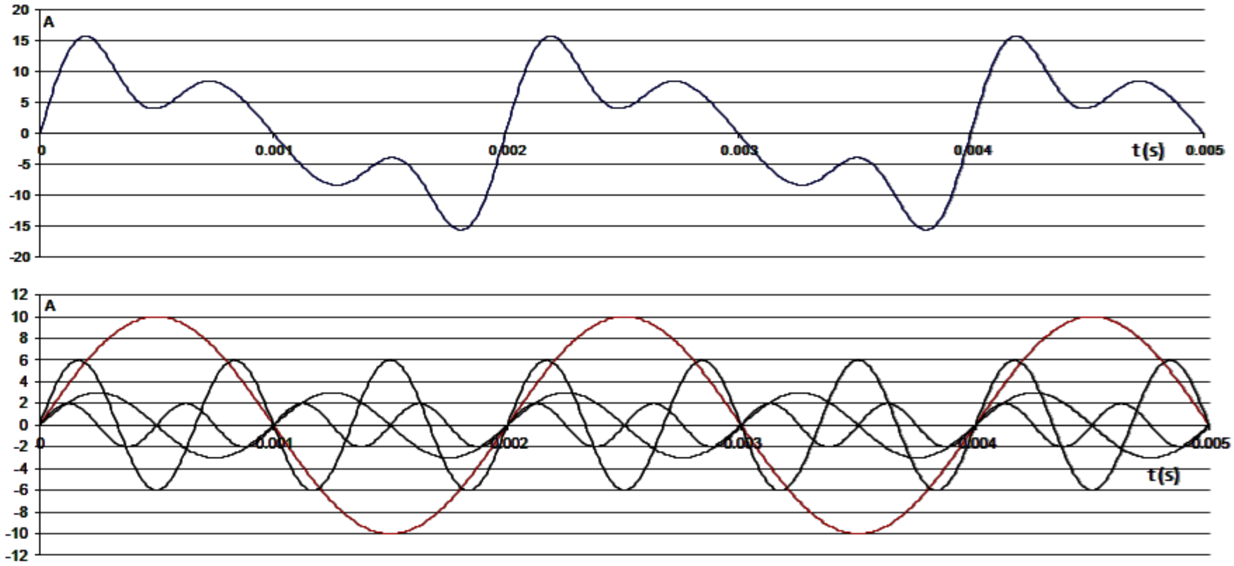
- Un son complexe périodique, de fréquence f peut être décomposé en une somme de sons purs sinusoïdaux appelés harmoniques dont les fréquences respectent la relation : $f_n = n . f_1$

où n est un nombre entier

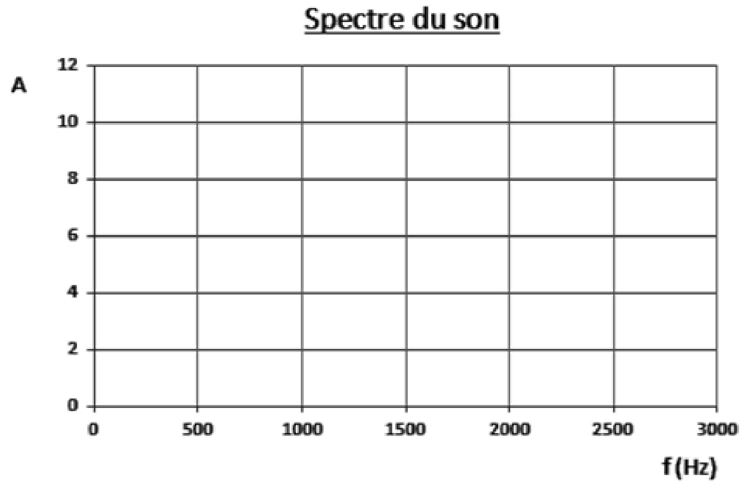
f_1 est la fréquence de l'harmonique fondamentale obtenue pour $n = 1$

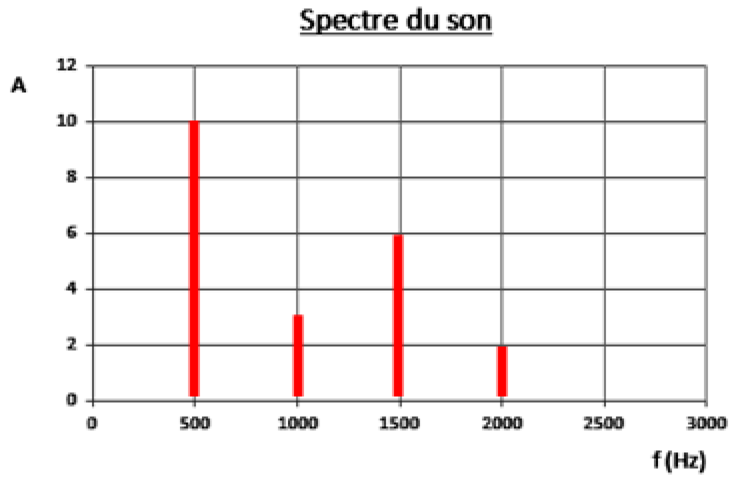
La fréquence du son complexe est la même que celle de l'harmonique fondamentale

https://meettechniek.info/additional/additive-synthesis.html



- Le spectre du son est la représentation graphique de l'amplitude de chaque harmonique :





Ce spectre est obtenu en faisant une analyse spectrale du son complexe (obtenu par analyse de Fourier du son complexe)