



## THEME

Chapitre 3 :

**Ondes sonores**



# I. Les ondes sonores

## A/ Définition

Egalement appelées ondes acoustiques, ce sont des ondes mécaniques longitudinales produites par la vibration d'un corps.

**L'être humain peut entendre les sons de fréquences comprises entre 20 et 20000 Hz.**

En dessous de 20Hz on parle d'infrasons et au dessus de 20000 Hz d'ultrasons.

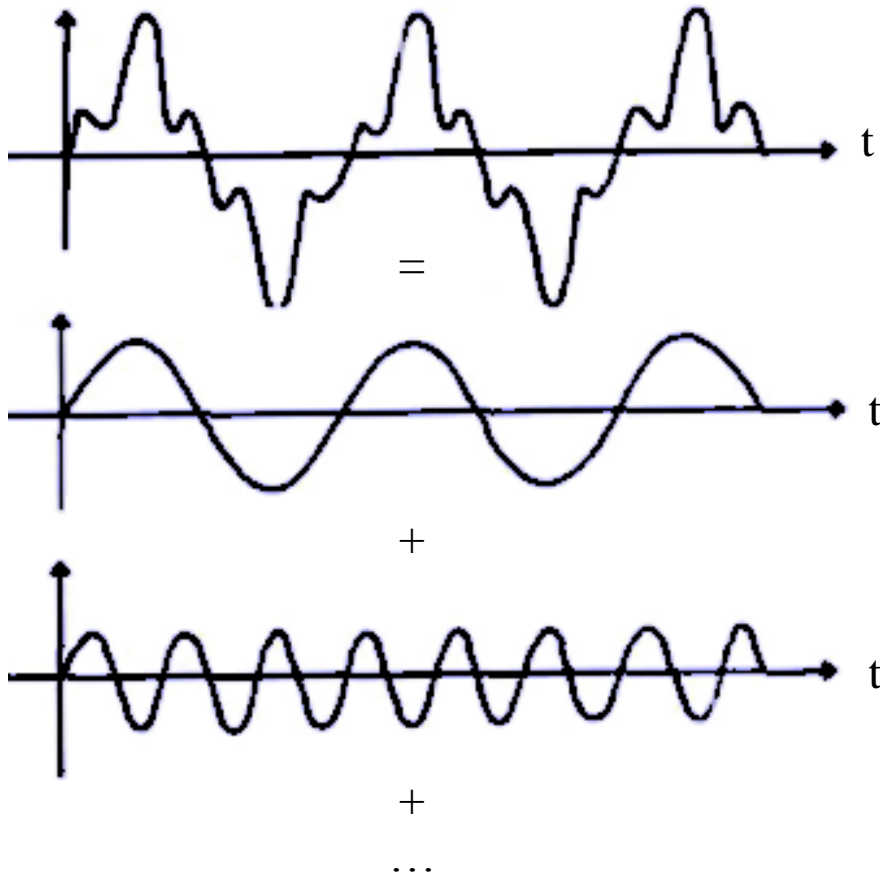
## B/ Harmoniques / Son pur

En 1822 le mathématicien Fourier montre que toute fonction périodique peut être décomposée en une somme de fonctions sinusoïdales à l'aide de « transformées de Fourier » :

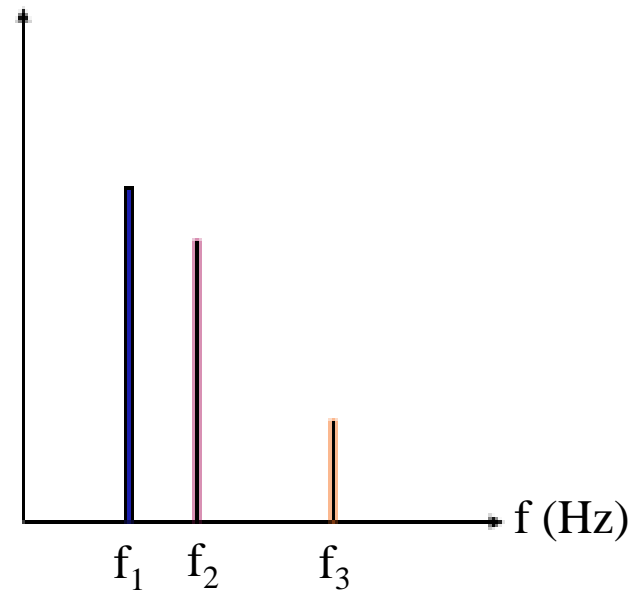


# I. Les ondes sonores

On peut ensuite obtenir les fréquences correspondant à chaque fonction :



Intensité



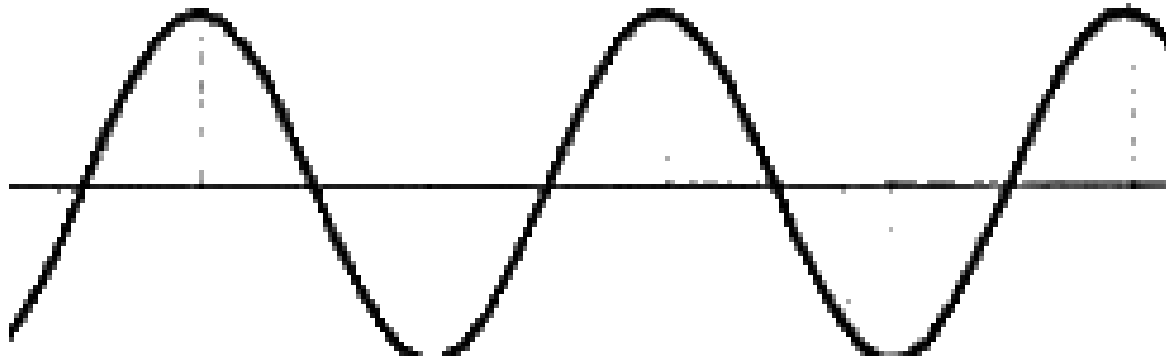


# I. Les ondes sonores

**Le premier pic à gauche est appelé fréquence fondamentale** (ou 1er harmonique). Les autres pics sont nommés deuxième, troisième, ... harmonique.

## Cas d'un son pur

Un son pur produit un spectre sinusoïdal avec un seul harmonique : le fondamental.



Les sons complexes produisent plusieurs harmoniques.



# I. Les ondes sonores

## C/ Hauteur d'un son

La fréquence de l'onde périodique correspond à la hauteur du son (valeur de la fréquence fondamentale).

**Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.**  
**Plus la fréquence est basse, plus le son est grave.**

## D/ Timbre d'un son

Le timbre d'un son est caractérisé par l'allure du signal sonore (nombre, durées des harmoniques, ...). Ainsi pour une même hauteur de son, notre oreille ne perçoit pas de la même manière une note jouée par une trompette ou un harmonica.



# I. Les ondes sonores

## E/ Intensité sonore

L'intensité sonore traduit le fait qu'un son soit perçu plus ou moins fort.

Elle est calculée grâce à la relation suivante :

$$L = 10 \times \log \frac{I}{I_0}$$

avec  $I$  l'intensité acoustique en  $\text{W.m}^{-2}$  qui correspond à la puissance par unité de surface càd :

$$I = \frac{P}{S}$$

$I_0$  le seuil d'audibilité de  $10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$  et  $L$  (pour Level) en dB (décibel)

Application : considérons 10 personnes parlant chacune à 60 dB, quel est le niveau sonore final ?



## II. Effet Doppler

### A/ Définition

L'effet Doppler peut être observé lorsque la source et le récepteur d'une onde ne sont pas immobiles l'un par rapport à l'autre.

Mise en évidence : le son produit par une ambulance n'est pas le même lorsqu'elle passe juste à côté de nous que lorsqu'elle s'éloigne.

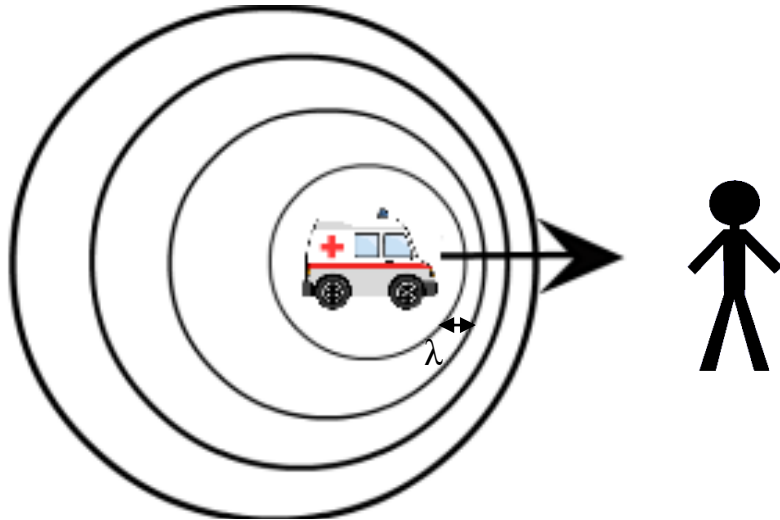
Ainsi si une source s'éloigne d'un observateur, la longueur d'onde perçue est plus grande donc la période également, la fréquence plus petite et le son plus grave.

Inversement pour une source qui se rapproche d'un observateur, la fréquence est plus grande et le son plus aigu.

L'effet Doppler correspond à un décalage entre la fréquence reçue par le récepteur et la fréquence émise par la source.

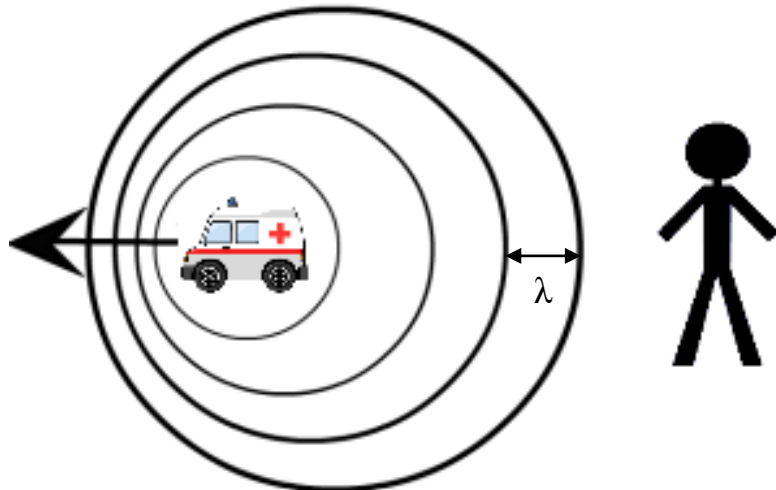


## II. Effet Doppler



$\lambda$  perçue plus petite or  $\lambda = v \times T = \frac{v}{f}$

donc T plus petite et fréquence plus élevée : le son est plus aigu.



$\lambda$  perçue plus grande or  $\lambda = v \times T = \frac{v}{f}$

donc T plus grande et fréquence plus petite : le son est plus grave.





## II. Effet Doppler

### B/ Applications de l'effet Doppler (principalement en astrophysique)

L'effet Doppler permet de calculer la vitesse des étoiles en analysant le spectre lumineux émis par celles-ci par rapport à un spectre de référence.

Un décalage vers de grandes longueurs d'ondes (càd le rouge pour le visible) est caractéristique d'une étoile qui s'éloigne de la Terre : on parle de redshift.

Un décalage vers les petites longueurs d'ondes (càd le bleu pour le visible) est caractéristique d'une étoile qui se rapproche de la Terre : on parle de blueshift.

L'effet Doppler est utilisé dans de nombreux autres domaines tels que les radars, les échographies Doppler, ...