

I-07 ONDES SONORES



Introduction

http://www.erasme.org/libre/cgi/les_effets_du_bruit/images/films/oreille-m.swf

CHOISIS QUELLE
ANIMATION TU
VEUX VOIR...



LE
FONCTIONNEMENT
DE L'OREILLE

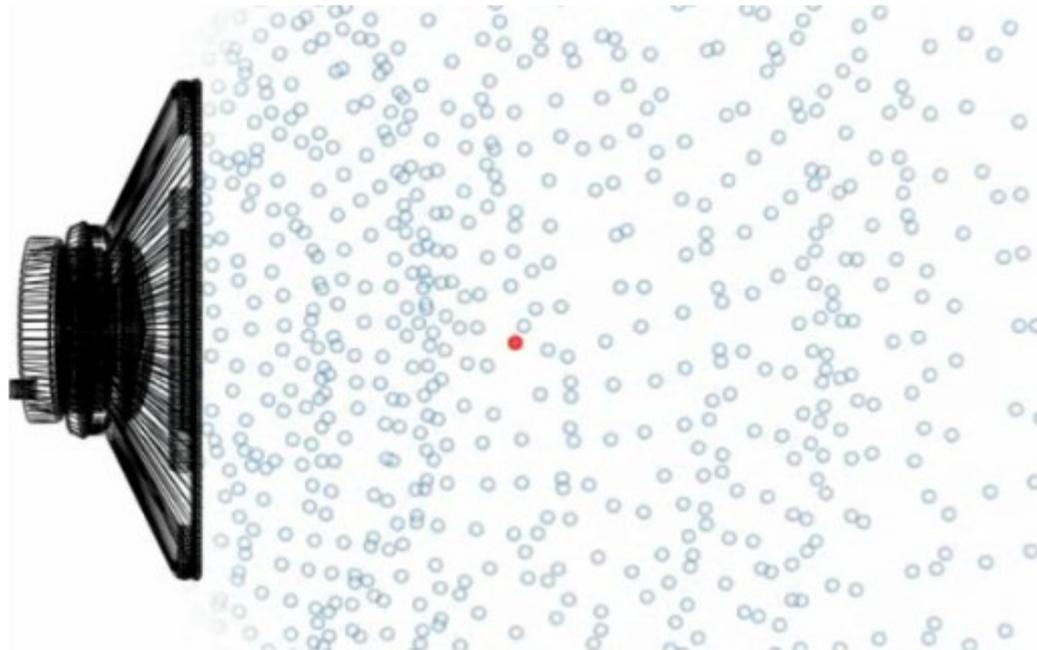


LE SON,
LE BRUIT ET
LES ONDES
SONORES



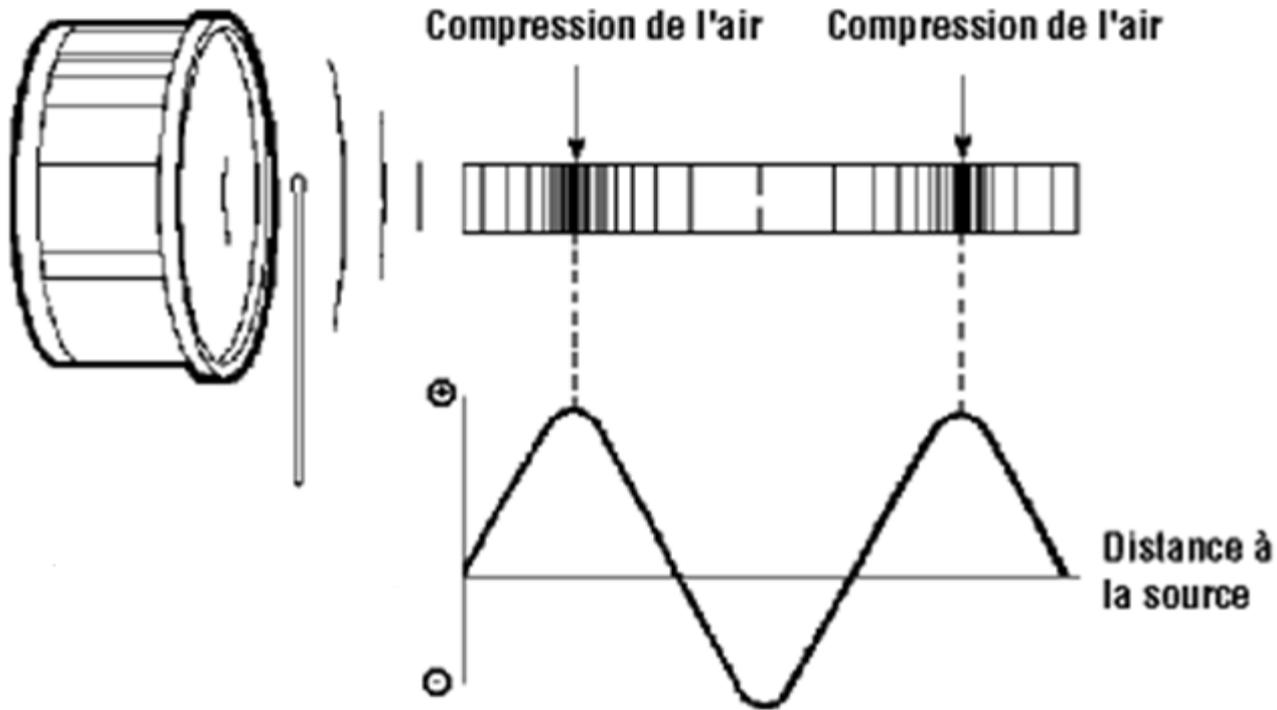
1. Nature de l'onde sonore

<http://www.edumedia-sciences.com/fr/v8-haut-parleur-l-onde-sonore>



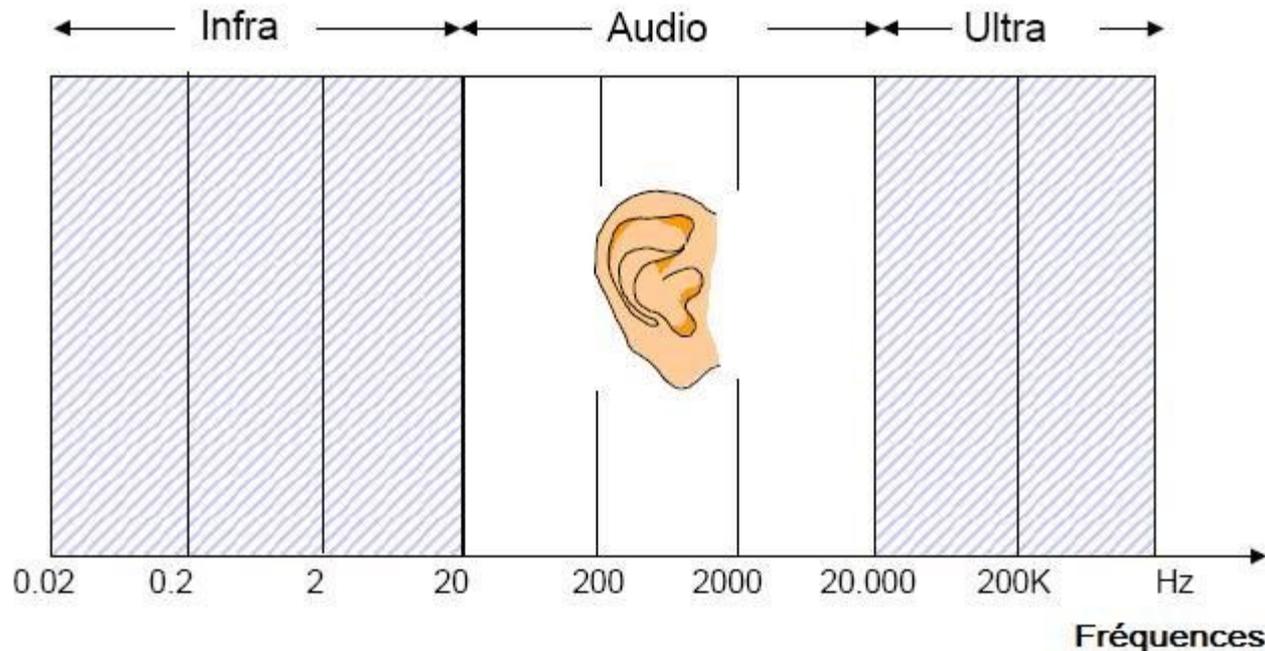
Une onde sonore est une onde mécanique correspondant à une vibration de l'air se propageant de proche en proche.

**La perturbation est une variation de pression :
compression suivi d'une dilatation du milieu.**



http://www.ostralo.net/3_animations/swf/onde_sonore_plane.swf

2. Hauteur d'un son



La **hauteur** d'un son correspond à sa **fréquence**

fréquence basse : son grave - fréquence élevée : son aigu

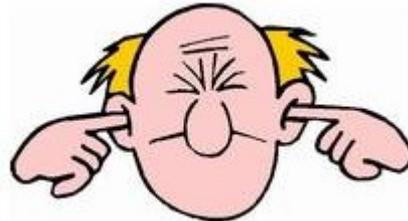
3. Intensité et niveau sonore

3.1. Intensité sonore

L'intensité sonore ou intensité acoustique, I est la puissance sonore reçue par unité de surface.

$$I = P/S$$

Elle s'exprime en watt par mètre carré $W.m^{-2}$



3.2. Niveau sonore

La relation entre intensité sonore et sensation auditive n'est pas linéaire. Il faut donc définir une autre grandeur pour quantifier la sensation sonore : le **niveau sonore**

Pour une intensité sonore I , on définit le **niveau d'intensité acoustique** ou **niveau sonore** L (*level*) :

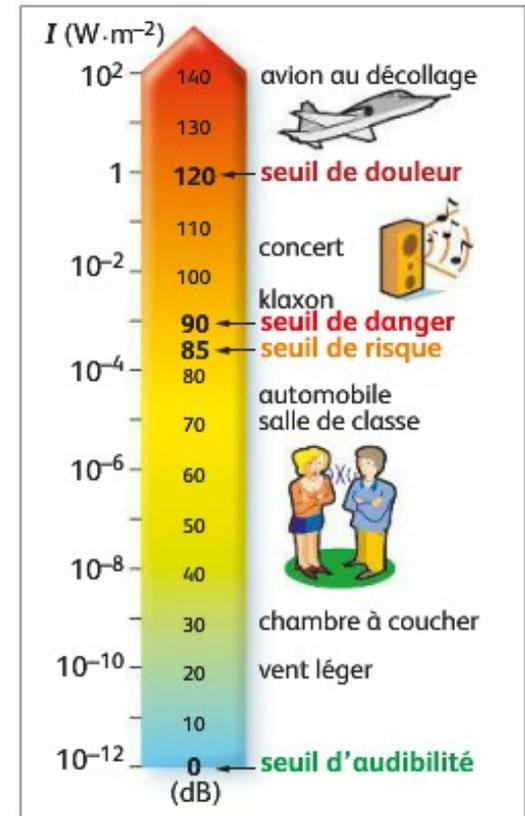
$$L = 10 \log(I/I_0)$$

et donc $I = I_0 \times 10^{L/10}$

L s'exprime en décibel acoustique : dB_A

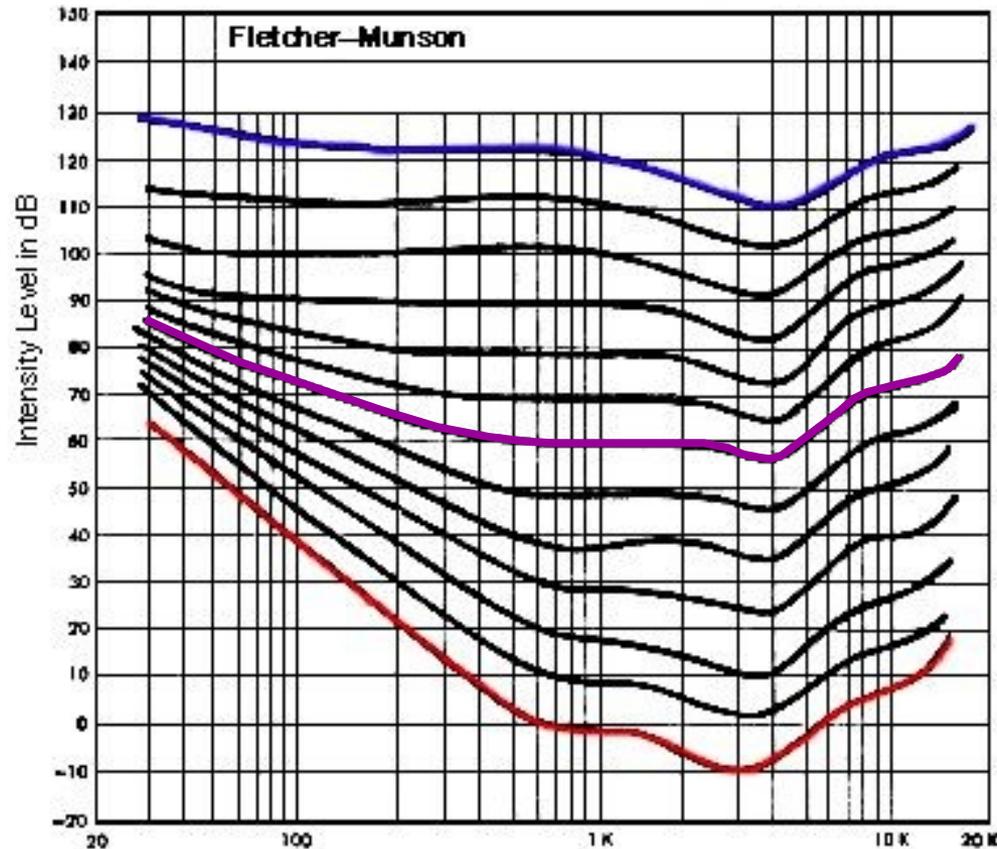
I_0 est l'intensité sonore de référence 10^{-12} Wm^{-2}

$$\Delta L = 10 \log 2 = 3 \text{ dB}_A$$



Sensibilité de l'oreille : diagramme de Fletcher-Munson

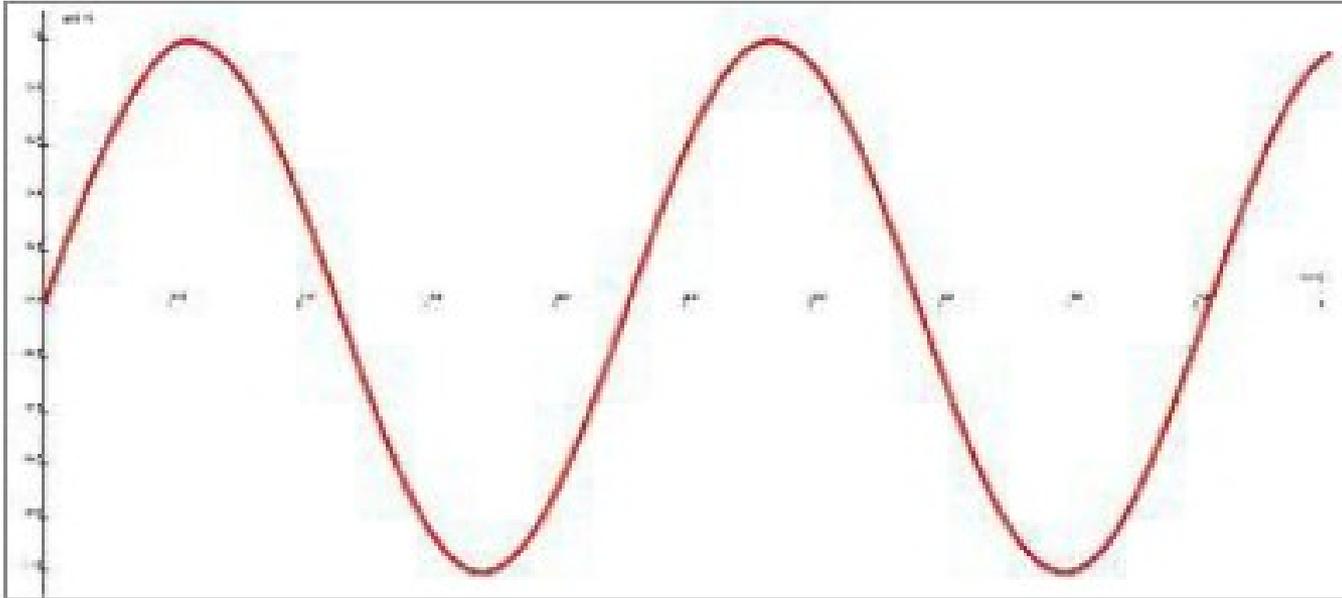
(voir ex. 21 p67)



courbe d'égalisation
sonore

Ce diagramme montre des courbes de même niveau sonore perçu par l'oreille ou courbes d'égalisation en fonction de la hauteur du son.

4. Son pur – son complexe



Un son pur est un signal sinusoïdal du type :

$$u(t) = U_{\max} \sin(2\pi f t)$$

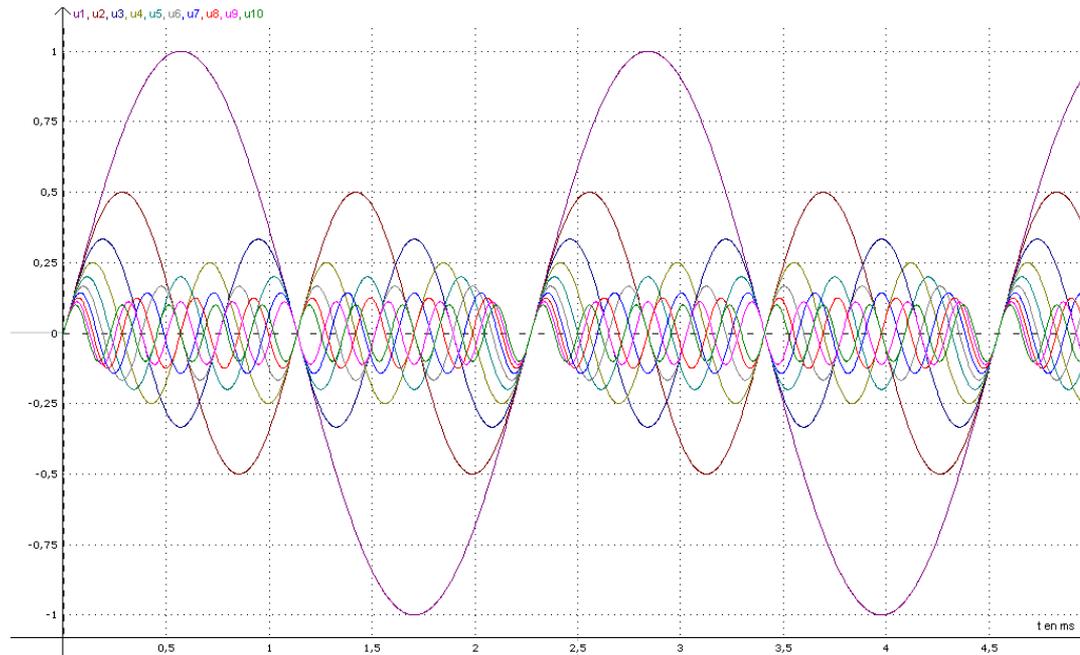
On fait la somme de sons purs du type :

$$u_n(t) = (1/n) \times \sin(2\pi \times f_n \times t) \quad \text{et} \quad f_n = n \times f_1$$

où n est un entier naturel non nul.

$$u_1(t) = 1 \times \sin(2\pi \times f \times t) ; u_2(t) = (1/2) \times \sin(2\pi \times 2f \times t) ; u_3(t) = (1/3) \times \sin(2\pi \times 3f \times t) ; \dots$$

c'est-à-dire : $u_1(t) = \sin(2\pi f t) ; u_2(t) = 0,5 \times \sin(4\pi f t) ; u_3(t) = 0,33 \times \sin(6\pi f t) ; \dots$



$$u(t) = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 + u_6 + u_7 + u_8 + u_9 + u_{10}$$

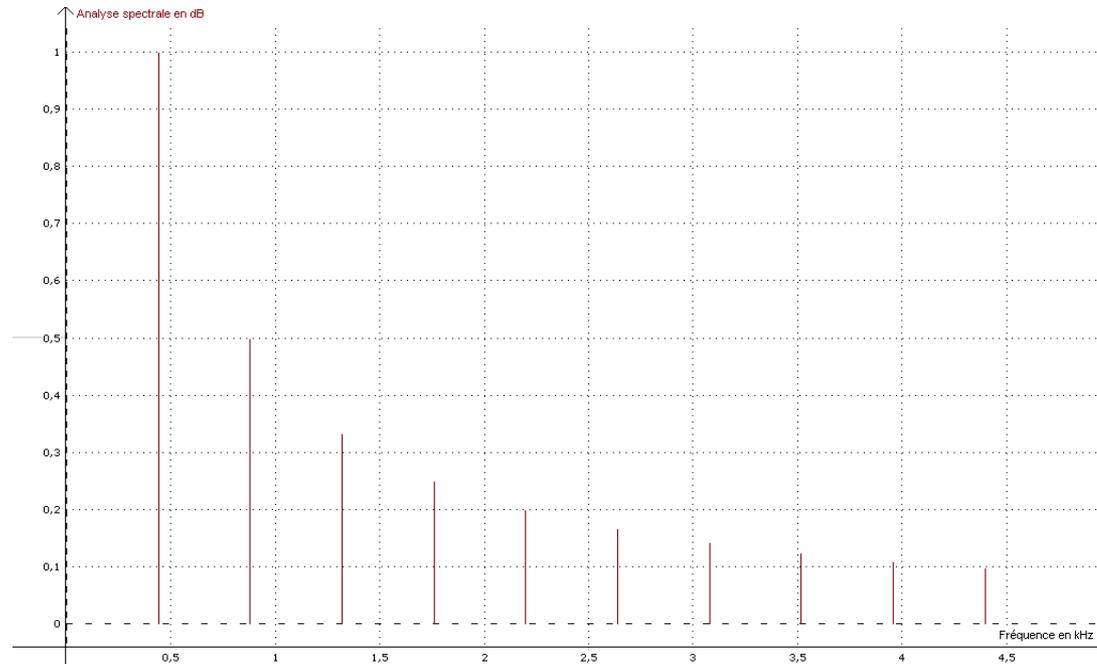


Ecoute de $u(t)$
avec [Audacity](#)

- a. Le son étudié est qualifié de son complexe car il est composé d'une somme de sons purs de fréquences différentes. Il n'est ainsi pas sinusoïdal.
- b. La fréquence de $u(t)$ est égale à celle de $u_1(t)$.
- c. Le son pur correspondant à $u_1(t)$ est appelé le fondamental.

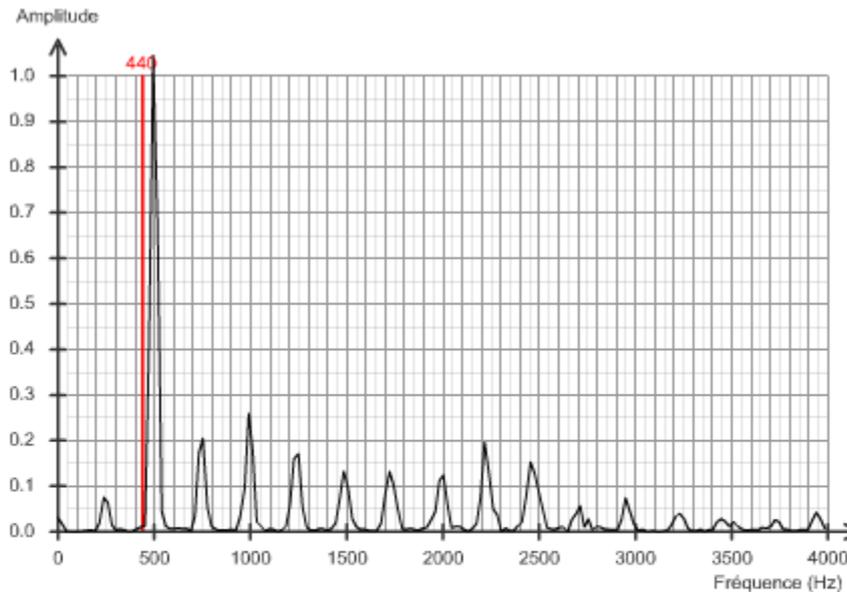
5. Timbre d'un son

Décomposition de Fourier : spectre du son $u(t)$



en ordonnée, l'amplitude ou l'amplitude relative des harmoniques qui composent ce signal ;
en abscisse, la fréquence de ces harmoniques.

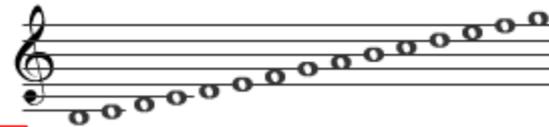
La plupart des sons produits par un instrument de musique sont complexes :



volume sonore

fréquence ; 441 Hz

violon



SOL LA SI DO RE MI FA SOL LA SI DO RE MI FA SOL

FIGER LE SPECTRE

durée

volume

G.T.
10/13

Tout son complexe peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux appelés **harmoniques** de fréquences **$f_n = nf_1$**

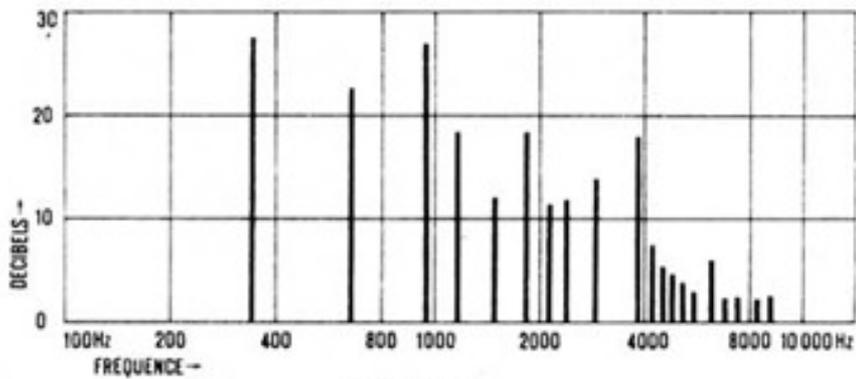
n est un entier non nul

f_n est l'harmonique de rang n (Hz)

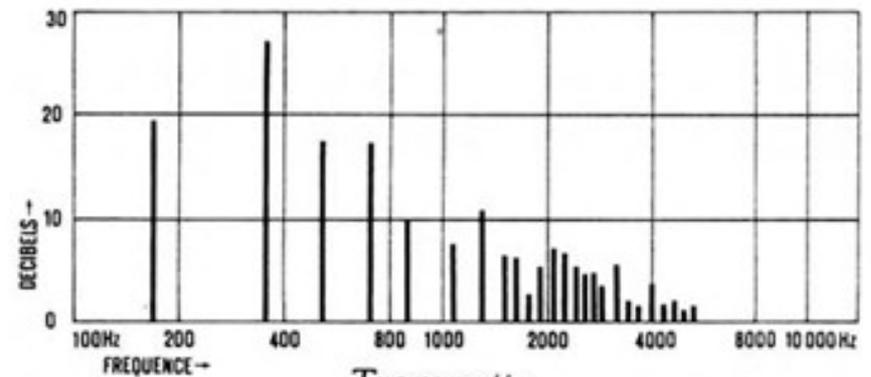
*f_1 est la fréquence du **fondamental***

La hauteur du son complexe est celle correspondant à la fréquence du fondamental.

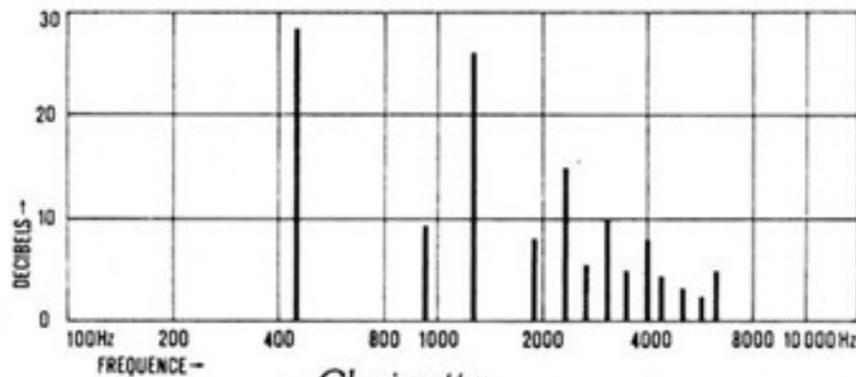
Le timbre d'un son est lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques



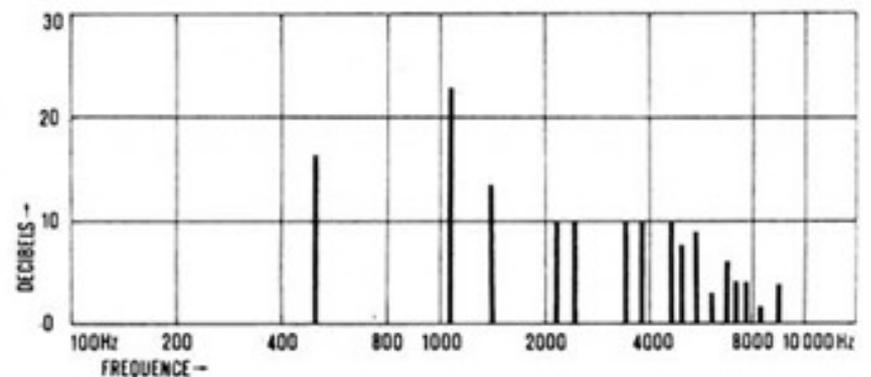
Violon



Trompette



Clarinette



Hautbois

6. Applications

Exercices pages 62...

- Pour revoir le cours
n °4* (hauteur), 5 et 10* (niveau sonore), 7 (timbre)
- Applications
n °19, 21 (diagramme de Fletcher-Munson)