

**CHAPITRE 03 : QU'EST-CE QUI DISTINGUE UN SON MUSICAL D'UN BRUIT ?  
QU'EST-CE QUI FAIT LA QUALITE MUSICALE D'UN SON ?**
**I. PEUT-ON DEFINIR LA NATURE DU SON ?**
**1. Nature complexe de la production et de l'audition d'un son**

Quant on pince une corde de guitare, la note entendue est le résultat d'une suite de phénomènes physiques :

- Mise en vibration de la corde ;
- Propagation des vibrations à travers le bois de la guitare ;
- Mise en vibration de l'air de la caisse de résonance ;
- Propagation des vibrations de l'air jusqu'à l'oreille ;
- Mise en vibration du tympan ;
- Transmission des vibrations à travers l'oreille interne ;
- Transformation du signal mécanique en signal électrique.

L'instrument de musique vibre sous l'effet d'une excitation mécanique puis transmet cette vibration à l'air environnant.

**2. Couplage d'un système mécanique vibrant avec l'air**

Pour avoir une bonne transmission entre la source du son et l'air, il faut réaliser un couplage entre la source et le milieu ambiant.

Le diapason, par exemple, n'assure le couplage que pour une bande de fréquences étroite.

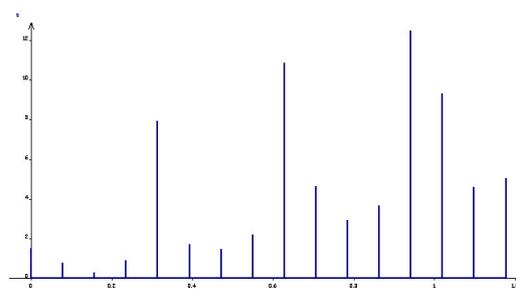
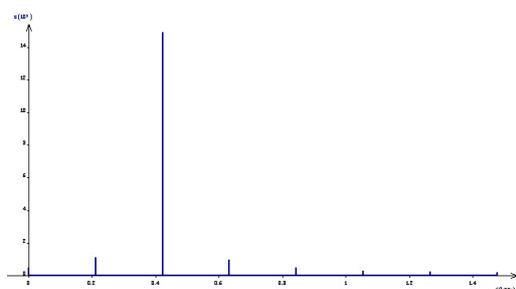
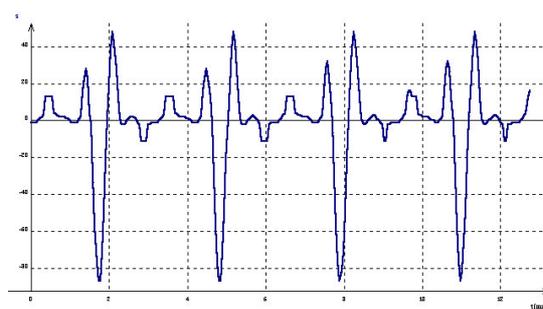
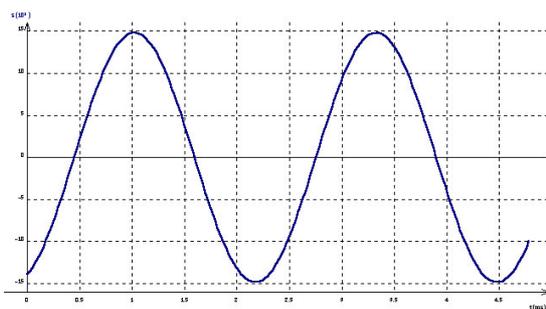
Si on frappe un premier diapason, le second placé à proximité se met à vibrer. Si on place une surcharge sur le second diapason, il ne vibre plus.

**3. Comment représenter un son ?**

Un son pur est le son donné par le diapason qui représente une sinusoïde pratiquement parfaite.

Cette même note obtenue par un instrument de musique donne une courbe périodique mais complexe.

Le son complexe résulte de la superposition de sons purs, le son fondamental et les sons de plusieurs harmoniques. La fréquence qui détermine la hauteur du son est le fondamental, les autres fréquences constituent les harmoniques.

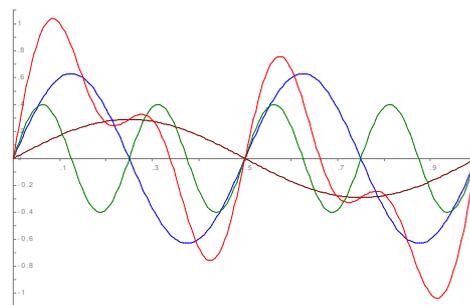


Un son « pur » et son analyse

Un son composé et son analyse

*Remarque* : réaliser une analyse de Fourier d'un son, c'est de décomposer ce son en une somme de vibrations sinusoïdales de fréquences croissantes.

La fonction périodique (courbe rouge) est la somme de trois fonctions sinusoïdales de fréquences  $f_0$ ,  $2f_0$  et  $4f_0$ .



## II. PEUT-ON DEFINIR UN NIVEAU SONORE ?

### 1. Intensité sonore

L'intensité d'un son définit la force d'un son. Elle est liée à l'amplitude de la vibration sonore.

Elle est aussi liée à la puissance transmise au récepteur.

Une onde se propage dans les 3 dimensions, la puissance émise se répartit sur une surface de plus en plus grande avec la distance parcourue. L'intensité diminue donc avec la distance.

L'oreille humaine perçoit les sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20 000 Hz environ. La sensation d'intensité sonore perçue par l'oreille humaine dépend de la fréquence du son. Elle est faible vers 20 Hz et maximale vers 3 000 Hz puis diminue à nouveau ensuite.

Une surface d'aire  $S$  perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde sonore ; la puissance sonore transférée à travers la surface est  $P$ . L'intensité sonore  $I$  est la puissance de la vibration sonore reçue par unité de surface :

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

### 2. Niveau sonore

La sensation physiologique d'un son d'intensité  $I$ , est traduite par le niveau sonore  $L$  exprimé en décibel (dB) :

$L = 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{I}{I_0} \right)$  avec  $I$  intensité sonore de la vibration et  $I_0$  intensité sonore de référence. Comme  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$  est l'intensité sonore de référence.

L'intensité  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$  constitue le seuil d'audibilité de l'oreille humaine à 1000 Hz

On mesure le niveau sonore avec un sonomètre.

Quelques niveaux sonores : 40 dB : conversation ; 90 dB : discothèque ; 120 dB : marteau piqueur à 1 m.

*Exercice*: On double l'intensité  $I' = 2I$

On a:  $L' = 10 \log(I'/I_0) = 10 \log(2I/I_0) = 10 \log(I/I_0) + 10 \log 2 = L + 10 \log 2 \approx L + 3$ .

Le niveau sonore augmente de 3 dB si on double l'intensité sonore.

### 3. Peut-on définir la hauteur et le timbre d'un son ?

#### a. Hauteur

La hauteur d'un son dépend de sa fréquence. Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu, plus elle est faible, plus il est grave.

La vibration sonore émise par un instrument de musique est la superposition des ondes sonores du mode fondamental et des harmoniques. La fréquence de la vibration est égale à celle du mode fondamental.

La hauteur d'un son est mesurée par la fréquence du fondamental.

Des instruments jouant des notes de même hauteur sont à l'unisson.

#### b. Timbre

Un timbre d'un son est caractérisé par l'allure de la courbe représentant l'onde en fonction du temps.

Le timbre d'un son dû à un instrument dépend de l'instrument mais aussi du musicien exécutant ; la réponse de l'instrument dépend de la façon dont il est excité. Des sons de même hauteur émis par deux instruments différents ont un timbre différent qui permet de les distinguer. Il dépend de sa composition en harmoniques.

*Exemple :* Considérons un fondamental (harmonique 1) et les harmoniques 2, 3 et 4, si un marteau frappe au milieu de la corde d'un piano, le fondamental et l'harmonique 3 sont excités, pas les harmoniques 2 et 4.

Un diapason émet une vibration sinusoïdale sans harmoniques, c' est un son pur.

Une vibration sonore associée à une note a une amplitude qui varie au cours du temps.

L' enveloppe est la courbe reliant les maxima des amplitudes du son au cours du temps.

On distingue 3 phases pour l' enveloppe :

- l' attaque : montée en amplitude au début de l' émission.
- le corps : phase où l' amplitude varie peu.
- l' extinction: phase où l' amplitude décroît rapidement à la fin de l' émission.

L' attaque et l' extinction sont les transitoires, ils jouent un grand rôle dans le timbre d' un instrument

#### 4. Peut-on définir une gamme tempérée ?

Un intervalle musical est le rapport entre les fréquences de 2 notes.

Un son de fréquence fondamentale  $2f_0$  a des harmoniques de fréquences  $4f_0, 6f_0, \dots$  doubles du son de fréquence  $f_0$ . Ce son a un timbre très semblable à celui de fréquence  $f_0$ , on entend presque la même note. En musique, ces 2 sons ont le même nom, l' intervalle qui les sépare est une octave.

En musique, les notes sont rangées par fréquence croissante dans l' intervalle d' une octave.

La gamme tempérée est composée de 12 intervalles égaux appelés demi-tons sur une octave.

Gamme tempérée : do, do#, ré, ré#, mi, fa, fa#, sol, sol#, la, la#, si.

L' intervalle d' une octave vaut 2. ( $f_2/f_0 = 2$ )

Soit  $x$  l' intervalle entre 2 demi-tons.  $f_1/f_0 = x$ ,  $f_n/f_{n-1} = x$ ,  $f_{11}/f_0 = x^{12}$ ,  $f_{11} = 2f_0$  alors  $x^{12} = 2$

L' intervalle entre 2 demi-tons vaut  $\sqrt[12]{2}$  ou  $2^{1/12}$ .