

Les ondes sonores

Thème du programme : Ondes et matière

Connaitre la relation entre niveau d'intensité sonore et l'intensité sonore.

Notion de hauteur et timbre d'un son.

Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.

I. Intensité et niveau sonore

Une onde sonore est une perturbation mécanique (onde de compression-dilatation du milieu) qui se propage dans un milieu matériel. Il s'agit d'une onde longitudinale.

L'oreille humaine perçoit des ondes sonores dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Les ondes sonores de fréquences inférieures à 20 Hz sont appelées **infrasons** ; celles de fréquences supérieures à 20 kHz sont appelées **ultrasons**.

Nous percevons les sons de manière plus ou moins intense.

L'intensité sonore I caractérise l'intensité du signal reçu par l'oreille. Elle s'exprime en W.m^{-2} .

L'oreille humaine perçoit des signaux sonores dont l'intensité est comprise entre une valeur minimale $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ (seuil d'audibilité) et une valeur maximale égale à 25 W.m^{-2} (seuil de douleur).

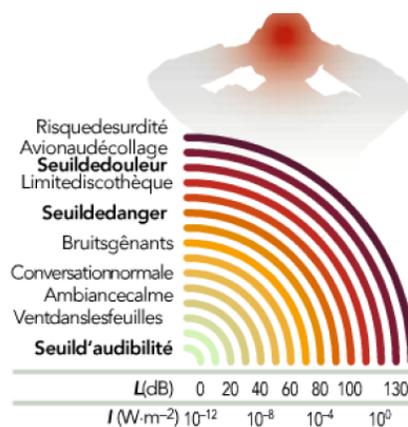
L'**intensité sonore** I correspond à la puissance P du transfert d'énergie de l'onde par unité de surface.

$$I = \frac{P}{S} \quad \left| \begin{array}{l} I \text{ Intensité sonore en } \text{W.m}^{-2} \\ P \text{ Puissance en } \text{W} \\ S \text{ Surface en } \text{m}^2 \end{array} \right.$$

On a créé une autre grandeur, le **niveau d'intensité sonore**, plus aisée à exploiter que l'intensité sonore. Il est noté L (comme level, « niveau » en anglais) :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \left| \begin{array}{l} L \text{ Niveau d'intensité sonore en dB} \\ I \text{ Intensité sonore en } \text{W.m}^{-2} \\ I_0 \text{ Intensité sonore de référence} \end{array} \right.$$

Son échelle est graduée de 0 à 140 dB environ, alors que l'intensité sonore est graduée de 10^{-12} à 10^2 W.m^{-2} .



► Brancher un HP sur un GBF, mesurer le niveau d'intensité sonore grâce à un sonomètre. Calculer l'intensité sonore correspondante.

► Brancher un deuxième HP sur le même GBF avec les mêmes réglages. Evaluer la perception auditive. Relever le niveau d'intensité sonore grâce au sonomètre. Calculer l'intensité sonore correspondante.

Lorsque plusieurs instruments de musique jouent ensemble, lors d'un concert par exemple, les intensités sonores dues à chaque instrument s'ajoutent, mais pas les niveaux d'intensité sonore.

Exercices : 5 et 6 p 63, 21 p 67.

II. Spectre d'un son

On peut décomposer un son comme on décompose la lumière et ainsi obtenir un spectre.

Un son se différencie d'un bruit :

- Un son émis par un diapason est une vibration sinusoïdale, il est dit **pur**.
- Un instrument de musique jouant une note émet un son qui n'est pas pur mais qui présente un caractère périodique, il est dit **complexe**.
- Un bruit ne présente aucun caractère périodique.

En 1822, le mathématicien français Joseph FOURIER a montré que tout signal périodique de fréquence f_S peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences f_n multiples d'une fréquence f_1 dite **fondamentale**. Ces signaux sinusoïdaux sont appelés **harmoniques**.

$$f_n = n f_1 \quad \left| \begin{array}{l} f_n \text{ Fréquence de l'harmonique de rang } n \\ n \text{ Entier non nul} \\ f_1 \text{ Fréquence du fondamental} \end{array} \right.$$

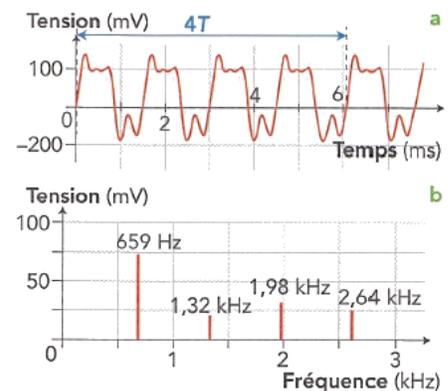
L'analyse spectrale d'un son permet d'en obtenir le spectre en fréquences, une représentation graphique de l'amplitude de ses composantes sinusoïdales en fonction de la fréquence.

L'opération mathématique s'appelle la transformée de Fourier.

Pour un signal temporel donné ($u(t)$, tension enregistrée avec un micro), la transformée de Fourier donne le spectre du son, ensemble de pics représentant fondamental et harmoniques.

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

Le spectre en fréquences du son (mi_4) d'une guitare montre plusieurs pics de fréquences : à 659 Hz, à 1,32 kHz, à 1,98 kHz et à 2,64 kHz. Ces fréquences sont celles des harmoniques, la fréquence la plus faible, f_1 , étant celle du fondamental



La hauteur d'un son est caractérisée par la fréquence de l'onde sonore, c'est-à-dire la fréquence du fondamental.

http://www.spc.ac-aix-marseille.fr/phy_chi/Menu/Activites_pedagogiques/animations_flash/clavier.p.swf

En musique, la hauteur d'un son permet de définir la sensation d'aigu ou grave. Le La_3 sert de référence de hauteur (diapason), sa fréquence est 440 Hz.

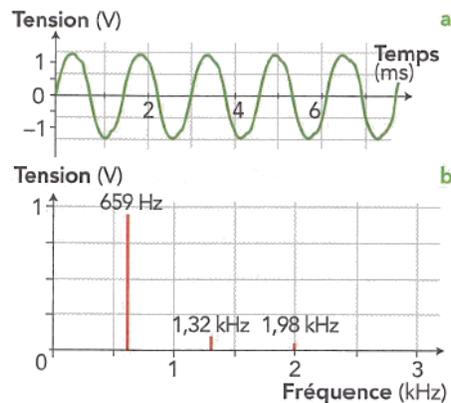
Plus la fréquence d'un son est faible, plus le son est grave (ou bas); plus elle est élevée, plus le son est aigu (ou haut). Si les fréquences de deux sons musicaux sont différentes, alors ils sont perçus à des hauteurs différentes.

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/analyseur.html

Deux sons de même hauteur émis par deux instruments différents ne sont pas perçus de la même manière, car les harmoniques sont différentes. On dit que ces sons ont des timbres différents.

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

Le mi_4 d'une flûte (comparé au mi_4 d'une guitare précédemment).



Exercices : 12 p 63, 16 p 65, 19 p 66.