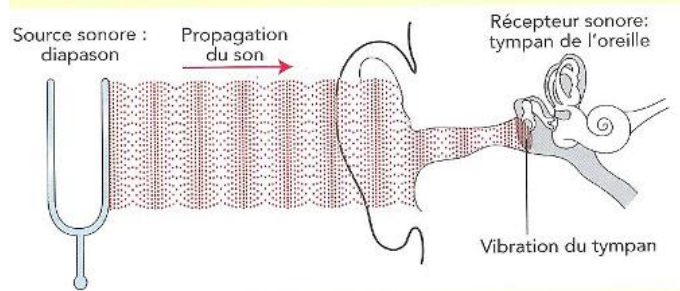


I. Propriétés des ondes sonores (ou ondes acoustiques)

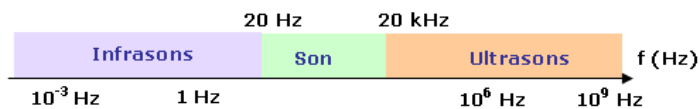
1. Définition :

Une onde acoustique est une perturbation mécanique (onde de compression-dilatation longitudinale) qui se propage dans un milieu matériel.



<https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/797-haut-parleur-londe-sonore>

L'être humain peut entendre des sons dont les fréquences s'étalent de 20Hz à 20kHz environ.



2. Hauteur d'un son

La hauteur d'un son est la fréquence f de l'onde périodique considérée. Une onde sonore est d'autant plus aigüe que sa fréquence est grande.

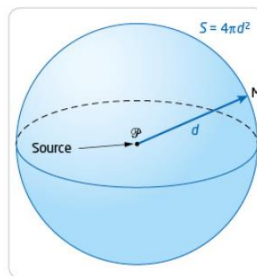
3. Intensité et niveau sonore

Une onde sonore émet un son avec une certaine puissance acoustique, exprimée en watts

L'intensité acoustique est la puissance reçue par unité de surface (en $W \cdot m^{-2}$).

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

avec P : puissance en Watt
 S : surface en m^2



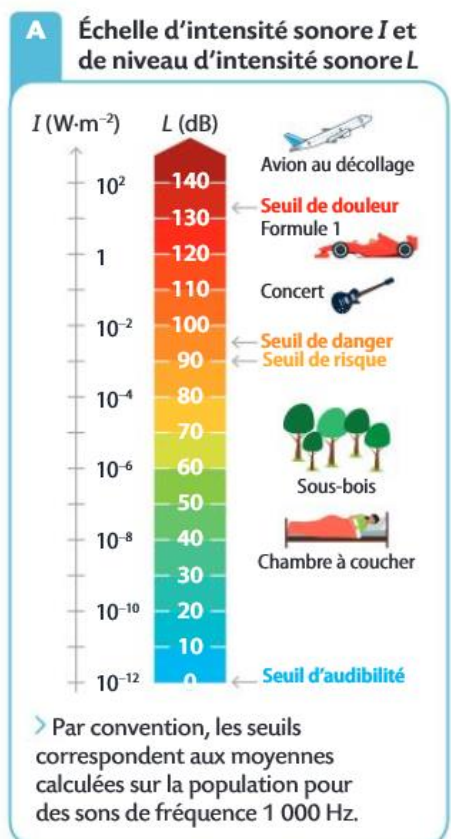
Le niveau sonore L (Level en Anglais) est relié à l'intensité acoustique I par l'expression:

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

avec $I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2}$ qui correspond au seuil d'audibilité
 L est exprimé en dB (décibels).

Il se mesure à l'aide d'un sonomètre.

Remarque : Le niveau sonore augmente de 3 dB si l'intensité sonore est multipliée par deux.



4. Atténuation géométrique.

L'intensité sonore est égale à la puissance de l'onde par unité de surface. Lorsqu'une onde se propage à partir d'une source ponctuelle, l'énergie transportée par l'onde se répartit sur une surface de plus en plus grande. L'intensité sonore et le niveau d'intensité sonore diminuent donc.

L'atténuation géométrique A , en décibel (dB), est la diminution du niveau d'intensité sonore L lorsque la distance à la source sonore augmente :

$$A = L_{\text{proche}} - L_{\text{éloigné}}$$

5. Atténuation par absorption.

Lorsqu'une onde sonore rencontre un obstacle, elle peut être transmise, réfléchi ou absorbée.

L'atténuation par absorption A , en décibel (dB), évalue l'efficacité d'un matériau à lutter contre la transmission de bruit :

$$A = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}}$$

II. L'effet Doppler

[https://www.sciences.univ-](https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/doppler_explication.php)

[nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/doppler_explication.php](https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/doppler_explication.php)

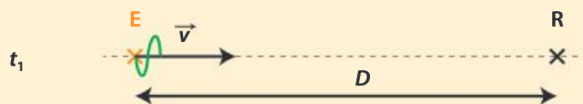
1. Définition de l'effet Doppler :

L'effet Doppler correspond à un décalage $\Delta f = f_R - f$ non nul entre la fréquence f_R du signal reçu par un récepteur R, et la fréquence f du signal émis par la source S, lorsque R et S sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.

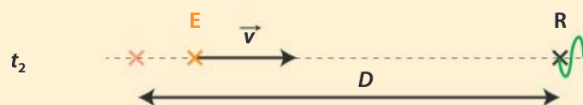
2. Expression du décalage doppler.

Considérons un émetteur d'ondes sonores E, qui se rapproche d'un récepteur fixe R avec une vitesse de valeur v . E émet avec une période T_E une succession de signaux qui se propagent à la célérité $v_{\text{onde}} > v$.

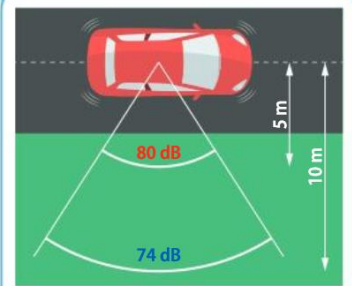
- À une date $t_1 = 0$ s, un signal est émis par E, alors que la distance entre E et R est égale à D .



- Ce signal émis à la date t_1 est reçu par R à la date $t_2 = \frac{D}{v_{\text{onde}}}$.

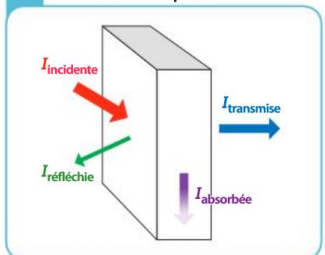


C Atténuation géométrique

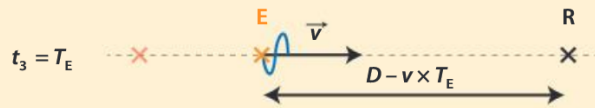


➤ Quand la distance à la source est multipliée par 2, l'onde se répartit sur une surface $2^2 = 4$ fois plus grande. Alors, le niveau d'intensité sonore diminue de 6 dB.

D Interactions entre une onde sonore et une paroi



- À la date $t_3 = T_E$, donc 1 période après la première émission, un autre signal est émis, alors que l'émetteur E se trouve à une distance $D - v \times T_E$ de R.



- Ce signal émis à la date t_3 est reçu par R à la date $t_4 = T_E + \frac{D - v \times T_E}{v_{\text{onde}}}$.



Les signaux émis par E avec une période $T_E = t_3 - t_1$ sont reçus par R avec une période $T_R = t_4 - t_2$.

$$\text{Donc } T_R = T_E + \frac{D - v \times T_E}{v_{\text{onde}}} - \frac{D}{v_{\text{onde}}} = T_E - \frac{v \times T_E}{v_{\text{onde}}} = T_E \times \left(1 - \frac{v}{v_{\text{onde}}}\right).$$

$$\text{Comme } f = \frac{1}{T}, \text{ cela conduit à } f_R = f_E \times \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v}.$$

Quand un émetteur se rapproche d'un récepteur fixe, le décalage Doppler $\Delta f = f_R - f_E$ est donc : $\Delta f = f_E \times \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v} - f_E = f_E \times \frac{v}{v_{\text{onde}} - v}$.

L'expression du décalage Doppler peut être simplifiée si la valeur de la vitesse de déplacement est très inférieure à celle de propagation de l'onde.

Pour un rapprochement :

$$\Delta f = f_E \times \frac{v}{v_{\text{onde}} - v} \approx f_E \times \frac{v}{v_{\text{onde}}} > 0$$

Pour un éloignement :

$$\Delta f = -f_E \times \frac{v}{v_{\text{onde}} + v} \approx -f_E \times \frac{v}{v_{\text{onde}}} < 0$$

3. Application en astronomie : effet doppler-Fizeau

L'effet Doppler permet de calculer la valeur de la vitesse radiale d'une étoile en comparant les longueurs d'onde de son spectre d'absorption à celles d'un spectre de référence.

Une augmentation de la fréquence déplace le spectre vers le bleu.

Une diminution de la fréquence déplace le spectre vers le rouge.

