



La lumière est un « rayonnement électromagnétique » qui peut être modélisé par une **onde électromagnétique (OEM)**. **Les sons** quant à eux peuvent être modélisés par une **onde mécanique**.

Le terme « électromagnétique » est utilisé pour décrire que ce sont un champ électrique et un champ magnétique perpendiculaires entre eux qui se propagent. Le terme « mécanique » est utilisé pour décrire que c'est la variation de la pression qui se propage.

► Ces deux types d'ondes sont caractérisés par les mêmes grandeurs physiques :

- **leur fréquence**, dont le symbole est « f » pour les ondes sonores et « ν » (lettre grecque « nu ») pour les OEM, et qui s'exprime en **Hertz** (symbole : Hz).
- **leur longueur d'onde**, dont le symbole est « λ » (lettre grecque « Lambda) et qui s'exprime en **mètre**.

Les sons audibles par l'homme ont des fréquences comprises entre **20 Hz et 20 kHz** ; plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

Les sons de fréquence inférieure à 20 Hz, appelés « infrasons », et ceux de fréquence supérieure à 20 kHz, appelés « ultrasons » ne sont donc pas perçus par les hommes.



Les radiations qui composent la **lumière visible** ont des longueurs d'onde comprises entre **400 et 800 nanomètres**.

Les rayonnements de longueur d'onde immédiatement supérieure à 800 nm sont appelés « infrarouge » et ceux de longueur d'onde immédiatement inférieure à 400 nm sont appelés « ultraviolet ».



• Vitesse de propagation

On emploie le plus souvent la lettre « **c** » (abréviation de « **célérité** ») pour représenter les vitesses.

Dans l'air : - pour les ondes électromagnétiques : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 - pour les ondes sonores : $c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Les ondes sonores ne se propagent pas dans le vide alors que les ondes électromagnétiques s'y propagent à la même vitesse que dans l'air.

*Malgré sa vitesse très élevée, la lumière **ne se propage donc pas instantanément**. Pour des objets très éloignés (étoiles, galaxies...), elle peut mettre des années, voire des milliers, des millions ou encore des milliards d'années à nous parvenir : on voit donc les objets tels qu'ils étaient au moment où ils ont émis la lumière que l'on reçoit. C'est pour cette raison que l'on emploie l'expression : « **voir loin, c'est voir dans le passé** ».*

- La vitesse de propagation du son est donc environ un million de fois plus faible que celle de la lumière : c'est pour cette raison qu'au cours d'un orage on voit l'éclair bien avant d'entendre le tonnerre (bruit accompagnant l'éclair).



La vitesse de propagation des ondes est le rapport entre la distance d parcourue et la durée Δt de parcours :

$$c = \frac{d}{\Delta t}$$

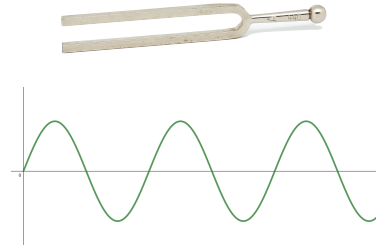
Par transformation de cette relation on obtient celles permettant de calculer la durée de parcours et la distance parcourue :

$$\Delta t = \frac{d}{c} \qquad d = c \times \Delta t$$

• Période T des sons

Pour produire un son qui va se propager dans l'air, il faut faire **vibrer les molécules** autour de leur position d'équilibre. Cette vibration peut être produite par des instruments de musique ou les cordes vocales.

Certains instruments, tels que le diapason, vont produire un signal sonore appelé « **sinusoïdal** » car sa représentation graphique est la même que celle de la fonction mathématique « sinus ».

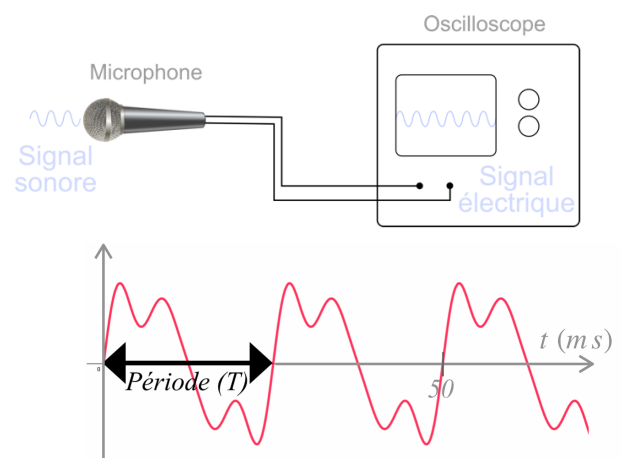


Un signal sonore sinusoïdal peut également être produit par la vibration de la membrane d'un haut-parleur relié à un GBF (Générateur Basses Fréquences).

- Un tel signal est dit **périodique** car son motif se répète régulièrement. Il est alors caractérisé par sa **période** qui a pour symbole « T » et qui s'exprime le plus souvent en milliseconde dans le cas des sons.

Pour visualiser un signal sonore on peut utiliser un microphone relié à un **oscilloscope**, ou à un **ordinateur** utilisant un logiciel de traitement des sons. Le **temps** est alors affiché sur l'axe des **abscisses** (axe horizontal).

Pour déterminer graphiquement la période d'un signal sonore, il faudra afficher le maximum de motifs afin d'augmenter la précision de la mesure.



Pour le signal ci-dessus : $T = 25 \text{ ms}$

La fréquence est définie comme l'inverse de la période, et réciproquement :

$$f = \frac{1}{T} \qquad T = \frac{1}{f}$$

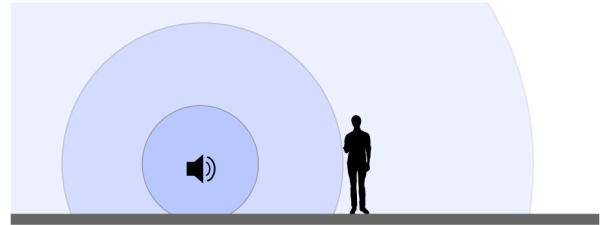
- Pour que la fréquence f s'exprime en Hertz (qui est l'unité SI), il est impératif que la période T soit exprimée en seconde.

$$\text{Dans l'exemple ci dessus : } f = \frac{1}{25 \times 10^{-3} \text{ s}} = 40 \text{ Hz}$$

• Énergie sonore

Lors de sa propagation, un son va **s'atténuer** car l'énergie sonore se répartit sur une surface de plus en plus grande lorsqu'on s'éloigne de la source sonore (puisque les ondes sonores se propagent dans toutes les directions).

Mais l'**énergie sonore** diminue au cours de la propagation du son : c'est le phénomène **d'absorption** (qui dépend du milieu de propagation et de la fréquence du son).



La dissipation d'énergie s'effectue sous forme **d'énergie thermique** (chaleur).

- **L'intensité sonore** a pour symbole « I » et s'exprime en **Watt par mètre-carré** dont le symbole est « W/m^2 » ou « $W \cdot m^{-2}$ » : elle indique la puissance sonore que reçoit une surface d'un mètre-carré.

Elle ne doit pas être confondue avec le **niveau d'intensité sonore**, qui a pour symbole « L » et qui est lié à la sensibilité de l'oreille humaine et mesuré en **décibel** (symbole : « dB ») à l'aide d'un sonomètre. Une exposition de quelques secondes à un niveau d'intensité sonore **supérieur à 120 dB** peut entraîner une **surdité totale**.

*Le niveau d'intensité sonore est une grandeur plus facile à manipuler car elle suit une échelle linéaire alors que l'intensité sonore suit une **échelle logarithmique** : lorsque l'intensité sonore I est multipliée par 10 alors le niveau d'intensité sonore L augmente de 10.*

On peut prouver mathématiquement qu'un doublement de l'intensité sonore équivaut à une augmentation du niveau sonore de 3 dB.

Intensité sonore $I (W \cdot m^{-2})$	Niveau d'intensité sonore $L (dB)$
10^{-4}	80
10^{-5}	70
10^{-6}	60
10^{-7}	50
10^{-8}	40
10^{-9}	30
10^{-10}	20
10^{-11}	10
10^{-12}	0