

Les ondes

Qui serait assez téméraire pour affirmer que nous connaissons et percevons toutes les forces, toutes les ondes et tous les moyens de communications ?

Hubert Reeves

「 Nous sommes tous les jours en contact avec des ondes... Que ce soit par la vision lorsque nous percevons de la lumière, avec nos oreilles quand nous écoutons la radio ou encore en musique lorsque nous jouons d'un instrument, les ondes sont omniprésentes et apparaissent finalement comme un vecteur exceptionnel de l'information.

Une onde n'est finalement que de l'énergie en mouvement. La compréhension du phénomène ondulatoire dans des domaines tels que l'électromagnétisme ou encore la mécanique nous assure une bonne perception du monde qui nous entoure... 」



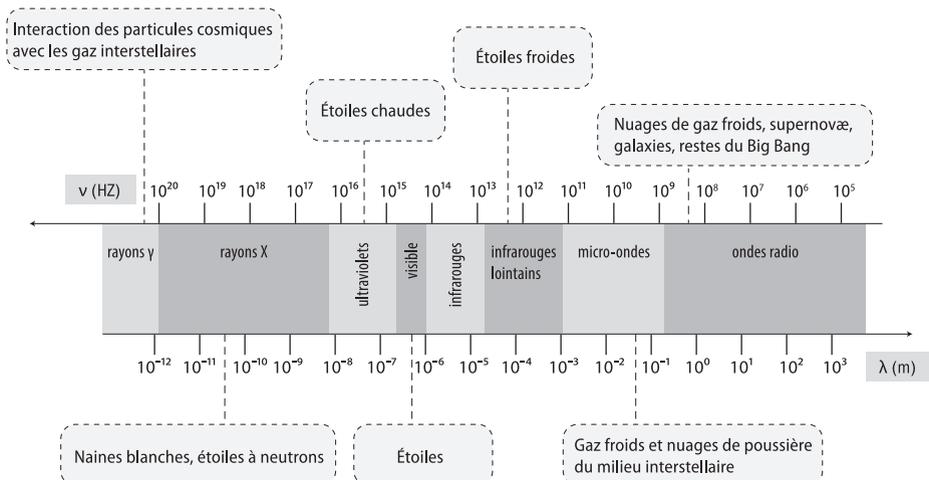
Je révise et je me perfectionne

I. Rayonnements dans l'Univers

Les rayonnements reçus par la Terre ont des origines diverses :

- Les étoiles dont le Soleil,
- Les amas de corps célestes comme les galaxies,
- Les confins de l'Univers (rayonnement fossile issu du Big Bang).

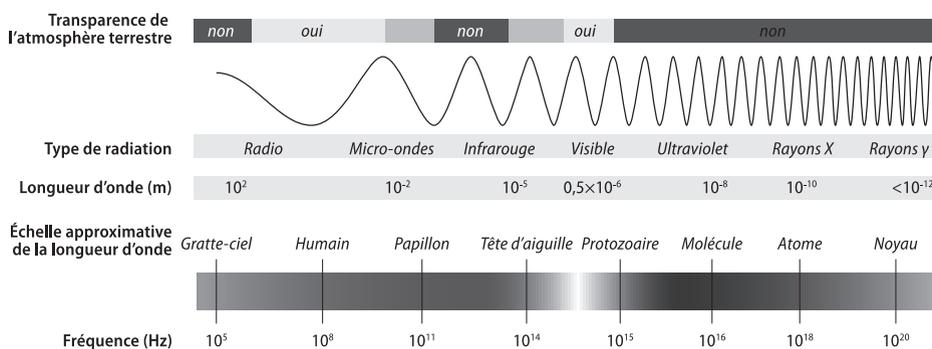
Tous les objets célestes émettent des rayonnements dans divers domaines. Il est possible d'associer à certains rayonnements des sources caractéristiques. Par exemple, du Soleil, nous proviennent des infrarouges, de la lumière visible et des ultraviolets en permanence. Lors des périodes de forte activité solaire, des rayonnements radio, des rayons X et des rayons γ peuvent également atteindre la Terre.



L'atmosphère terrestre interagit avec les rayonnements qu'elle reçoit. L'absorption des rayonnements par l'atmosphère dépend de leur nature :



- Les rayons γ , les rayons X, certains ultraviolets ne franchissent pas la haute atmosphère.
- La lumière visible et la plupart des ondes radio sont peu ou pas absorbées par l'atmosphère. Pour ces domaines de rayonnement, l'atmosphère est dite transparente. On parle ainsi de la fenêtre visible et de la fenêtre radio.



Pour s'affranchir des effets de l'atmosphère, il est nécessaire de placer les instruments de détection au-dessus de l'atmosphère terrestre. On utilise ainsi des satellites artificiels.

Remarques

- La lumière est une onde électromagnétique.
- Nous vivons en effet au quotidien dans un champ électromagnétique. On rappelle que ce champ est créé en 2 étapes :
 - Des particules chargées (protons/électrons) vont engendrer dans un premier temps, dans leur voisinage, un champ électrique.
 - Lorsque ces particules se mettent en mouvement, elles induisent alors la formation d'un champ magnétique d'où le terme de champ « électromagnétique » ! La lumière est finalement une perturbation du champ électromagnétique qui se déplace.
- C'est pour cela que la lumière peut se déplacer dans le vide (sans milieu matériel) car même dans le vide, le champ électromagnétique existe !
- Dans le vide, les perturbations du champ se déplacent à une vitesse vertigineuse : 300 000 000 m parcourus en une seule seconde...
- La lumière n'est pas seulement une onde... (cf. chapitre 2) Elle est constituée de photons, particules sans masse qui transportent de l'énergie.

2. Les ondes mécaniques

2.1. Définition

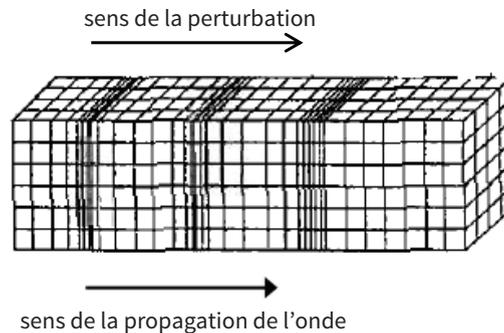
Une perturbation correspond à une modification locale et temporaire des propriétés mécaniques (vitesse, position, pression...) du milieu matériel.

Une onde mécanique progressive correspond à la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

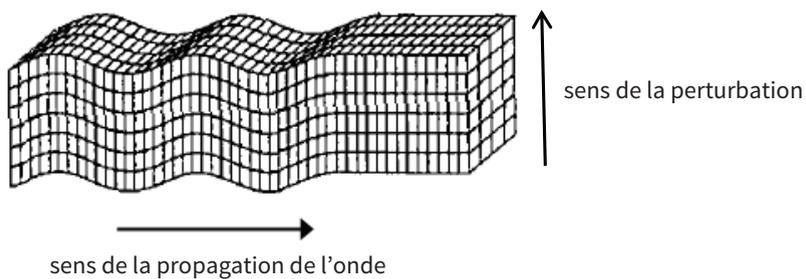
Une onde se propage dans toutes les directions qui lui sont offertes. Si le milieu permet à l'onde de se propager dans une seule direction, alors l'onde est dite à une dimension. Contrairement aux ondes électromagnétiques qui peuvent se propager dans le vide, les ondes mécaniques ont besoin d'un milieu matériel pour se propager.

2.2. Ondes longitudinales et ondes transversales

Une onde mécanique progressive est dite longitudinale quand la direction de la perturbation et la direction de propagation de l'onde sont parallèles.



Une onde mécanique progressive est dite transversale quand la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.





2.3. Célérité d'une onde

La célérité de l'onde, ou vitesse de propagation de l'onde, se détermine à l'aide de la relation : $v = \frac{d}{\tau}$ avec d en m, v en m.s^{-1} et τ en s.

La célérité d'une onde dépend du milieu de propagation de l'onde (densité, rigidité, ...) et de la nature de l'onde (longitudinale ou transversale).

Milieu	Air à température ambiante	Eau	Acier
Célérité (m.s^{-1})	340	1500	5600 à 5900

3. Les ondes mécaniques périodiques

3.1. Définition

Une onde progressive est périodique quand la perturbation se reproduit identique à elle-même à intervalles de temps réguliers.

3.2. La double périodicité

Une onde progressive sinusoïdale possède une double périodicité :

- Une périodicité temporelle appelée période T
- Une périodicité spatiale appelée longueur d'onde λ

La **période temporelle**, notée T , correspond à la plus petite durée pour que la perturbation se reproduise identique à elle-même. Elle se mesure en seconde (s).

$$T = \frac{1}{f} \text{ avec } T \text{ en seconde, } f \text{ en Hertz (Hz)}$$

La **période spatiale** appelée longueur d'onde, noté λ , correspond à la plus petite distance séparant deux points qui vibrent en phase. Elle correspond également à la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle. Elle se mesure en mètre (m).

3.3. Célérité d'une onde mécanique périodique

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f$$

v : vitesse de propagation de l'onde dans le milieu étudié (m.s^{-1})

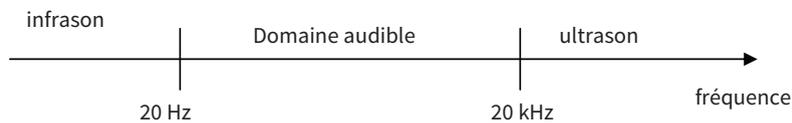
4. Les ondes sonores et ultrasonores

4.1. Définition

Une onde sonore correspond à la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel. Une onde sonore est un phénomène périodique qui se propage par une suite de compressions et de dilatations du milieu de propagation. Elle nécessite un milieu matériel et ne se propage pas dans le vide.

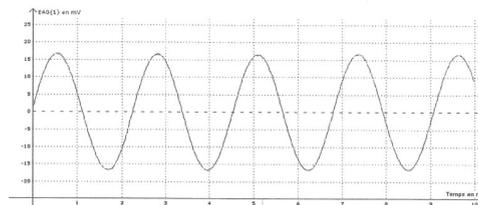


● Domaine des fréquences audibles

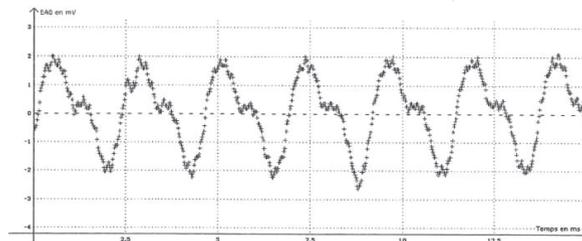


4.2. Analyse spectrale

Un son pur est un son sinusoïdal. Un son complexe est périodique mais non sinusoïdal.



Son pur

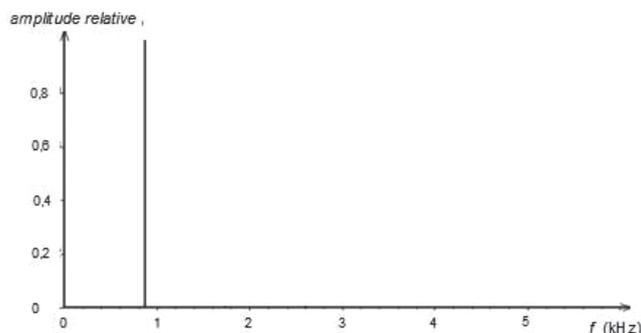


Son complexe

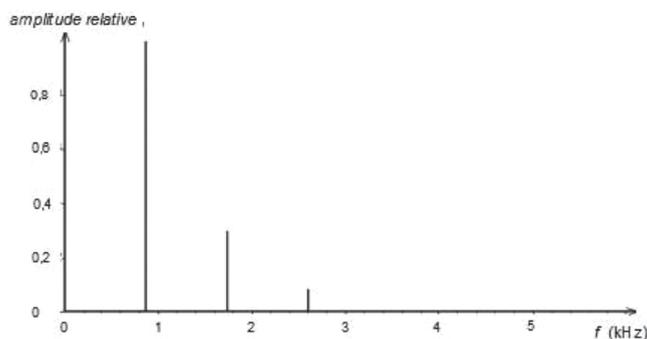


Pour comprendre la constitution d'un son complexe, on réalise une analyse spectrale. Une analyse spectrale correspond à la représentation de l'amplitude relative d'un signal en fonction de la fréquence. Cette représentation est appelée spectre en fréquence.

Le spectre en fréquence d'un son pur se traduit par un seul pic.



Le spectre en fréquence d'un son complexe est constitué de plusieurs pics. La fréquence la plus faible correspond à la fréquence du fondamental. Les autres fréquences sont appelées fréquences harmoniques, ces fréquences sont des multiples de la fréquence du fondamental : $f_n = n \times f_1$ avec $n \in \mathbb{N}^*$.



4.3. Hauteur et timbre

La hauteur et le timbre sont deux caractéristiques d'un son musical.

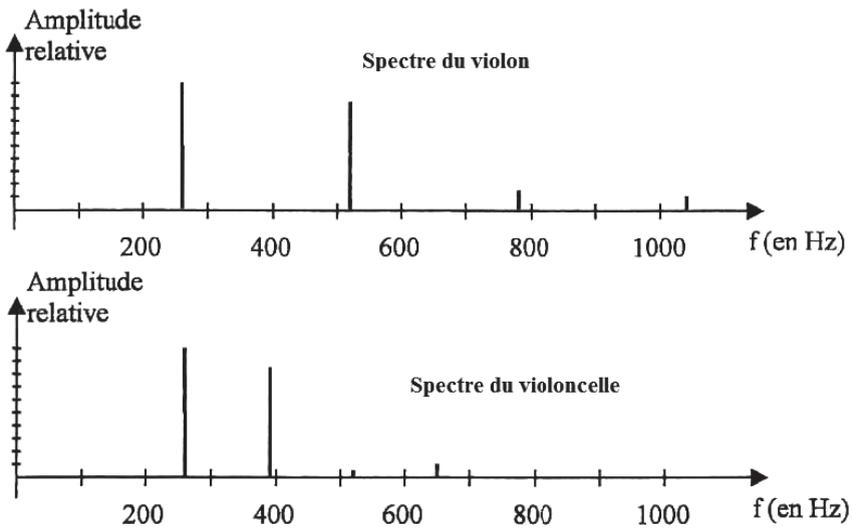
La hauteur d'un son est liée à la fréquence du fondamental. Plus la fréquence est faible, plus le son est grave (ou bas). Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu (ou haut).

Le timbre du son est lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques. Deux sons de même hauteur émis par deux instruments différents ne sont pas perçus de la même manière car les harmoniques sont différents. Ces sons ont alors des timbres différents.



Remarque

Un violoncelle et un violon qui jouent la même note (le même fondamental) n'ont pas le même timbre car le nombre et l'amplitude des harmoniques sont différents pour chaque instrument.



4.4. Niveau d'intensité sonore

Le niveau d'intensité sonore est noté L et s'exprime en décibel (dB).

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

I_0 : intensité sonore de référence en W.m^{-2} : $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$,

I : intensité sonore en W.m^{-2} ,

L : niveau d'intensité sonore (L : level en anglais) en décibel (dB).