



Fiche de synthèse n°3

Les ondes périodiques

Les paragraphes 1 à 3 de cette fiche concernent aussi bien les ondes mécaniques que les ondes électromagnétiques.

1. Périodicité temporelle, périodicité spatiale

1.1. Rappel : la périodicité temporelle

Définition de la périodicité temporelle

On dit qu'un phénomène présente une périodicité temporelle s'il existe une **durée**, notée T , au bout de laquelle il se reproduit régulièrement et identique à lui-même.

La plus petite durée T est appelée la **période temporelle** du phénomène.

Notion de fréquence

La **fréquence**, notée f , d'un phénomène périodique correspond au nombre de fois que ce phénomène se reproduit par unité de temps. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

Relation entre période et fréquence

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

- f : fréquence en Hertz (Hz)
- T : période temporelle en seconde (s)

1.2. Périodicité spatiale

Un milieu présente une périodicité spatiale si, à un instant donné, il est constitué d'un motif qui se reproduit à l'identique à intervalles de **distance** réguliers.

2. Généralités sur les ondes périodiques

2.1. La double périodicité des ondes périodiques

Si une onde progressive est créée par une perturbation temporellement périodique, alors, lorsque l'onde a eu le temps de se propager dans son milieu :

- Chaque point du milieu où l'onde se propage subit une perturbation temporellement périodique.
- À un instant donné le milieu de propagation de l'onde est perturbé de manière spatialement périodique.

Exemple des vagues à la surface de l'eau



Image 2-221-20 | Photo ©David Sanger

- un point sur l'eau monte et descend à intervalle de temps régulier : on a donc une périodicité temporelle ;
- la surface de l'eau, à un instant donné, présente des hauts et des creux à intervalles de distance réguliers : on a donc aussi une périodicité spatiale.

**À retenir :**

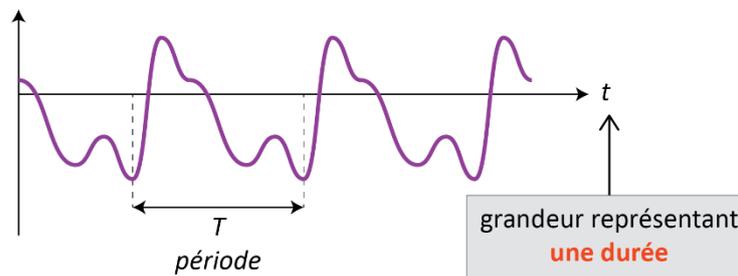
Si une onde progressive est temporellement périodique, elle est aussi spatialement périodique. Les ondes progressives périodiques présentent donc une **double périodicité**, à la fois spatiale et temporelle.

2.2. Les grandeurs qui caractérisent une onde périodique**Période et fréquence d'une onde**

La période temporelle (voir définition en 1.1) avec laquelle évolue **un point** du milieu de propagation de l'onde est la **période temporelle** ou **période T** de l'onde. Elle est identique en tout point du milieu.

De même la fréquence (voir définition en 1.1) de l'évolution d'un point du milieu de propagation est la **fréquence de l'onde**.

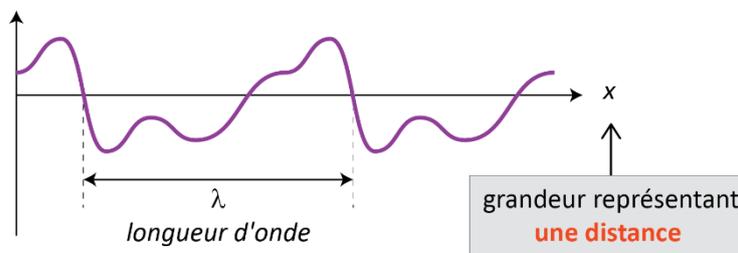
grandeur vibratoire en **un point du milieu**

**La longueur d'onde**

Lorsqu'une onde progressive périodique a eu le temps de se propager et de perturber tout son milieu de propagation, on peut définir sa longueur d'onde de la façon suivante :

À un instant donné, la plus petite **distance** au bout de laquelle la perturbation du milieu de propagation est reproduite est appelée sa **longueur d'onde λ** .

grandeur vibratoire à **un instant donné**

**Relation entre période, célérité et longueur d'onde**

La longueur d'onde λ correspond à la distance parcourue par l'onde pendant la période T , d'où la relation :

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

- λ : longueur d'onde (m) ;
- v : célérité ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- f : fréquence (Hz) ;
- T : période (s).

2.3. Cas particulier des ondes sinusoïdales

Rappel : les fonctions sinusoïdales sont un cas particulier de fonctions périodiques.

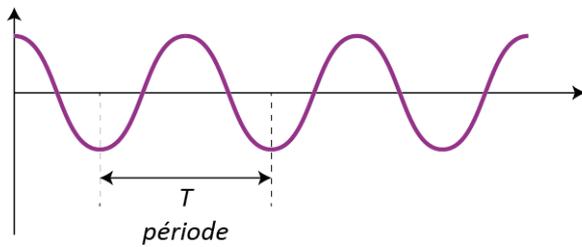
Si la source d'une onde est un oscillateur harmonique, alors l'évolution temporelle du milieu où se propage l'onde périodique est sinusoïdale. Comme l'onde est doublement périodique son évolution spatiale est aussi sinusoïdale.

On dit que l'onde est une **onde progressive sinusoïdale**. C'est un cas particulier de l'onde progressive périodique. Les

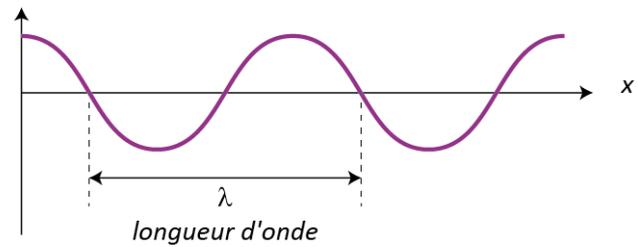


évolutions dans le temps et dans l'espace d'une grandeur vibratoire caractérisant le milieu ont donc pour allure :

grandeur vibratoire en **un point du milieu**



grandeur vibratoire **à un instant donné**



3. Cas particulier des ondes sonores et ultrasonores

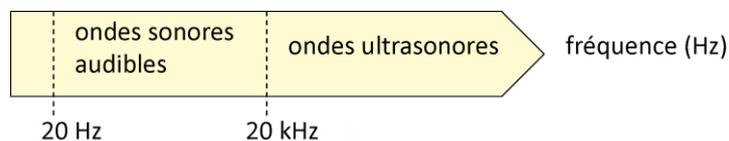
3.1. Ondes sonores et ultrasonores

Les ondes sonores et ultrasonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Lorsqu'elles se propagent dans un milieu de propagation gazeux, on peut représenter ainsi l'état du milieu à un instant donné :



3.2. Infrasons, sons, et ultrasons :

- Les ondes sonores audibles modélisent les sons auxquels une oreille humaine saine est sensible. Leurs fréquences sont alors comprises entre 20 et 20000 Hz.
- Les sons de fréquence trop élevée pour être perçus sont les ultrasons, modélisés par des **ondes ultrasonores**. Leurs fréquences sont supérieures à 20000 Hz
- Les sons de fréquence trop basse pour être perçus sont les infrasons, modélisés par des **ondes infrasonores**. Leurs fréquences sont inférieures à 20Hz.



4. Cas particulier des ondes électromagnétiques

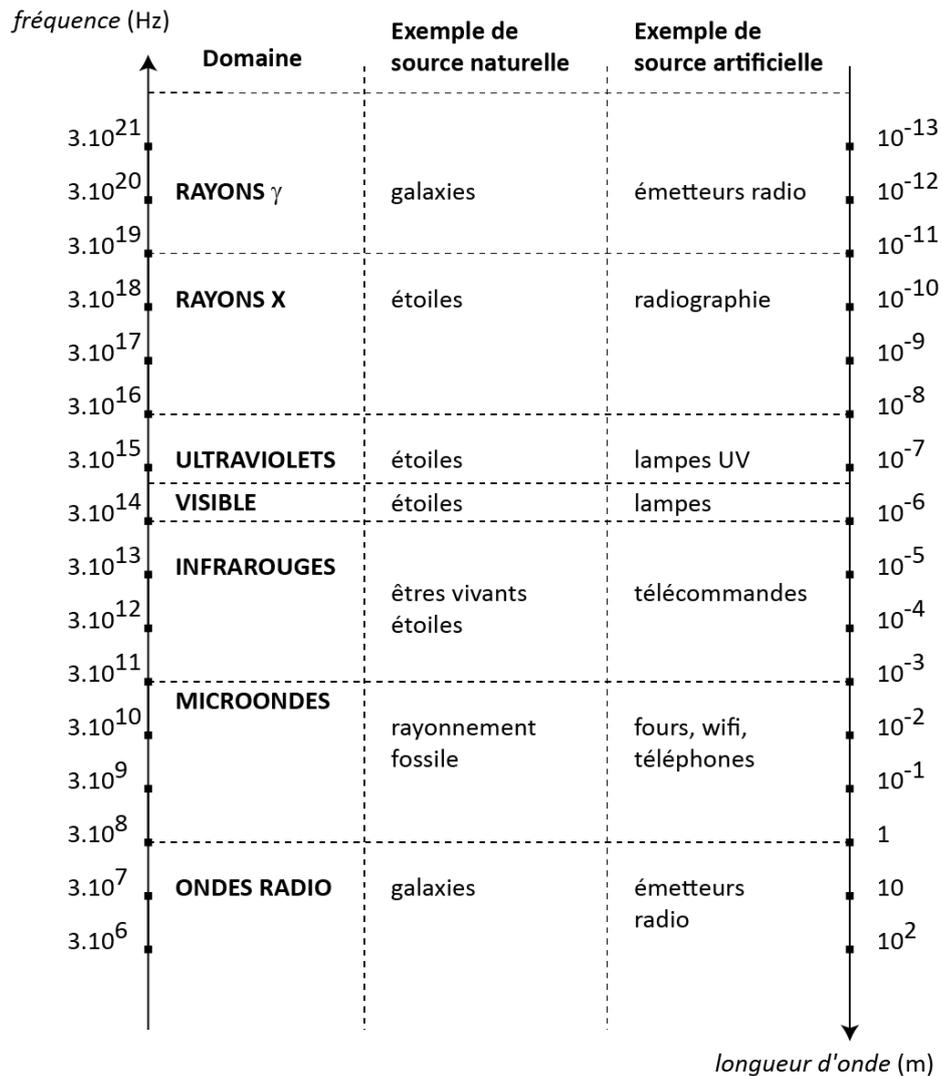
4.1. Ondes électromagnétiques

La nature de l'onde électromagnétique sera développée dans la séquence 6. Retenons les propriétés suivantes de ces ondes :

- une onde électromagnétique peut se propager dans tous les milieux : les milieux matériels **et le vide** ;
- dans le vide leur célérité vaut : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- dans les milieux matériels leur célérité est inférieure à c .

4.2. Principaux rayonnements électromagnétiques

On dresse ci-dessous un inventaire non exhaustif des principaux domaines d'ondes électromagnétiques, classés selon leur fréquence et selon leur longueur d'onde dans le vide :



4.3. Le modèle quantique des ondes électromagnétiques

À propos du mot « quantique »

Quantique signifie « constitué d'entités indivisibles ». Par exemple, les chimistes ont découvert que la matière était quantique, puisque constituée de particules élémentaires indivisibles (ils ont d'abord pensé qu'il s'agissait des atomes avant de comprendre que les atomes eux-mêmes étaient constitués de particules plus petites encore).

Le photon

Le modèle quantique énonce que l'énergie transportée par une onde électromagnétique est constituée d'entités indivisibles appelées **les photons**. Un photon est donc un quantum d'énergie lumineuse. Il possède toutes les propriétés de l'onde (période, fréquence, etc.).

L'énergie transportée par un photon est d'autant plus élevée que la fréquence est élevée. Elle vaut :

$$E = hf$$

- E est une énergie exprimée en joule (J)
- f est une fréquence exprimée en hertz (Hz)
- $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ est la constante de Planck (sa valeur n'est pas à connaître).