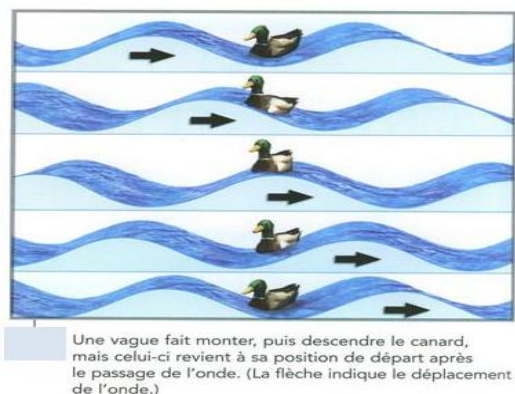


## Chapitre 1 : Généralités sur les différents types d'ondes

### I. Définition d'une onde

Une onde est la propagation d'une perturbation produisant sur son passage une variation réversible des propriétés physiques locales du milieu. Elle se déplace avec une vitesse déterminée qui dépend des caractéristiques du milieu de propagation. Une onde transporte de l'énergie sans transporter de matière.

Une perturbation est une modification locale et temporaire des propriétés d'un milieu.



**Fig.1** – Propagation d'une onde sans transport de matière [1].

### II. Types d'ondes

Il existe deux grands types d'ondes : mécaniques et électromagnétiques.

#### II.1. Onde mécanique

- i. **Définition1** : Une onde mécanique est une onde qui nécessite un milieu matériel (solide, liquide ou gazeux) pour se propager.

Exemple : le son, une corde vibrante

Il existe plusieurs types d'ondes : les ondes transversales et les ondes longitudinales.

- ii. **Définition2** : une onde est longitudinale quand la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation de l'onde. Elle est formée de zones de compression et de zones de raréfaction.

Exemple : un ressort.

- iii. **Définition3** : une onde est transversale quand la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde. Elle est formée de crêtes et de creux.

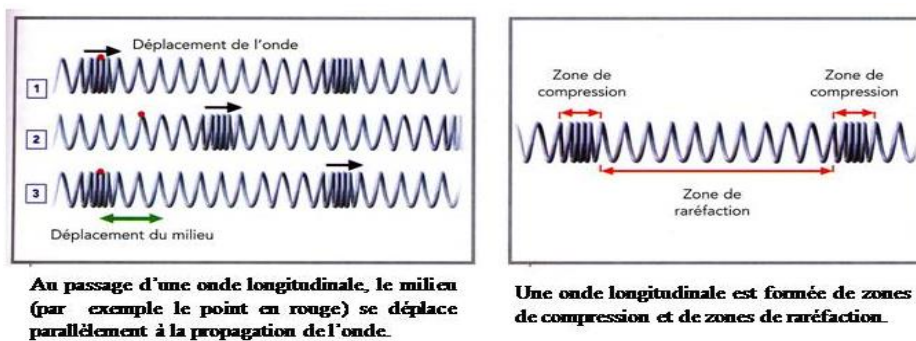
Exemple : les vagues, la corde d'une guitare.

#### II.2. Onde électromagnétique

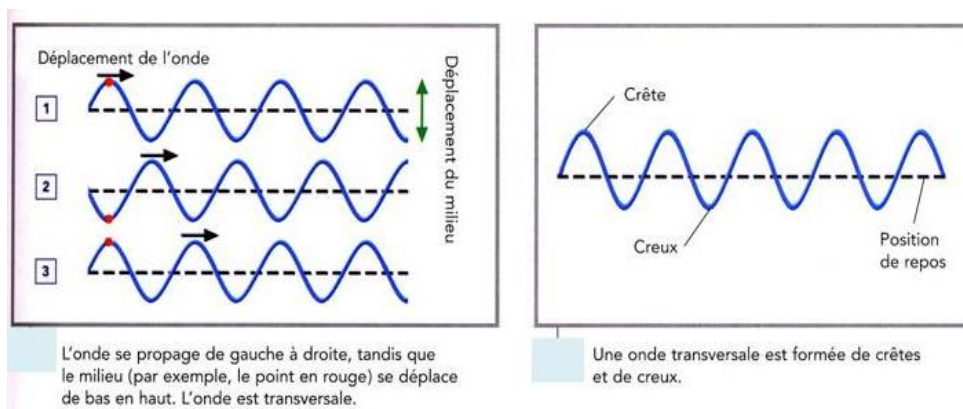
- i. **Définition1** : Une onde électromagnétique est une onde qui peut se déplacer autant dans le vide que dans un milieu matériel.

Les ondes électromagnétiques (OEM) sont des ondes transversales, qui transportent de l'énergie rayonnante, comme la lumière.

- ii. **Définition2** : Le spectre électromagnétique est le classement de toutes les OEM en fonction de leur longueur d'onde et de leur fréquence.



(a)



(b)

**Fig.2** – Propagation d'une onde [1]. (a) longitudinale. (b) transversale.

### III. Caractéristiques d'une onde

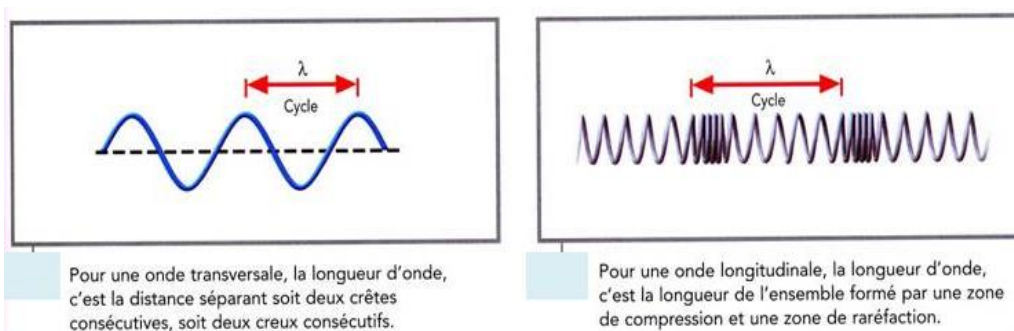
#### III.1. Définition

Les caractéristiques d'une onde permettent de la décrire et d'en expliquer la propagation. Quelque soit le type d'onde considéré, elles possèdent toutes les caractéristiques suivantes :

- Le type de propagation : transversale, longitudinale,
- La longueur d'onde,
- La fréquence,
- L'amplitude.

#### III.2. Longueur d'onde

La longueur d'onde ( $\lambda$ ) correspond à la longueur d'un cycle complet d'une onde. Un cycle complet est la distance minimale entre deux points semblables (deux points situés à la même amplitude). La longueur d'onde est mesurée en mètre ou en une autre unité de distance.



**Fig.3** – Représentation de la longueur d'onde [1].

### III.3. Fréquence - Période

La fréquence ( $f$ ) est le nombre de cycles produits par une onde par unité de temps. Pour mesurer la fréquence d'une onde, on compte le nombre d'ondes complètes qui se forment en un point donné pendant une durée de temps, habituellement une seconde.

L'unité de mesure de la fréquence est l'hertz (Hz).

La période ( $T$ ) d'une onde est la durée d'un seul cycle. Cette grandeur se mesure en secondes (s). Elle est l'inverse de la fréquence,  $f$ .

$$T = 1 / f \quad (1)$$

La vitesse ( $v$ ) d'une onde est la distance parcourue par la perturbation par unité de temps. L'unité de mesure de la vitesse est le mètre par seconde (m/s).

$$\lambda = v \times T \rightarrow v = \lambda / T = \lambda \times f \quad (2)$$

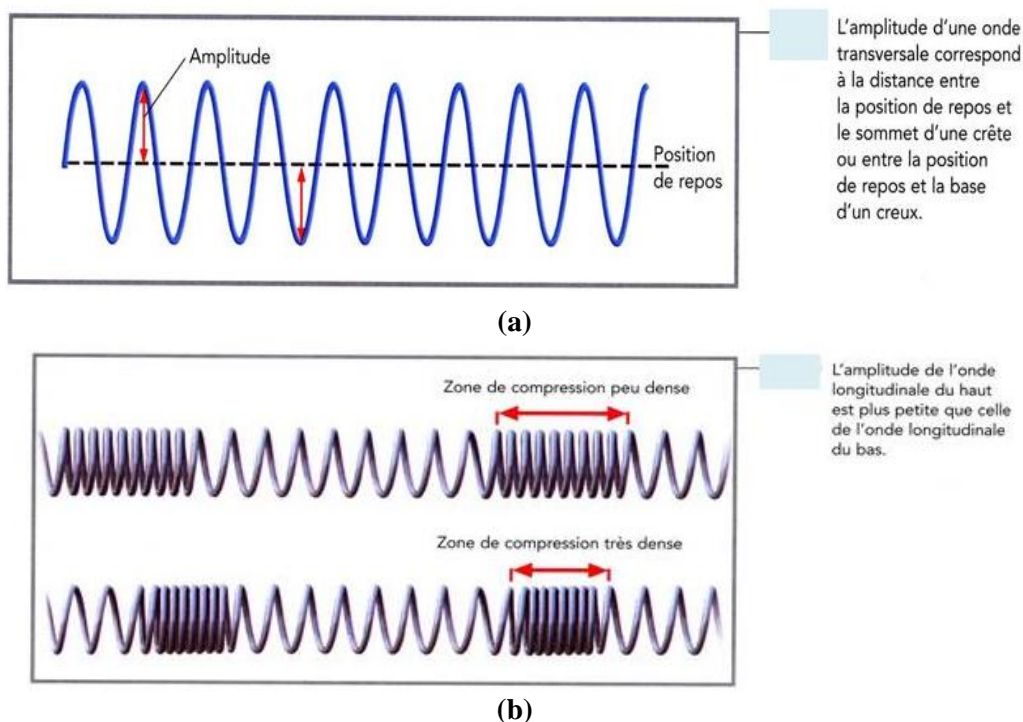
### III.4. Amplitude

L'amplitude ( $A$ ) d'une onde correspond à la hauteur maximale atteinte par l'onde par rapport à sa position au repos.

L'amplitude dépend de l'énergie transmise par l'onde. Plus la quantité d'énergie transportée par une onde est importante, plus l'amplitude est grande.

Dans le cas d'une onde transversale, l'amplitude correspond à la hauteur maximale de la crête ou de la profondeur du creux par rapport à la position d'équilibre située au milieu de l'onde.

Pour une onde longitudinale, l'amplitude est plus difficile à mesurer puisqu'elle est fonction de la densité des zones de compression. Plus les zones de compression comprennent de cycles, plus l'amplitude est grande.



**Fig.4** – Amplitude d'une onde [1]. (a) Transversale. (b) Longitudinale.

## IV. L'onde sonore

### IV.1. Nature

D'un point de vue physique, le son est une vibration mécanique d'un fluide, qui se propage de proche en proche sous forme d'ondes longitudinales grâce à la déformation élastique de ce fluide.

Autrement, 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 support matériel (air, liquide, solide) et ne se propage jamais dans le vide.

D'un point de vue physiologique, c'est un signal perçu par le sens de l'ouïe.

L'acoustique est la science qui étudie les sons ; la psychoacoustique étudie la manière dont les organes humains ressentent et le cerveau humain perçoit et interprète les sons

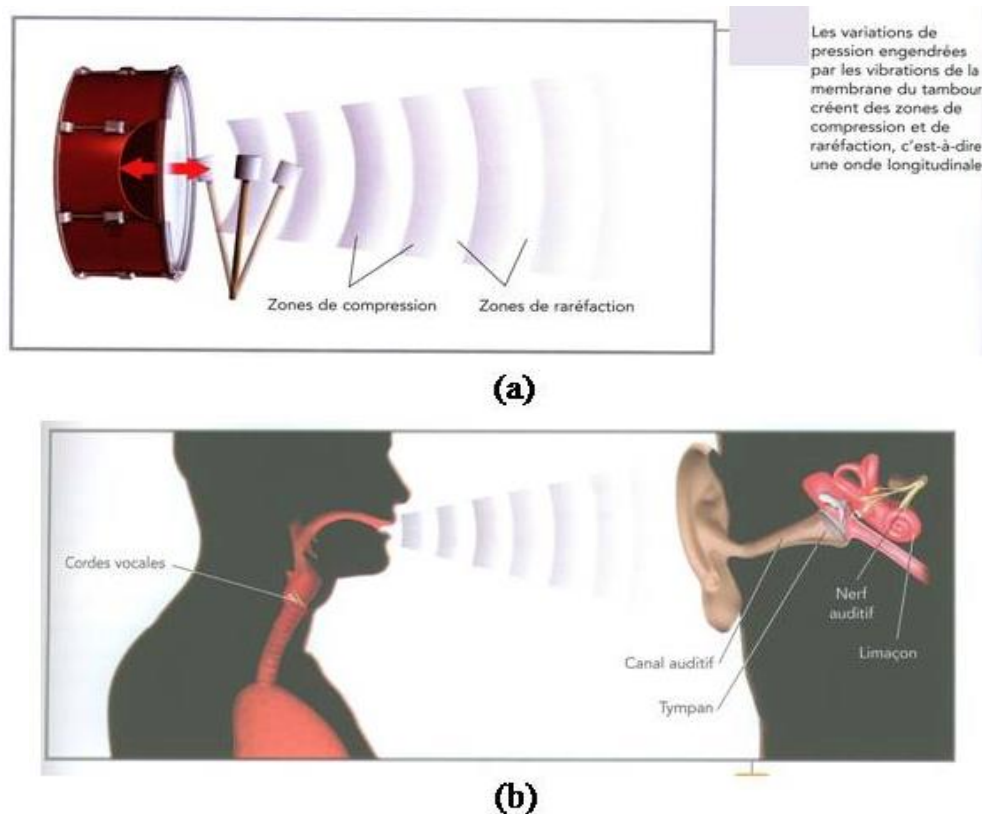


Fig.5 – Production de sons [3]. (a) Lorsqu'on frappe un tambour. (b) Lorsqu'on entend.

### IV.2. Vitesse du son

La vitesse du son dépend du milieu de propagation. Elle est d'autant plus grande que le milieu est dense. Exemples :

Milieu	Vitesse (m/s) à 25°C
Air	346
Eau	1490
Acier	5200

Tableau 1 – Vitesse du son en fonction du milieu de propagation.

### IV.3. Fréquence et perception sonore

La tonalité d'un son dépend de sa fréquence. Les sons graves correspondent aux fréquences basses et les sons aigus, aux fréquences hautes.

L'oreille humaine peut percevoir des sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20 000 Hz, domaine situé entre celui des infrasons et des ultrasons. Cependant la sensibilité maximale correspond à 1 000 ou 2 000 Hz.



Fig.6 – Echelle de fréquences des ondes acoustiques.

## V. L'Onde électromagnétique

### V.1. Nature et définition

Une onde électromagnétique est un signal périodique qui, suivant sa fréquence, peut être une onde radio, de la lumière, des rayons X, etc. Elle peut se propager sans support matériel, donc dans le vide.

L'*œil humain* est un récepteur de lumière, onde électromagnétique dont la fréquence appartient à un domaine très restreint compris entre celui des infrarouges (**IR**) et celui des ultraviolets (**UV**).

### V.2. Domaine de fréquences

A chaque gamme de fréquence en **Hz** correspond un type d'onde. Les types d'OEM et leur fréquence correspondante sont représentées par le spectre électromagnétique.

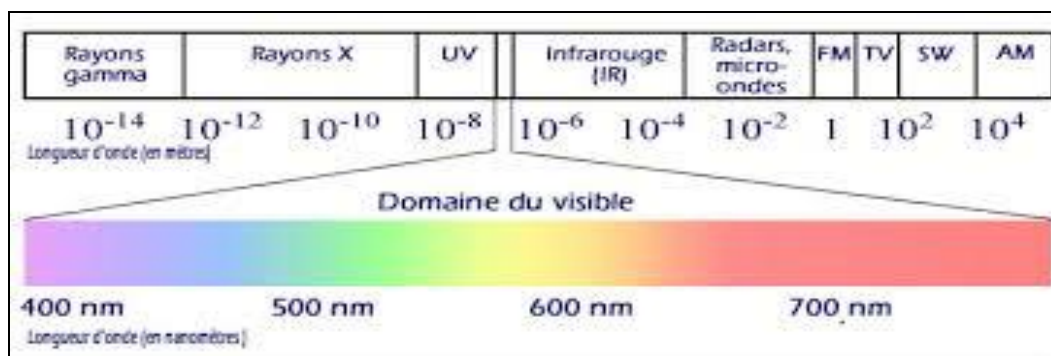


Fig.7 – Fréquences des ondes électromagnétiques [4].

### V.3. Vitesse de propagation

Dans le vide, la vitesse de propagation de la lumière, comme pour toute onde électromagnétique, est appelée la célérité et est approximativement égale à :

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Dans un milieu transparent, la lumière se propage à une vitesse *inférieure ou égale à c*. Si le milieu est *homogène*, elle se propage en *ligne droite*.



## VI. Ondes et imagerie médicale

### VI.1. Absorption

Au cours de la propagation, les ondes sont *atténuées* à cause de l'interaction entre l'onde et le milieu de propagation. Cet affaiblissement dépend du milieu et de la fréquence de l'onde. Ce phénomène, appelé *absorption*, permet d'*explorer la matière comme le corps humain* à l'aide de *rayons*.

### VI.2. Modalité d'imagerie médicale

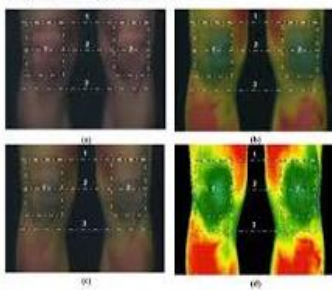
Une modalité est un type d'imagerie utilisant un type de rayonnement spécifique.

### VI.3. Ondes utilisées en imagerie médicale

En imagerie médicale sont utilisés :

1. Les rayonnements électromagnétiques :
  - Infrarouge (IR) : Thermographie
  - Visible (VIS) : Endoscopie, Microscopie
  - Ultraviolet (UV) : Fluorescence
  - Rayons X (RX) : radiographie
  - Rayons gamma : Scintigraphie
2. Les ondes ultrasonores (US) : Echographie.
3. Le champ magnétique : Imagerie par Résonance Magnétique (IRM).

### VI.4. Exemples



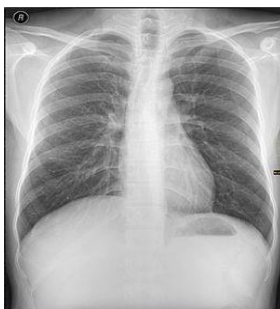
Thermographie cutanée (IR)



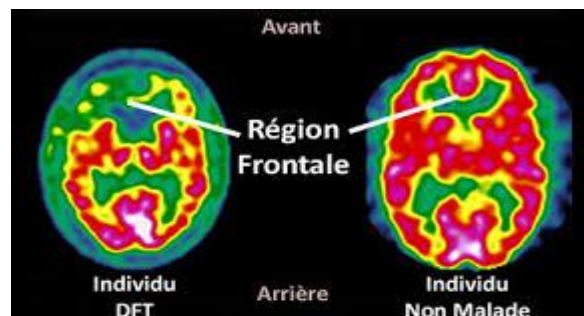
endoscopie digestive (VIS)



Ecographie fœtale (US)



Radiographie X (RX)



Scintigraphie (R. gamma)