

Objectifs :

- Connaître la définition et la distinction d'une onde sonore et d'une onde électromagnétique (domaines de fréquence...)
- Connaître les vitesses de propagation de la lumière et du son,
- Savoir extraire et exploiter des informations concernant la nature des ondes et leurs fréquences en fonction de l'application médicale,
- Connaître le principe de propagation rectiligne de la lumière,
- Savoir identifier les phénomènes de réflexion et de réfraction
- Comprendre le principe de quelques méthodes d'exploration (radiographie, échographie, fibroscopie...)

I. NOTION D'ONDES :**1) Qu'est-ce qu'une onde ?**

Une onde est un phénomène de propagation d'une perturbation sans transport de matière.

Cette propagation peut se faire

Exemples : ola dans un stade de foot, vagues à la surface de l'eau.

2) Différents types d'ondes

Il existe deux sortes d'ondes :

- *ondes mécaniques* : le son, les vagues à la surface de l'eau, les ondes sismiques,...

Elles ne peuvent se propager que dans les milieux matériels.

- *ondes électromagnétiques* : la lumière, les rayons X,...

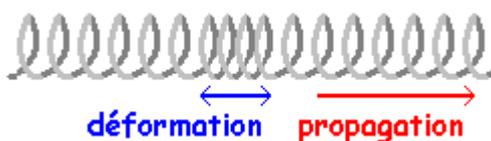
Elles peuvent se propager dans les milieux matériels et dans le vide

Exemples :

- Nous ne pouvons pas entendre un téléphone portable sous une cloche à vide, alors que nous pouvons le voir s'allumer.
- Nous recevons la lumière du Soleil, mais pas le son des explosions qui s'y produisent en permanence.

II. NATURE DES ONDES SONORES :**1) Nature et fréquence des ondes sonores :**

Les ondes sonores sont produites par une source vibrante, qui transmet les vibrations au milieu matériel dans lequel elle se trouve.



Exemples : compression et dilatation de l'air

2) Vitesse de propagation des ondes sonores :

Soit d la distance parcourue par l'onde sonore pendant une durée Δt , avec une vitesse v , alors :

- La vitesse de propagation d'une onde sonore dépend essentiellement du milieu de propagation (densité, température,...)
- Elle est plus importante dans les solides que dans les liquides, et dans les liquides que dans les gaz.

Exemples de vitesse des ondes sonores dans différents milieux :

Milieux	Air	Eau	Tissus organiques mous (peau, graisse, foie, muscle...)	Os
Vitesse (m.s⁻¹)	340	1380	De 1450 à 1600	De 2100 à 5000

3) Fréquence des ondes sonores et ultrasonores :

- 0 Hz < f < 20 Hz domaine des ... (inaudibles pour l'oreille humaine)
- 20 Hz < f < 20000 Hz domaine des
- f > 20000 Hz domaine des (inaudibles).

III. ONDES ELECTROMAGNETIQUES :

1) Nature des ondes lumineuses

• Les ondes lumineuses peuvent être décrites comme des **vibrations de nature électromagnétiques**. Une onde électromagnétique correspond à **la propagation simultanée d'un champ électrique et magnétique**. Une onde électromagnétique peut se propager :

- à travers la matière
- **travers le vide** : Contrairement aux ondes sonores une onde électromagnétique n'a pas besoin de matière pour se déplacer.

Elle est créée, par exemple, par un déplacement de charges électriques dans une antenne radio.

A chaque onde électromagnétique correspond **une fréquence f et une période T de vibration** du champ électrique et magnétique.

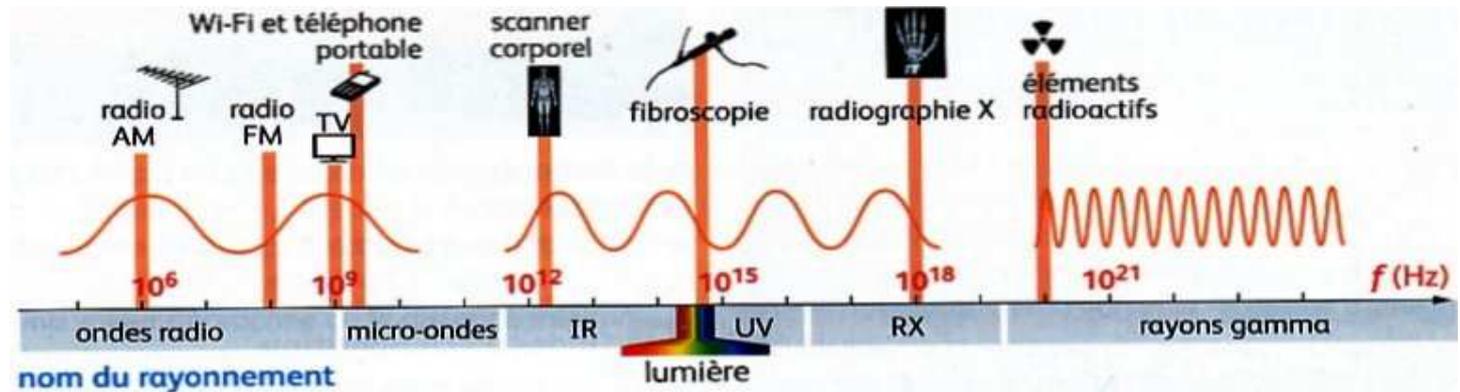
2) Fréquences

- On distingue plusieurs types d'ondes électromagnétiques en fonction de leur domaine de fréquences.
- Les fréquences sont très variables.

Elles sont regroupées en différents domaines de fréquences : Par ordre croissant de fréquences :

- les ondes radio,
- les micro-ondes (télévision radar etc..),
- les infrarouges (I.R),
- la lumière visible,
- les ultraviolets (U.V.),
- les rayons X (R.X),
- les rayons gamma (rayons γ).

• Schéma :



L'œil humain peut percevoir uniquement les ondes électromagnétiques correspondant aux ondes électromagnétiques lumineuses.

3) Vitesse de propagation des ondes électromagnétiques

Soit d la distance parcourue par l'onde électromagnétique pendant une durée Δt , la vitesse de propagation est :

Formule :

d : **distance** parcourue par la lumière, en ...

Δt : **durée** du parcours, en

Unité légale dans le système international :

- La vitesse de propagation d'une onde électromagnétique dépend essentiellement du milieu de propagation (densité, température,...)
- Dans les milieux matériels, la vitesse est toujours inférieure à celle dans le vide.

- La vitesse dans l'air est égale (à peu près) à celle dans le vide.

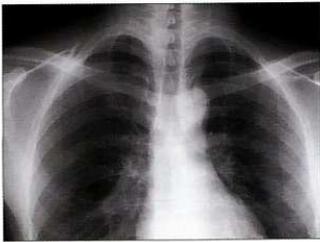
Exemples de vitesse de la lumière dans différents milieux :

Milieux	Air	Eau	Verre
Vitesse (m.s ⁻¹)	3,00.10 ⁸	2,26.10 ⁸	2,00.10 ⁸

III. ONDES ET IMAGERIES MEDICALES

1) Utilisations médicales des ondes :

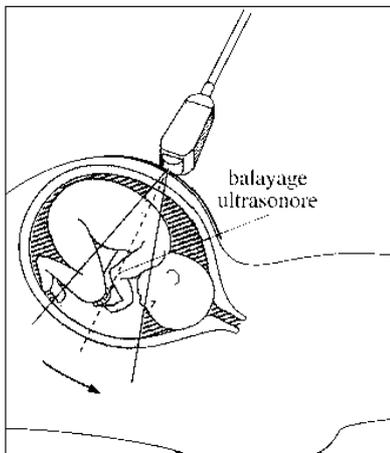
a) La radiographie : Les ondes sont utilisés pour visualiser l'intérieur du corps humain. Celles-ci sont plus ou moins absorbées par les tissus. Par exemple pour visualiser **le squelette on utilise des rayons X**. Le phénomène physique utilisé est l'absorption. Les os absorbent davantage les RX ; ils apparaissent blancs sur la radiographie.



Cliché de radiographie.

Les rayons X, qui traversent le patient, noircissent la plaque photo. Les os, qui absorbent davantage les rayons X, apparaissent blancs et les chairs grises.

b) L'échographie : (inventée au début des années 1970)



Elle est indolore et sans danger on peut donc la répéter.

L'échographie est une technique d'imagerie médicale qui utilise les phénomènes de réflexion et de réfraction d'ultrasons.

Pour construire l'image du fœtus dans le ventre de la mère, un étroit faisceau lumineux explore successivement toutes les directions du secteur angulaire : c'est le balayage sectoriel.

Les phénomènes physiques utilisés sont : la réflexion et la réfraction des ultrasons à travers les tissus humains.

Réfraction et réflexion :

Lorsqu'une onde atteint la surface séparant deux milieux :

- une partie de l'onde est renvoyée vers le milieu d'origine: c'est le phénomène de réflexion.

- Une autre partie peut traverser la surface de séparation et subir un phénomène de réfraction.

La réfraction est le changement que subit la direction de propagation d'une onde lorsqu'elle traverse la surface de séparation entre deux milieux.

c) La fibroscopie et l'endoscopie :



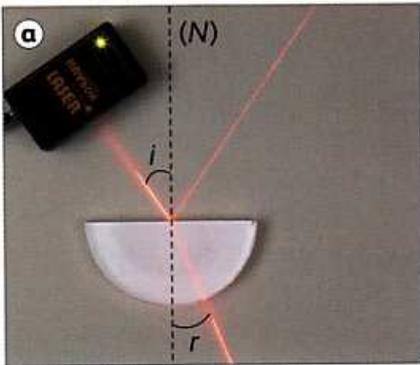
La fibroscopie et l'endoscopie sont des techniques d'exploration médicales utilisant des fibres optiques. Le fonctionnement des fibres optiques est basé sur la réflexion totale.

Fibroscopie. Même lorsqu'une fibre optique est courbe, la lumière est guidée dans le cœur de la fibre par une succession de réflexions totales sur les parois. On peut ainsi voir l'intérieur de l'organisme.

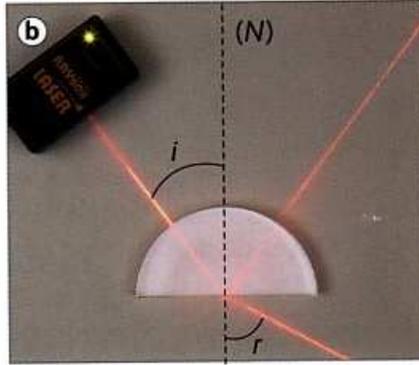
Réflexion totale :

Dans le cas de la lumière, on observe dans certaines conditions un phénomène appelé réflexion totale; ce phénomène ne se produit que dans des conditions très particulières.

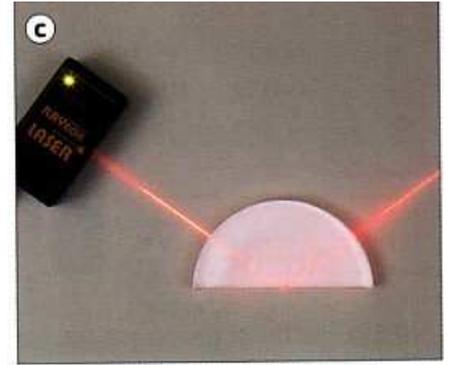
Cas a : le rayon réfracté se rapproche de la normale (N) : $r < i$



Cas b : le rayon réfracté s'écarte de la normale (N) : $r > i$



Cas c : Il y a réflexion totale



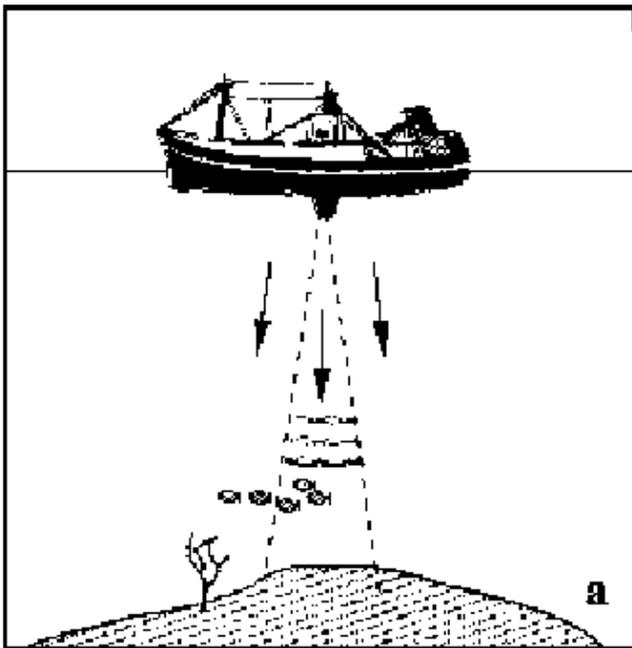
Cas c .Lorsqu'une onde atteint la surface séparant deux milieux transparents et qu'elle ne peut plus être réfractée, on dit qu'il y a réflexion totale.

Dans le cas a : si on augmente l'angle i (angle d'incidence) de 0 à 90° , r (angle de réfraction) augmente aussi de 0 à $r_{\max} < 90^\circ$ puisque $r < i$. Le rayon réfracté coexiste avec le rayon réfléchi pour n'importe quelle valeur de i .

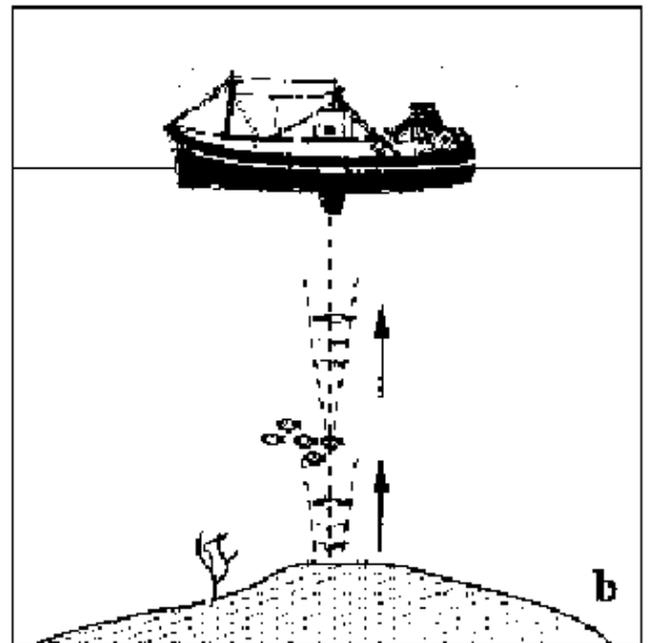
Dans le cas b : si on augmente i de 0 à 90° , r augmente ; la valeur $r = 90^\circ$ sera atteinte pour une valeur de $i < 90^\circ$ puisque $i < r$. Si on augmente encore i , le rayon réfracté n'existe plus. c : Il y a réflexion totale.

Cette partie sera vue plus en détails dans la partie II du programme : « Univers ».

2) Autres applications des ondes



Une salve d'ultrasons émise par le sonar



Les échos produits par le banc de poissons et les fonds sous-marins.

Exemple : Un bateau se prépare à jeter l'ancre dans une crique. Il est nécessaire de connaître la profondeur des fonds marins cet endroit. Pour cela on utilise un sonar. La durée entre l'émission et la réception des ultrasons est de 10 ms . Quelle est la profondeur des fonds marins ?

On donne : vitesse de propagation des U.S. dans l'eau : 1500 m.s^{-1} .

$$2d = v \cdot t = 1500 \cdot 0,100 = 150 \text{ m} \text{ donc } d = 75 \text{ m.}$$

Thème : Santé - Les phases du fonctionnement cardiaque

• **Le pouls** est la perception par palpation du flux sanguin dans les artères. La prise de pouls consiste à comprimer légèrement une artère contre un os avec les doigts à travers la peau. La pulpe des doigts permet de sentir les gonflements de l'artère dus à l'augmentation de la pression artérielle par la contraction du cœur (systole). La prise de pouls est la manière la plus simple d'évaluer le rythme cardiaque. Le médecin peut écouter le pouls à l'aide d'un stéthoscope : La présence d'un souffle inconstant témoigne du rétrécissement de l'artère.

Le pouls moyen est d'environ :

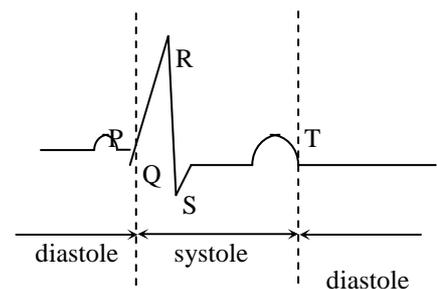
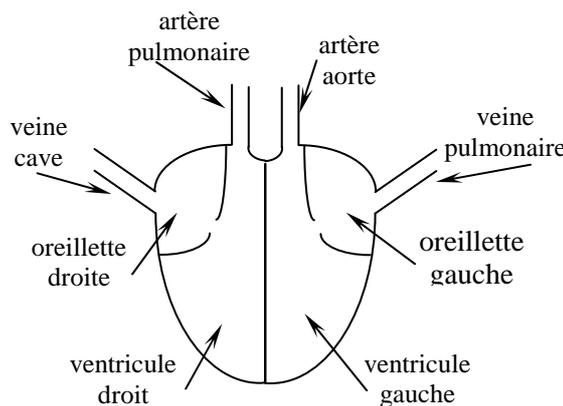
- 120 pulsations par minute pour un nourrisson ;
- 100 pulsations par minute pour un enfant entre 1 et 8 ans ;
- 60 à 80 pulsations par minute pour un adulte.

• L'électrocardiogramme (ECG):

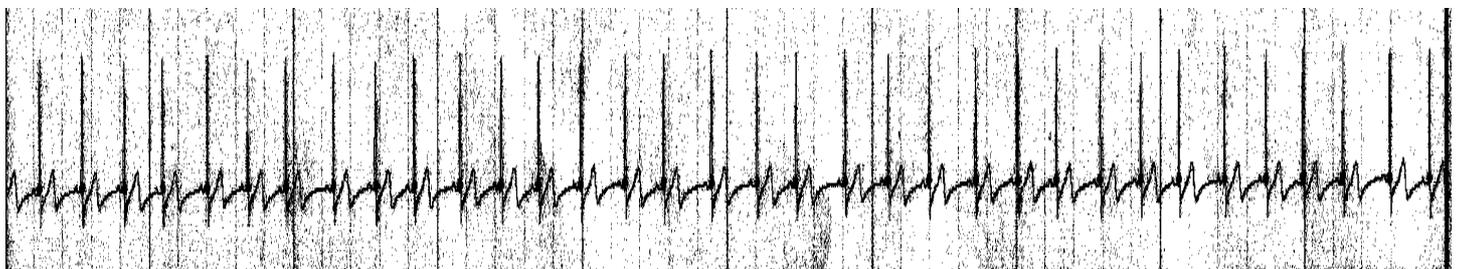
Dans le cœur, le sang s'écoule des veines vers les oreillettes, des oreillettes vers les ventricules et des ventricules vers les artères. Les phases mécaniques du cycle cardiaque correspondant à des modifications électriques bien précises qui peuvent être recueillies pour donner un tracé ECG.

• **Le cycle cardiaque est le suivant :**

- La diastole : Le sang circule des oreillettes vers les ventricules. Une contraction auriculaire termine le remplissage ventriculaire : C'est la fin de la diastole (phase qui se termine par l'onde P sur l'ECG).
 - La systole : L'excitation électrique du cœur atteint alors les ventricules qui vont se contracter (ondes QRS sur l'ECG). Le sang est éjecté hors du cœur vers l'aorte et l'artère pulmonaire (phase qui se termine par l'onde T).
- (d'après Wikipédia)*



Voici l'électrocardiogramme d'un enfant de 11 ans pendant la phase de sommeil. La partie représentée ci-dessous a duré 30 secondes au total.



- 1) Quelle est la durée moyenne entre 2 cycles consécutifs ?
- 2) En déduire le nombre de pulsations par minute mesuré sur l'ECG ci-dessus.
- 3) Quel est le nombre moyen de pulsations pour votre pouls ? Comparer l'ECG ci-dessus.
- 4) Quelle est la signification de l'unité Hertz et en déduire la fréquence « f » cardiaque en Hertz de votre pouls.
- 5) Quelle est la période « T » de votre pouls ? Comparer avec la période mesurée sur l'ECG ci-dessus.

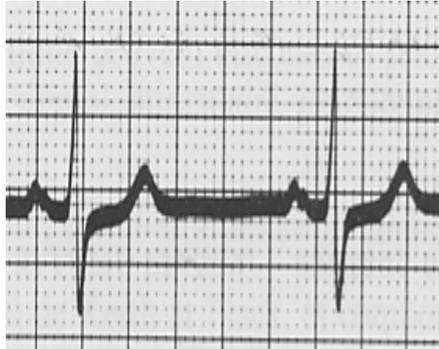
Électrocardiogramme

La bradycardie et la tachycardie sont deux types de pathologies cardiaques. La bradycardie est un ralentissement des battements du cœur à un rythme inférieur à 60 contractions par minute alors que la tachycardie est une accélération du rythme cardiaque au-delà de 100 contractions par minute.

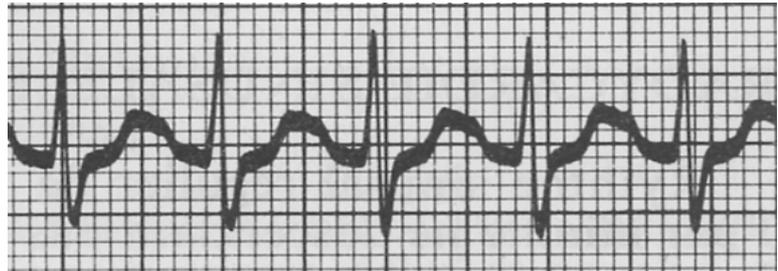
- Calculer période, fréquence et nombre de pulsations par minutes pour chaque enregistrement.
- **Associer chacun des enregistrements** ci-dessous au type de cœur correspondant : cœur normal, cœur souffrant de tachycardie ou cœur souffrant de bradycardie.

Echelle horizontale : 1 division \rightarrow 0,20 s.

1 division est représenté par \leftrightarrow sur la figure



ECG 2



ECG 1



ECG 3