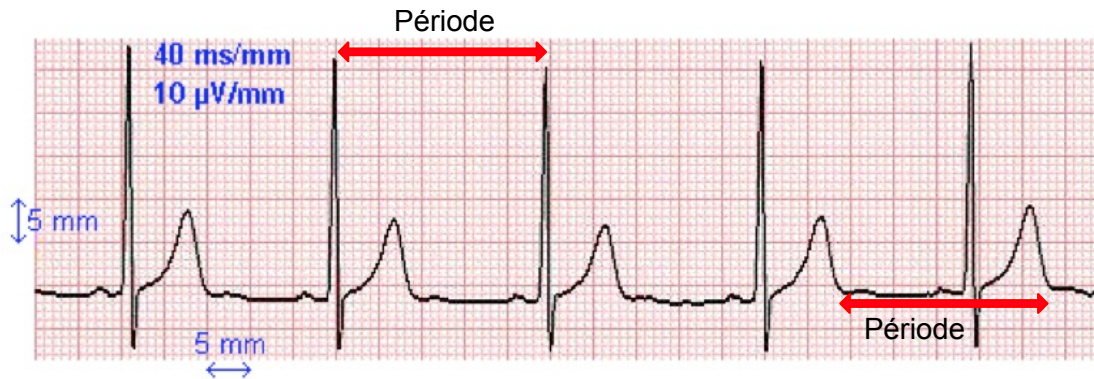


ONDES ET SIGNAUX

16. Ondes mécaniques

Rappels de la classe de seconde

Analyse de l'électrocardiogramme



Le signal (battement de cœur) se répète à intervalle régulier, on dit qu'il est **périodique**. La durée entre deux battements est la **période**.

Verticalement nous lisons une **tension** en microvolt (μV).

Pour déterminer le nombre de battements par minute, c'est à dire la **fréquence** de battement du cœur, il faut connaître le nombre de périodes par minute, et donc la durée de cette période.

Ces deux valeurs sont liées par la relation :

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

Unités :

f est la fréquence et s'exprime en **Hertz (Hz)** (ou en nombre d'événement par unité de temps).

T est la période et exprime une durée en **secondes (s)** (dans le Système International).

Exemple : Dans le schéma ci-dessus on peut mesurer la période à plusieurs endroits. Si nous prenons deux « pics » consécutifs de la courbe, ils sont « éloignés » de 25mm. Nous savons que la feuille avance à la vitesse de 40 ms/mm. Il faut donc 40 millisecondes pour parcourir 1 mm. Donc pour 25 mm il faudra $T = 25 \times 40 = 1000 \text{ ms}$ ou 1 s. La fréquence de battement est donc $f = 1/1 = 1 \text{ Hertz}$ (battement par seconde ici) et donc de 60 battements par minute. Ce qui correspond à une personne saine. Mme X n'a donc pas à être inquiète à ce niveau.

Remarque : La fréquence cardiaque normale varie entre 50-60 et 90-100 selon les auteurs. En-dessous de 50-60 battements par minute, on parle de **bradycardie**, et au-dessus de 90-100 battements par minute, c'est une **tachycardie**.

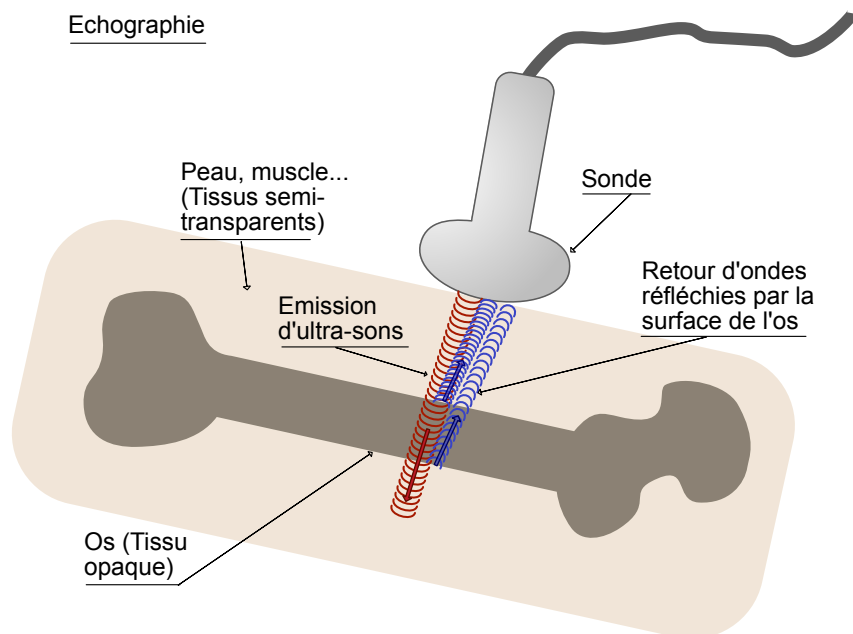
Tension variable

De la même façon, sur l'électrocardiogramme précédent il est possible de mesurer verticalement la tension maximal (en haut) et minimale (en bas) en multipliant l'échelle par la mesure effectuée.

Échographie

L'échographie va utiliser des ondes sonores que nous ne pouvons pas percevoir : les ultra-sons, dont les fréquences sont comprises entre 20 000 Hz et 70 000 Hz.

L'oreille humaine ne perçoit les sons que dans la plage de 20 Hz à 20 000 Hz (théorique). Certains animaux vont percevoir les ultra-sons et s'en servent même pour se diriger ou repérer leurs proies comme les dauphins ou les chauves-souris.

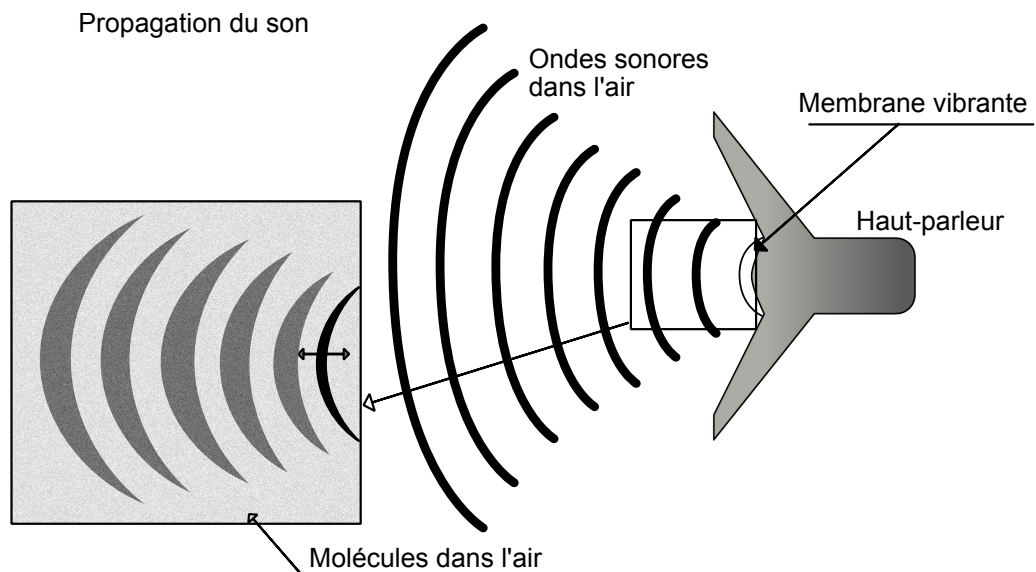


Dans une échographie, les ultra-sons envoyés par la sonde vont être réfléchis par les interfaces entre tissus de nature différentes. La sonde émet les ultra-sons et reçoit leur écho. Un ordinateur va ensuite convertir cet écho en image compréhensible par le médecin.

Les sonars de bateaux fonctionnent sur le même principe et les radars également, mais en utilisant d'autres types d'ondes : des ondes électromagnétiques.

Propagation du son

Le son a besoin d'un support pour se propager : l'air ou un autre gaz, un liquide ou un solide. Mais le son ne peut pas se propager dans le vide, car le son, pour se propager, a besoin de matière à perturber :



En vibrant, la membrane d'un haut-parleur « pousse » les molécules qui se trouvent en contact avec elle. Ce choc va se propager aux molécules voisines à la façon des vagues qui se propagent autour d'un caillou jeté dans l'eau.

Vitesse (célérité) du son

La vitesse du son, appelée « **célérité** » du son, va dépendre de la concentration des molécules du milieu dans lequel le son se propage.

Dans l'air, le son se propage à la vitesse d'environ 340 m.s^{-1} (à 16°C sous une pression normale de 1013 hPa).

Dans des milieux plus denses, le son peut se propager beaucoup plus rapidement car les molécules sont plus proches les unes des autres et la vibration se transmet donc plus rapidement :

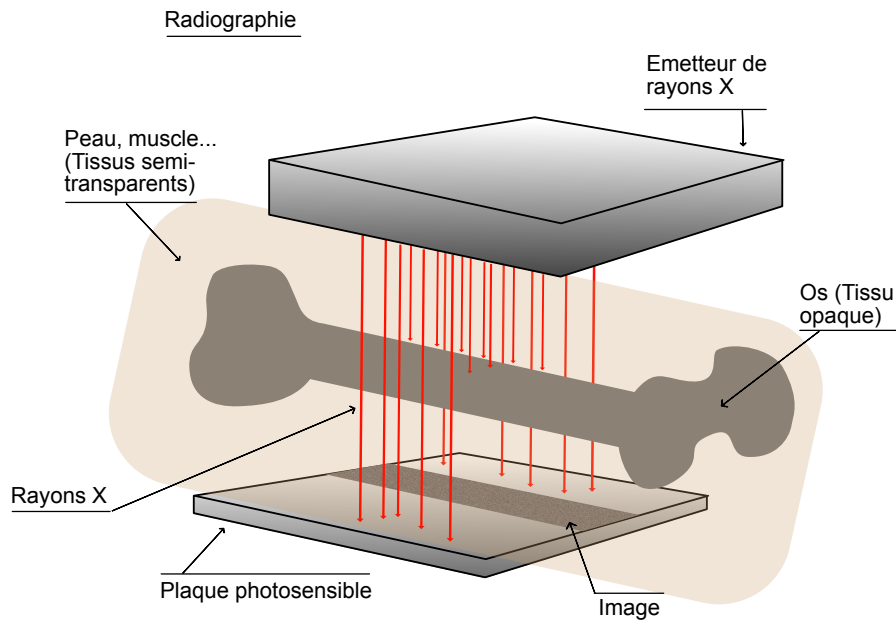
Matériaux	Vitesse du son (en m.s^{-1})
Air	340
Eau	1 480
Glace	3 200
Verre	5 300
Acier	Environ 5 700

La vitesse du son dans l'air dépend donc aussi de la température et de la pression car ces deux valeurs ont une influence sur la distance entre les molécules d'air.

Pour les ultrasons, la vitesse de propagation est la même puisque ce sont simplement des sons de fréquence élevés. Les tissus humains ayant une densité proche de l'eau (le corps humain en est composé à 70 %), la vitesse des ultrasons est donc proche de 1500 m.s^{-1} .

Cette information permet à la machine de reconstituer l'image des tissus humain en mesurant le temps mis aux ultrasons pour revenir à l'émetteur, sachant que ceux-ci sont renvoyés à chaque interface entre tissus différents (exemple : passage du muscle à l'os).

La radiographie



Découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Röntgen, les rayons X sont émis par un tube contenant un filament chauffé alimenté par un courant continu de haute tension (de l'ordre de 100 kV).

Les tissus humains sont plus ou moins perméables aux rayons X. Certains rayons vont être partiellement absorbés, d'autres totalement. Une plaque photographique ou un détecteur d'image va recevoir les photos et former une image des tissus. Afin d'examiner en détail une zone transparente ou translucide, on peut injecter un liquide à base d'iode ou de baryum pour opacifier les tissus.

Les rayons X sont des faisceaux de photons d'une **longueur d'onde** de 10^{-8} à 10^{-12} m, correspondant à des fréquences de 10^{16} à 10^{20} Hz.

Les ondes

Une onde est une « ondulation », due à une perturbation du milieu, qui peut se transmettre par différents types de supports : surface de l'eau, molécules dans l'air, lumière...



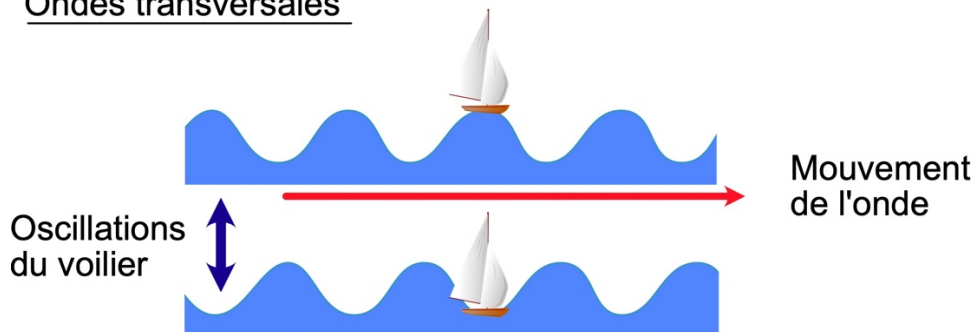
Lorsque cette perturbation se propage dans un milieu matériel, elle peut modifier la position des objets (un bateau sur les vagues par exemple) et possède donc une énergie, mais après le passage de l'onde, l'objet reste où il était : on parle **d'ondes mécaniques**.

L'onde se **propage** (se déplace) dans le milieu en deux (vagues, ondes à la surface de l'eau) ou en trois dimensions (son, ondes électromagnétiques), en rayonnant depuis la source qui a émis l'onde (antenne, haut-parleur ou pierre tombée dans l'eau).

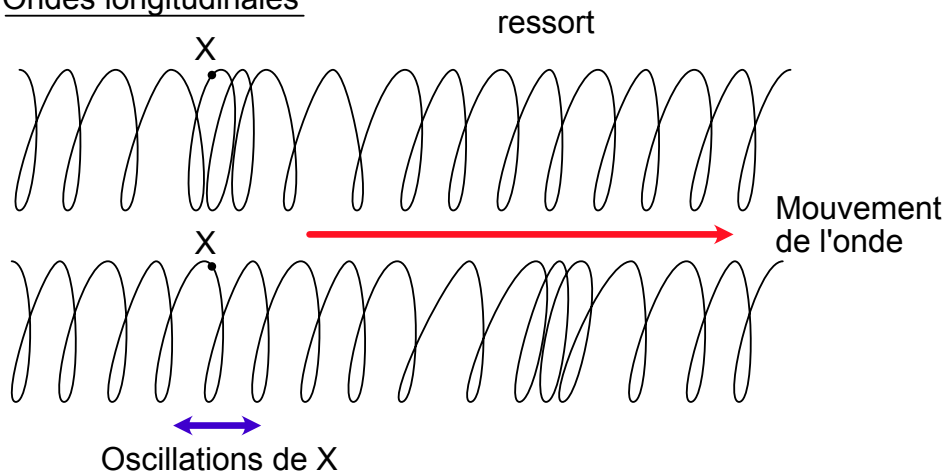
On distingue deux types d'ondes :

- **Ondes transversales** où la perturbation du milieu (et des objets dans ce milieu) est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde
- **Ondes longitudinales** où la perturbation du milieu se fait parallèlement à la direction de propagation des ondes.

Ondes transversales



Ondes longitudinales

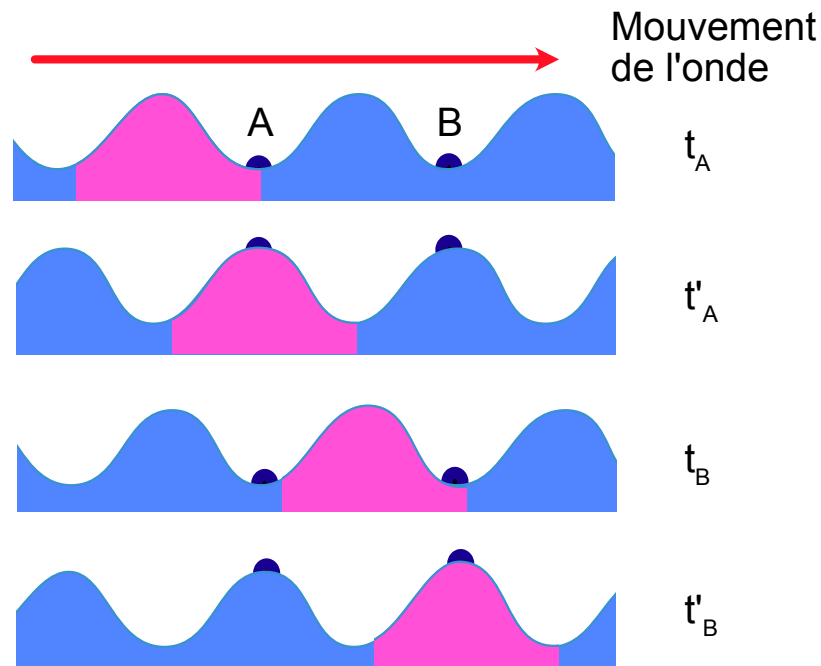


Propriétés d'une onde : retard et célérité

Les ondes possèdent deux caractéristiques principales : leur **fréquence** (vue précédemment) et leur **amplitude** (« hauteur » de l'onde).

Lorsque l'onde se déplace, elle n'atteint pas tous les points du milieu au même moment. On peut donc calculer le retard de l'onde entre le moment où elle atteint un point A et ensuite un point B :

Retard d'une onde



Le retard de l'onde, noté τ (tau) est la durée nécessaire pour parcourir la distance entre deux points A et B du milieu (on peut mesurer à différents endroits de l'onde à condition que ce soit identique pour les points A et B : point haut ou point bas).

$$\text{Donc } \tau = t_B - t_A = t'_B - t'_A$$

La célérité (vitesse de propagation) de l'onde pourra être calculée entre deux points A et B avec la classique formule (en utilisant v ou c pour la vitesse):

$$c = \frac{d_{AB}}{\tau}$$

où d_{AB} est la distance entre A et B et τ le retard entre A et B.

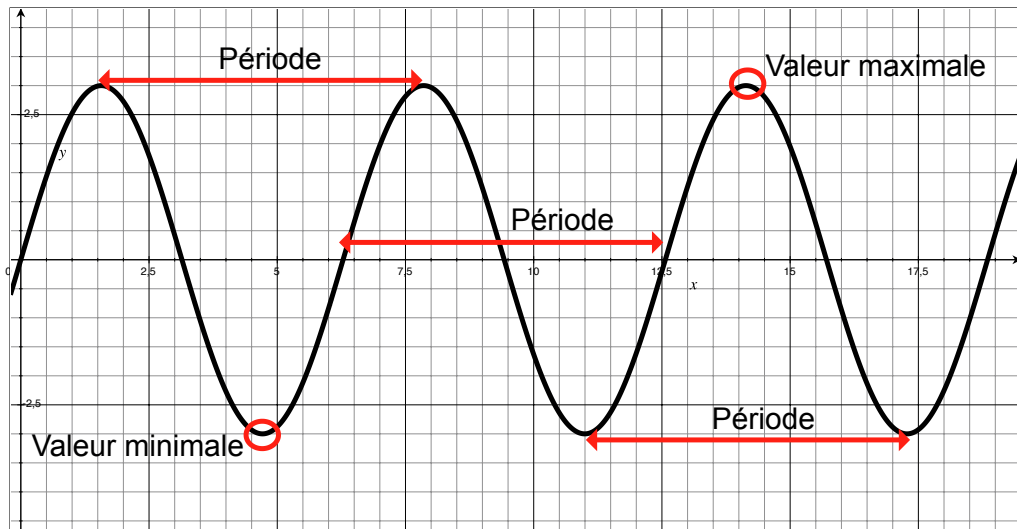
La célérité s'exprime en mètre par seconde (m.s^{-1}) et va dépendre du type d'onde et du milieu (voir les ondes sonores plus haut).

Ondes périodiques

Certains types d'ondes mécaniques (ou des rayonnements électromagnétiques, dont font partie la lumière, les rayons X ou les ondes radios) se propagent en formant un **motif qui se répète** : on dit qu'elles sont **périodiques**. On associe alors généralement la fréquence et la période à la **longueur d'onde**.

La **longueur d'onde** est la distance parcourue par l'onde au cours d'une période

Caractéristiques d'une onde



Longueur d'onde : $\lambda = c * T$ ou $\lambda = \frac{c}{f}$

λ : (lambda) longueur d'onde en mètre

c : célérité (vitesse) de l'onde en $m.s^{-1}$

Les ondes peuvent aussi être les vagues à la surface de la mer ou les compressions et décompressions de molécules sous l'effet d'un son (ondes sonores).

Longueur d'onde

La longueur d'onde λ (qui s'exprime en mètre (m)) représente la distance entre deux sommets consécutifs si on représentait l'onde sur une feuille de papier. La période représente, elle, le temps qui s'écoule entre deux sommets consécutifs.

Exemple : une onde électromagnétique d'une fréquence de 300 000 000 Hz ($3 \cdot 10^8$ Hz) qui se propage dans le vide, a une longueur d'onde $\lambda = c / f = 3 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^8 = 1$ m

Une onde électromagnétique est plus communément définie par sa longueur d'onde que par sa fréquence, l'une pouvant être calculé à partir de l'autre.