

SECONDE / PHYSIQUE-CHIMIE

LA SANTE



Chapitre 5 :

Ondes et imagerie médicale



I. Ondes sonores et électromagnétiques

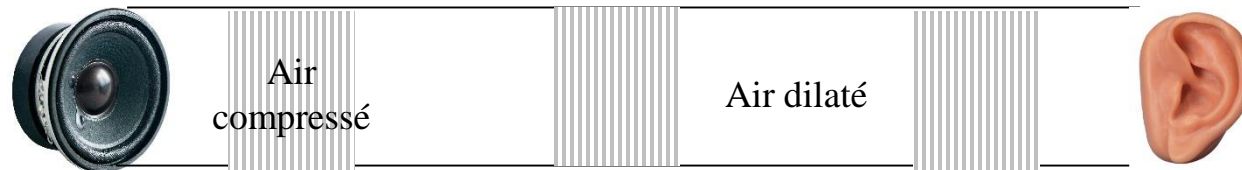
1. Définition

Phénomène de propagation d'une perturbation sans transport de matière (mais avec transport d'énergie).

Généralement, la perturbation est une vibration à caractère périodique. Ce sera le cas pour les ondes sonores et électromagnétiques étudiées.

2. Ondes sonores

Une onde sonore est un phénomène périodique de propagation d'une suite de compressions et dilatations de son milieu de propagation (tel que l'air).





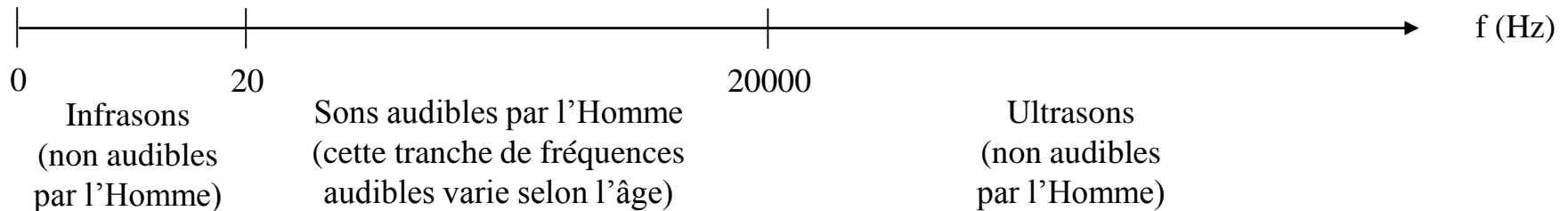
I. Ondes sonores et électromagnétiques

Exemple de sources d'ondes sonores : la voix, enceintes, ...

Une onde sonore nécessite un milieu matériel pour se propager (elle ne se propage pas dans le vide). Chaque onde sonore a une fréquence f et une période T qui lui est propre. La fréquence de vibration de l'onde est identique à celle de la source.

Dans le cas d'un haut parleur, la fréquence de l'onde est identique à celle de la tension appliquée aux bornes du haut parleur. Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

Domaines de fréquences pour les ondes sonores :





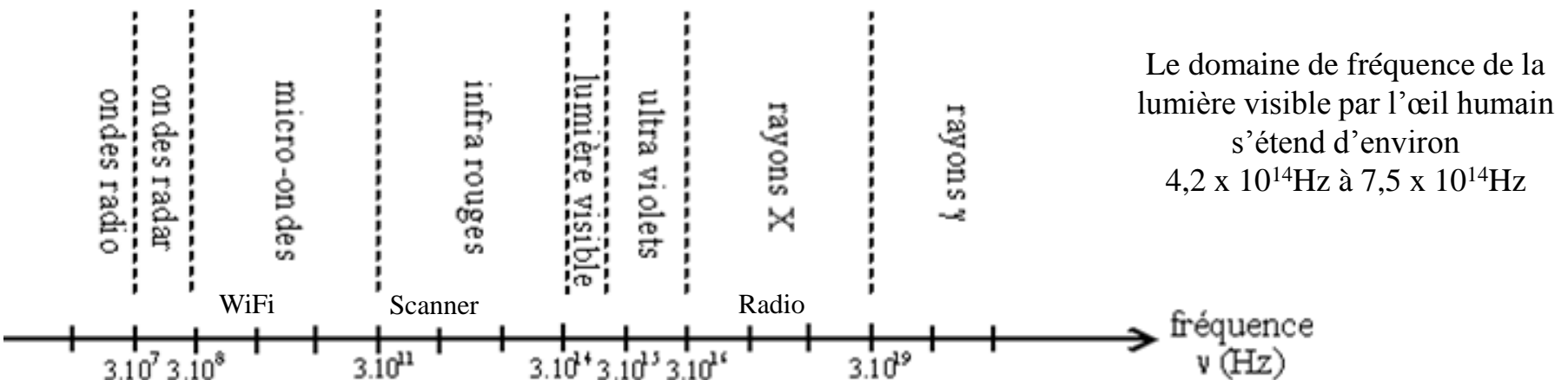
I. Ondes sonores et électromagnétiques

3. Ondes ElectroMagnétiques (O.E.M.)

Une onde électromagnétique correspond à la propagation simultanée des vibrations d'un champ magnétique et électrique.

Les O.E.M. peuvent se propager dans tous les milieux y compris le vide (elles n'ont pas besoin de matière pour se déplacer).

On distingue plusieurs types d'ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence :





I. Ondes sonores et électromagnétiques

4. Vitesse de propagation d'une onde sonore et lumineuse

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

v vitesse en m.s⁻¹, dans le cas d'une onde électromagnétique on peut parler de **célérité**
Δt durée du parcours en s
d distance parcourue par l'onde en m

Vitesse de la lumière : $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Vitesse du son (à 25°C et 1 bar) : $v_{\text{son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$

Application

Lors d'un orage, on peut estimer la distance nous séparant de celui-ci. En effet dans un premier temps l'éclair et le tonnerre sont produit quasiment en même temps au niveau de l'orage lui-même. Or on peut considérer que pour un orage « proche », la vitesse de l'éclair (lumière) est quasi instantanée comparée à celle du son du tonnerre. Cette vision de l'éclair permet donc de fixer le départ de l'onde.

Ainsi si l'on voit un éclair, que l'on déclenche un chronomètre et que l'on compte 7 secondes avant d'entendre le tonnerre, à quelle distance peut on estimer que se trouve l'orage ? (en considérant qu'il fait 25°C et que la pression est de 1 bar)



I. Ondes sonores et électromagnétiques

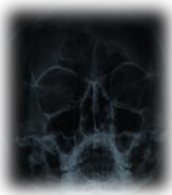
Correction

On sait que le son a une vitesse dans l'air de 340 m.s^{-1} et $v = d / \Delta t$ d'où :

$$d = v \times \Delta t = 340 \times 7 = 2380 \text{ m} = 2,38 \text{ km}$$

L'orage se trouve à environ 2,38 kilomètres.

Question bonus du prochain devoir : La « coutume » veut que lors d'un orage, on compte le nombre de secondes puis on le divise par 3. Ceci permet alors d'obtenir grossièrement la distance de l'orage en km. Pourquoi ?



II. Ondes et imagerie médicale

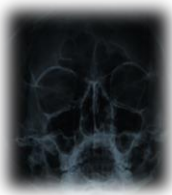
Introduction

Lorsqu'une onde se propage, il peut ne rien se passer ou l'onde peut être absorbée, réfléchi et/ou réfractée.

Absorption

Elle correspond à l'atténuation de l'onde due aux interactions avec son milieu de propagation. Elle dépend du milieu de propagation et de la fréquence de l'onde.

Une des applications est la **radiographie via des rayons X** qui vont être plus ou moins absorbés par les constituants du corps humains. Les os (denses) vont ainsi absorber beaucoup les rayons X et apparaître en blanc, et les tissus (moins denses) vont moins les absorber et apparaître en gris.

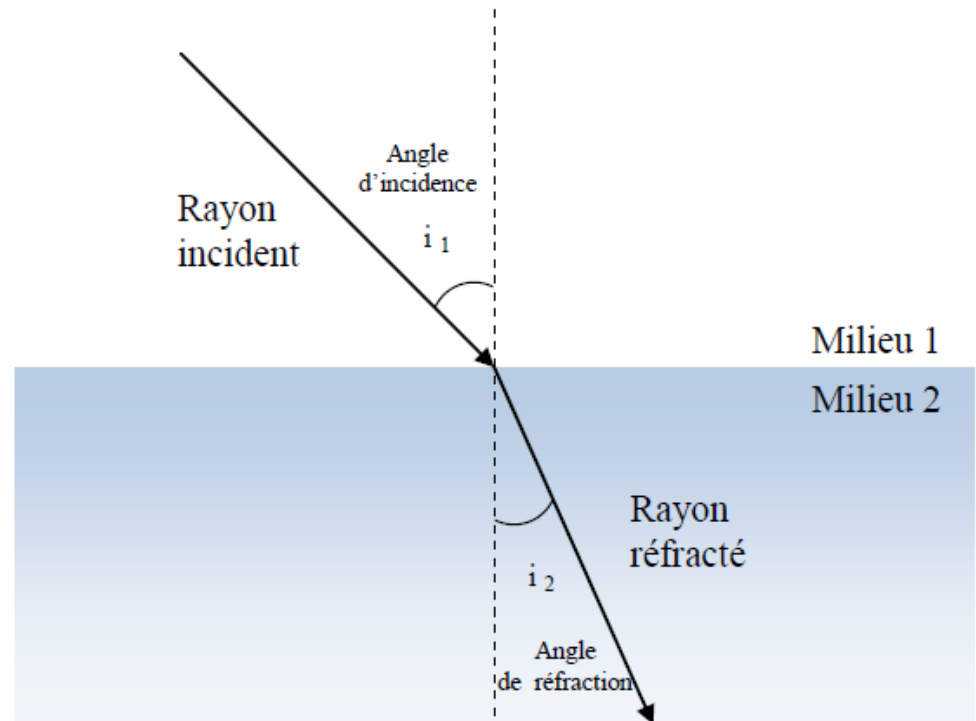


II. Ondes et imagerie médicale

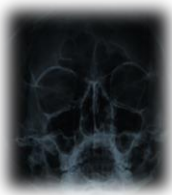
Réfraction (exemple de la lumière)

Dans un milieu transparent et homogène, la lumière se propage en ligne droite.

En revanche lors d'un changement de milieu, celle-ci peut être déviée lorsqu'elle traverse l'interface entre les deux milieux : c'est le phénomène de réfraction.



Schématisation de la réfraction



II. Ondes et imagerie médicale

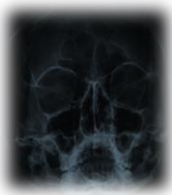
Réflexion

Lorsqu'une onde atteint la surface séparant deux milieux, une partie de l'onde peut être renvoyée vers le milieu d'origine : c'est le phénomène de réflexion.

Exemple : miroir.

L'échographie

L'échographie est une technique médicale qui utilise les phénomènes de réfraction et réflexion des ondes ultrasonores.



II. Ondes et imagerie médicale

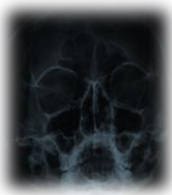
Réfraction limite et réflexion totale

Les lois de la réfraction sont régies par la relation de **Snell-Descartes** $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ avec n_1 et n_2 les indices de réfraction respectifs des milieux 1 et 2, i_1 l'angle d'incidence de l'onde et i_2 l'angle réfracté.

Ainsi si $n_1 < n_2$, alors $\sin i_1 > \sin i_2$ donc l'angle d'incidence est toujours supérieur à l'angle réfracté, le rayon réfracté existe donc toujours quelle que soit la valeur de l'angle d'incidence.

En revanche si $n_1 > n_2$ alors $\sin i_1 < \sin i_2$ donc l'angle d'incidence est inférieur à l'angle réfracté. Lorsque l'angle d'incidence sera supérieur à un angle limite pour lequel l'angle i_2 sera supérieur à 90° alors celui-ci ne sera plus réfracté : on parle de **réflexion totale**.

Application : calculer l'angle limite d'incidence pour un rayon lumineux passant de l'air ($n \approx 1$) à l'eau ($n \approx 1,3$) avant qu'il y ait réflexion totale



II. Ondes et imagerie médicale

Correction de l'application

Lorsqu'on atteint l'angle limite d'incidence, on a $i_2 = 90^\circ$

D'après la loi de Snell-Descartes :

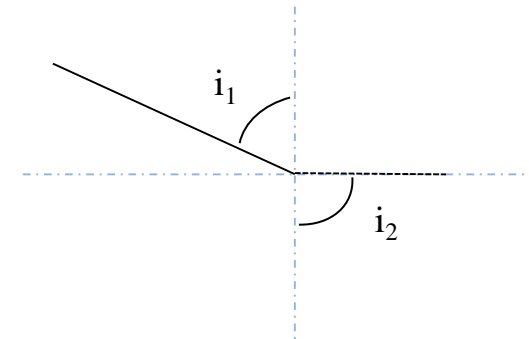
$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \text{ d'où } \sin i_2 = \frac{n_1 \sin i_1}{n_2}$$

$$\sin i_2 = (1 \times \sin(90)) / 1,3 = 1 / 1,3 \text{ soit } \sin^{-1} (1 / 1,3) = 50,28^\circ$$

L'angle d'incidence limite dans ce cas est de $50,28^\circ$.

Les fibres optiques utilisent le principe de la réflexion totale.

Elles sont utilisées en médecine dans des techniques telles que **l'endoscopie et la fibroscopie.**



Pas de rayon réfracté : réflexion totale

