

THEME 3 PHYSIQUE ET DIAGNOSTIQUES MEDICAUX

CHAP 1 ONDES ELECTROMAGNETIQUES ET PHOTONS

1. INTRODUCTION: DIFFERENTES PERIODES SPATIALE ET TEMPORELLE.

Dispositif.

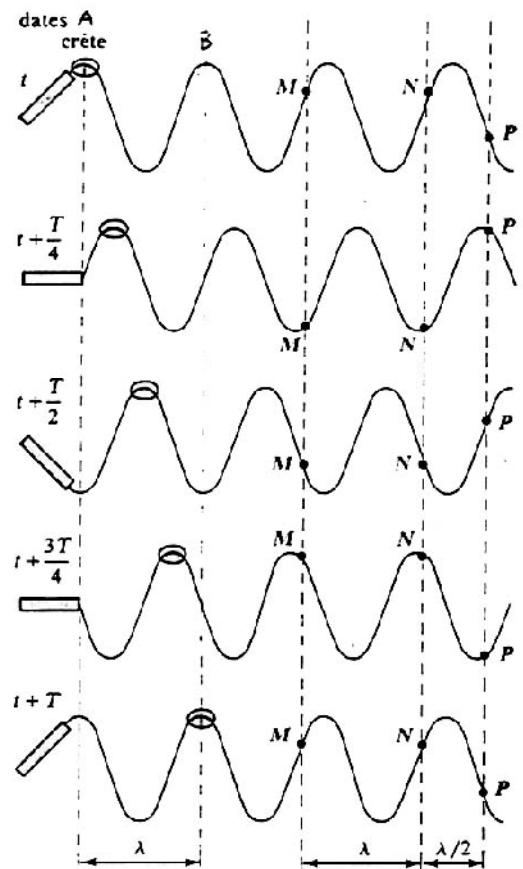
Un vibreur est constitué d'une lame. L'extrémité S de la lame vibre; elle effectue des oscillations périodiques autour de sa position d'équilibre. On attache l'extrémité S de la lame à une corde élastique et on fait vibrer le point S.



Les points de la corde ont un mouvement trop rapide; on peut étudier ce mouvement en utilisant un stroboscope. Cet appareil délivre des éclairs très brefs séparés par une durée constante et réglable; il permet d'immobiliser un phénomène vibratoire ou de le ralentir.

Observation 1: la notion de longueur d'onde.

Définition 1: la longueur d'onde



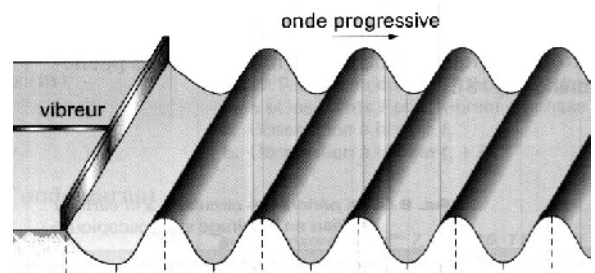
Observation 2: la notion de période temporelle

Définition 2: la période temporelle

2. CARACTERISER UNE ONDE

Une onde est un phénomène vibratoire qui se propage.

Tout phénomène vibratoire est caractérisé par



3. CELERITE D'UNE ONDE

La vitesse de propagation (ou célérité) d'une onde est notée c .

.....

.....

.....

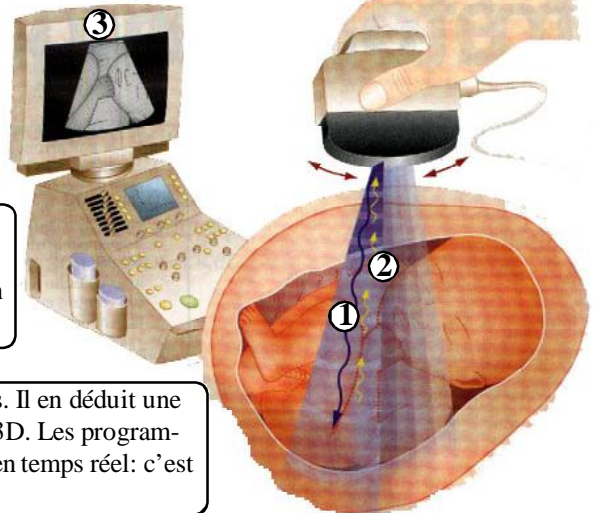
L'onde sonore se propage à la célérité de 340 m.s^{-1} dans l'air

Une application de la célérité des ondes ultrasonores : la vue en 3D

① La sonde envoie un faisceau d'ultrasons à travers le ventre de la mère. Le balayage du faisceau est latéral pour obtenir une image en 2D. Latéral et transversal pour une image volumique en 3D.

② Les ultrasons émis se réfléchissent différemment selon les tissus traversés. La sonde devient réceptrice et enregistre l'écho renvoyé. La distance des points est calculé en fonction du temps mis entre l'émission et la réception.

③ Le logiciel de traitement de l'image assemble les points obtenus. Il en déduit une image en coupe pour l'échographie en 2D et en volume pour la 3D. Les programmes les plus performants traitent l'information 3D quasiment en temps réel: c'est la 4D.



4. DUALITE ONDE/CORPUSCULE DE LA LUMIERE

Comprendre les divers phénomènes lumineux ont amené les scientifiques à s'interroger sur la nature même de la lumière et son mode de propagation.

Ces recherches ont permis de présenter la lumière sous deux aspects :

- le **modèle ondulatoire** (ou vibratoire) de la théorie de Maxwell (1873) sur les hypothèses d'Huygens (1678) reprises par Fresnel (1819).
- le **modèle corpusculaire** de la théorie d'Einstein (1905) sur les hypothèses de Planck (1900).

Les modèles ondulatoire et corpusculaire sont complémentaires et compatibles.

A toute onde électromagnétique on peut associer un corpuscule énergétique se propageant à la vitesse de la lumière, le photon.

L'aspect ondulatoire ou corpusculaire d'une O.E.M. est lié à son champ d'application :

Les travaux de Louis De Broglie (1923) ont permis d'unifier les deux théories. Au delà, ils vont déboucher sur la conception du microscope électronique...

Dans tous les cas, quelle que soit la fréquence, le photon est une particule et à cette particule est associée une OEM.

5. LA LUMIERE: UNE ONDE PARMIS LES ONDES.

De nombreux phénomènes physiques sont des ondes: le son, la vague, les tremblements de terre Nous allons nous intéresser à la lumière qui par certains de ses aspects est une onde.

5.1. CELERITE DE LA LUMIERE

Dans le vide (mais aussi dans l'air) la valeur de la célérité de la lumière est $c = \dots\dots\dots$

Information : La célérité de la lumière dépend de la nature du milieu traversé.

Par exemple dans l'eau: $c_{\text{eau}} = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; dans le verre: $c_{\text{verre}} = 2,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Exercice La lumière rouge a pour longueur d'onde $\lambda = 800 \text{ nm}$. Calculer T , et v .

.....

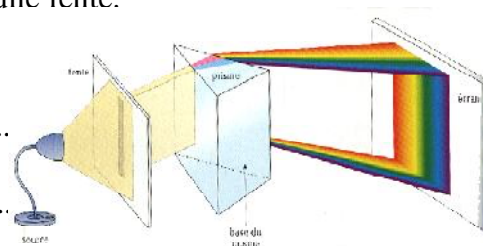
.....

5.2. LUMIERE VISIBLE

Dispositif.

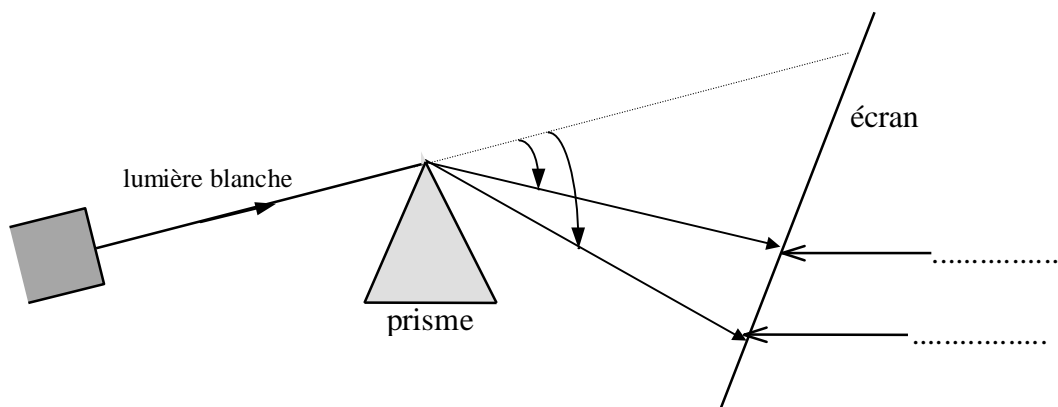
Utilisons un prisme éclairé par de la lumière blanche qui passe à travers une fente.

Observation.

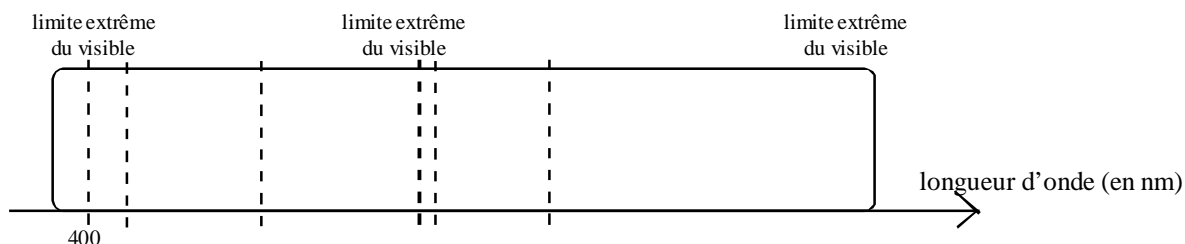


.....

.....



La lumière blanche est constituée par une catégorie d'O.E.M. que l'œil peut percevoir: l'ensemble de ces ondes constituent le *spectre continu* de la lumière blanche (arc en ciel).

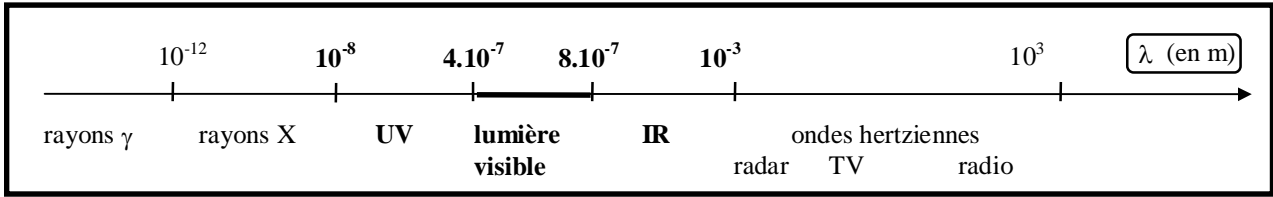


5.3. LUMIERES INVISIBLES

Il existe d'autres O.E.M. invisibles dont les propriétés sont celles de la lumière; ces ondes diffèrent entre elles par la fréquence de vibration de la source émettrice.

Dans le vide, toutes les ondes électromagnétiques ont la même célérité ($3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$) mais leurs longueurs d'onde sont différentes.

Les O.E.M. sont classées par catégories selon leur mode de production et leur domaine d'utilisation.



Exercice : Quelle est la longueur d'onde de N.R.J. Paris (100,3 MHz) ?

.....

France-Inter émet sur la longueur d'onde 1849 m. Quelle est la fréquence de cet émetteur ?

.....

6. LA LUMIERE: UNE PARTICULE D'ENERGIE

Contrairement à ce que la mécanique de Newton laisse prévoir: au niveau de l'atome ou plus petit, les échanges d'énergie se font par quantités discrètes appelées quanta d'énergie: on dit que les énergies échangées sont quantifiées et non plus continues.

Un quantum d'énergie associé à une radiation lumineuse de fréquence ν contient la quantité d'énergie:

$$\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

avec h est une constante universelle appelée constante de Planck et vaut $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
 ν a la dimension de l'inverse d'une durée.

L'énergie E du photon augmente :
 - si la fréquence ν de la radiation
 - si la longueur d'onde λ de la radiation

Exercice : Calculez l'énergie d'un photon en UV ($\lambda = 400 \text{ nm}$) puis en IR ($\lambda = 800 \text{ nm}$)

$E_{UV} =$ | $E_{IR} =$

.....

Comme $\lambda_{UV} < \lambda_{IR}$, l'énergie d'un photon UV est à l'énergie d'un photon IR.

