

THEME 2 - CHAP 1

ONDES ELECTROMAGNETIQUES ET PHOTONS

I. Introduction aux notions de fréquence, période temporelle et longueur d'onde.

On rappelle la période T d'un phénomène

Exemple:

La Terre a une période de rotation sur elle-même de

On déduit de la période T , la fréquence f par la relation

Elle est numériquement égale au nombre d'oscillations complètes "....." unité est le hertz (Hz).

Dispositif.

La source est un vibreur. Un vibreur est constitué d'une lame dont l'une des extrémités est et dont l'autre est placée devant un électroaimant alimenté en courant alternatif. Lorsque l'électroaimant fonctionne, 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.

.....

Figure ci-contre.

.....

Définition 1.

.....

Observation 2.

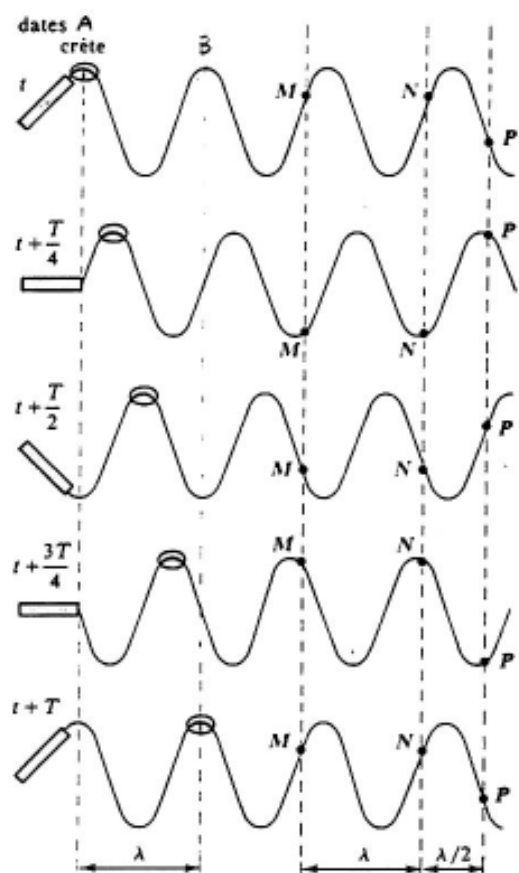
.....

Figure ci-contre.

.....

Définition 2.

.....



II. Comment caractériser une onde ?

1. Période et fréquence.

Une onde est un phénomène vibratoire qui se propage. Tout phénomène vibratoire est caractérisé par la période de la source.

a°) Période.

C'est la d'une vibration. On la note Son unité est la

Rappels : 1 ms =s ; 1 μ s =s

b°) Fréquence.

C'est le de vibrations par

On la note ou ou Son unité est le

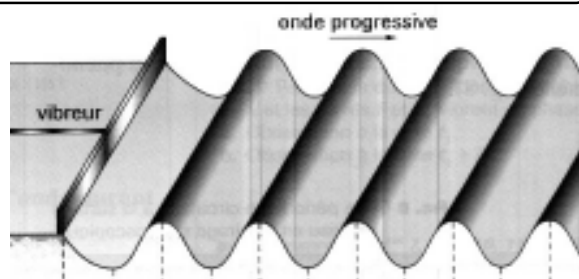
Rappels : 1 kHz = Hz ; 1 MHz = Hz ; 1 GHz = Hz

Période et fréquence sont liées par la relation : $T =$

T en s ; N en Hz.

c) Exemple.

Ci-contre le vibreur a une période de vibration T qui crée à la surface de l'eau une onde progressive.



2. Célérité et longueur d'onde.

a) Célérité.

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

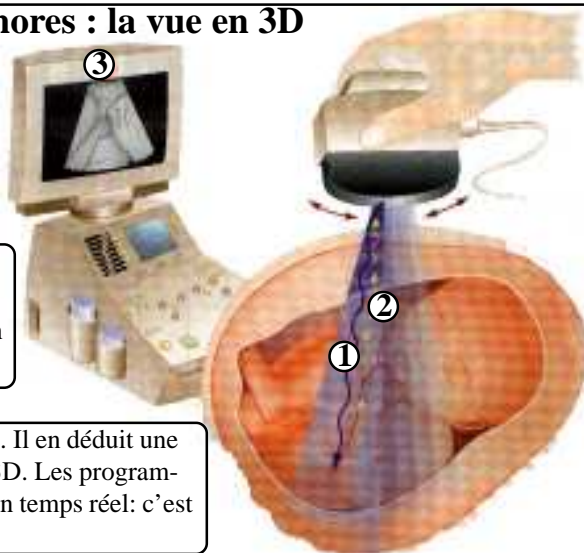
L'onde sonore se propage à la célérité de 340 m.s^{-1} dans l'air

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.



b) Longueur d'onde.

La longueur d'onde d'une radiation lumineuse est la distance parcourue par l'onde pendant une période de vibration T de la source.

On la note λ . Son unité est le

La longueur d'onde d'une radiation est exprimée par la relation suivante :

$\lambda = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ avec V en m.s^{-1} ; T en s ; N en Hz ; λ en m.

III. Une onde parmi toutes les ondes: l'onde lumineuse.

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.

1. Célérité d'une onde lumineuse

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 .

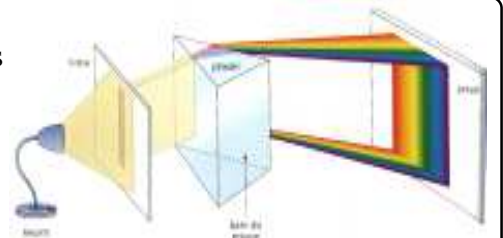
2. Longueur d'onde d'une onde lumineuse: Les ondes électromagnétiques (O.E.M.).

Dispositif.

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

Observation.

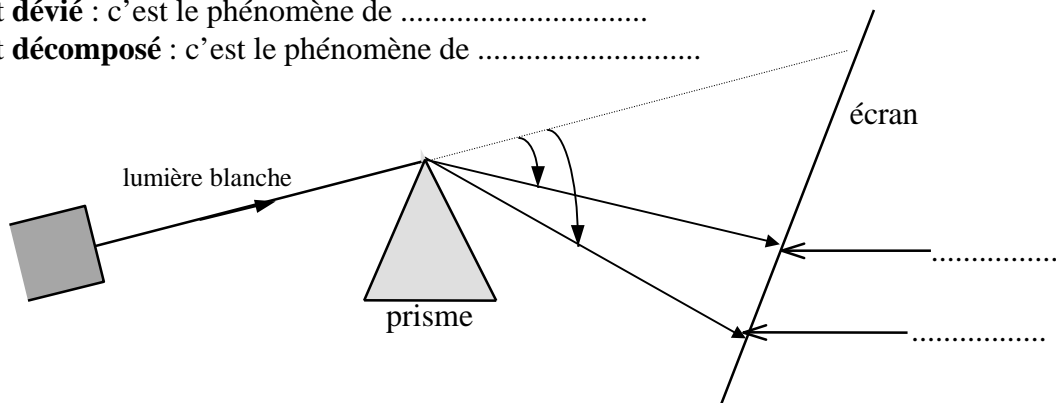
L'observateur voit sur l'écran blanc l'image de la fente et, de part et d'autre, des bandes colorées.



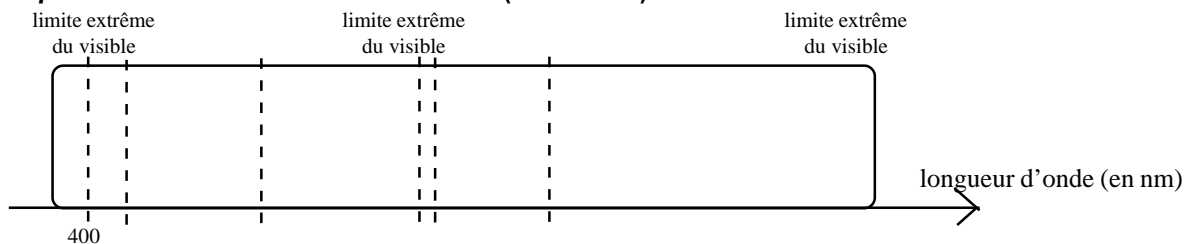
a) Une catégorie d'O.E.M.

Lorsqu'un faisceau de lumière blanche traverse un prisme :

- il est **dévié** : c'est le phénomène de
- il est **décomposé** : c'est le phénomène de



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).

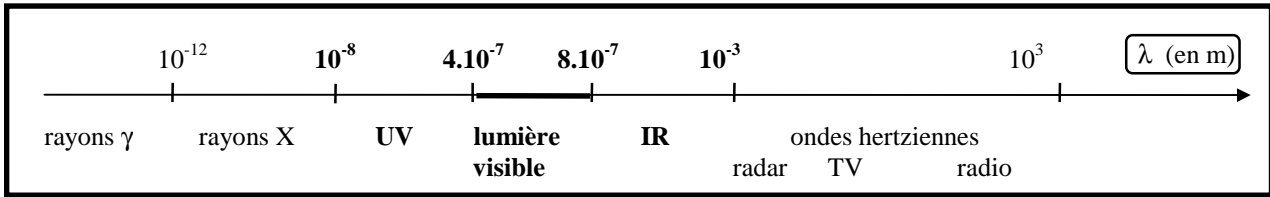


b) Généralisation.

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 (3.10^8 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.



Rappels : 1 mm = m ; 1 μm = m; 1 nm = m; 1 pm = m

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 ?

.....

A quel domaine appartiennent ces ondes ?

V. L'aspect corpusculaire de la lumière.

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 ($\lambda = 800 \text{ nm}$)

$E_{UV} =$	$E_{IR} =$
--	--

En conclusion...

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 :

<p>domaine des grandes longueurs d'onde (ondes hertziennes) \Leftrightarrow aspect ondulatoire domaine des courtes longueurs d'onde (rayons X, rayons γ) \Leftrightarrow aspect corpusculaire</p>

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.