P03 - Modèle ondulatoire de la lumière

1. Le modèle ondulatoire de la lumière

1. Comparaison de deux expériences

- Sur la cuve à ondes, la diffraction par une fente des ondes progressives à la surface de l'eau a permis d'observer des maximums et des minimums d'amplitudes dans certaines directions.
- Après le passage de la lumière à travers une fente, l'image observée sur un écran met en évidence des maximums et des minimums de lumière dans certaines directions (alternance de zones éclairées et de zones sombres).

Ces deux expériences conduisent à décrire la **lumière comme une onde**. *Cette onde est appelée « **onde lumineuse** » ou encore « **radiation lumineuse** ».*

2. Onde lumineuse

a. Fréquence

La fréquence ν (nu) d'une onde lumineuse sinusoïdale est une caractéristique propre à cette onde. Elle ne dépend pas du milieu traversé.

$\nu = \frac{1}{T}$ ou $T = \frac{1}{\nu}$ avec ν : fréquence de l'onde lumineuse (Hz ou s^{-1}) ; T : période de l'onde (s)

b. Célérité

- La valeur de la ***célérité c de la lumière*** dans le vide est : c = 299 792 458 $m.s^{-1}$.
- Cette valeur est connue avec une grande précision.
- On retiendra la valeur approchée suivante : ***$c = 3{,}00.10^{8}\ m.s^{-1}$***

- Contrairement aux ondes progressives mécaniques, les ondes lumineuses peuvent se déplacer dans le vide. Ce déplacement en absence de matière prouve que les ***ondes lumineuses ne sont pas mécaniques***.

c. Longueur d'onde dans le vide

La ***longueur d'onde λ*** d'une onde lumineuse dans le vide est la ***distance qu'elle franchit pendant une durée égale à une période T***.

$\lambda = c\,T$ λ: longueur d'onde dans le vide, en m ; c : célérité dans le vide, en $m.s^{-1}$;

$\lambda = \frac{c}{\nu}$ T : période de l'onde, en s ; ν : fréquence de l'onde, en Hz.

2. Diffraction de la lumière

1. Définition

► La lumière ne se propage plus en ligne droite après son passage par une fente étroite : ce phénomène s'appelle la ***diffraction de la lumière***.

- La ***diffraction de la lumière*** est la ***modification du trajet d'une onde lumineuse*** lorsqu'elle passe par une ***petite ouverture*** ou autour d'un petit ***obstacle***.
- L'ensemble des zones éclairées s'appelle ***figure de diffraction***. (doc 5b p 64)

2. Influence de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle

a. Diffraction par une fente

- ***Plus la dimension d'une ouverture est petite, plus la tache de diffraction observée sur un écran placé à distance fixe est étalée.***

Figures p25 memo BAC BORDAS

b. Diffraction par un obstacle, par exemple un fil

- ***Plus la dimension d'un obstacle est petite, plus la tache de diffraction observée sur un écran placé à distance fixe est étalée.***

Figures p25 memo BAC BORDAS

3. Ouverture angulaire du faisceau diffracté (doc 11 p 67)

- Un rayon LASER, de longueur d'onde λ, passe à travers une fente de largeur a.
- L'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et la première extinction (tache sombre) est donné par la relation suivante :

$$\tan\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{ou} \quad \theta = \frac{\lambda}{a}$$

θ : écart angulaire considéré (en rad),
λ : longueur d'onde dans le vide de la radiation utilisée (en m),
a : largeur de la fente ou du fil.

Figure 4 p 26 memo BAC Bordas

3. Lumières monochromatique et polychromatique

1. Lumière monochromatique (doc 4a p 64)

- Une ***lumière monochromatique*** est constituée d'***une seule radiation lumineuse*** de longueur d'onde dans le vide λ, correspondant à une seule couleur.
- Une lumière monochromatique ne peut ***pas être décomposée par un prisme***, comme le ***laser***.

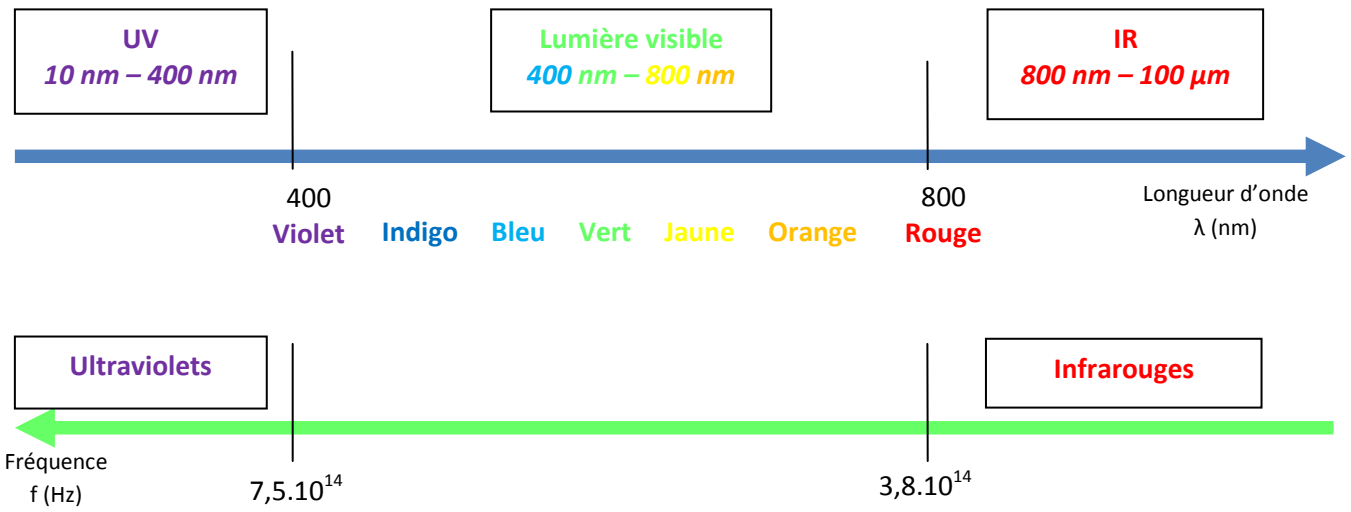
2. Lumière polychromatique (doc 4b p 64)

- Une ***lumière polychromatique*** est constituée de ***plusieurs radiations lumineuses*** de longueur d'onde dans le vide λ_i, chaque radiation correspondant à une seule couleur.
- Une lumière polychromatique peut ***être décomposée par un prisme***, comme une ***lampe à incandescence*** ou la ***lumière blanche***.

3. Domaines de longueurs d'onde des radiations lumineuses

a. Le domaine du visible

- ***L'œil humain n'est sensible qu'à certaines fréquences***, celles de la lumière visible, comprises entre environ ***$7{,}5\ .10^{14}$ Hz et $3{,}8.10^{14}$ Hz***.
- A ces fréquences correspond un domaine de ***longueur d'onde du visible*** (dans le vide ou dans l'air), compris entre ***400 nm et 800 nm***.



b. Les domaines des ultraviolets et des infrarouges

- A côté du domaine visible, il existe des radiations auxquelles l'œil humain n'est pas sensible :
  - ***Les ultraviolets (UV)***, L'atmosphère filtre les ultraviolets, de courte longueur d'onde, du Soleil, qui sont nocifs pour l'homme, grâce à la couche d'ozone O_3.
  - ***Les infrarouges (IR)***. Les IR sont émis par tout corps chaud : Soleil, radiateur, filament d'une ampoule, flamme, corps humain… L'absorption des IR s'accompagne d'un échauffement.

4. Propagation de la lumière dans les milieux transparents

1. Les milieux dits transparents

Un milieu est dit ***transparent*** s'il laisse passer la lumière.

Exemples : l'air, l'eau, le verre…

Remarques : - un milieu n'est jamais parfaitement transparent.
- si l'épaisseur traversée devient importante, alors une atténuation se manifeste.

2. Célérité de la lumière dans des milieux transparents

- La ***célérité de la lumière dans les milieux transparents est toujours plus faible que celle dans le vide***, mais elle reste du même ordre de grandeur.
- ***La célérité de la lumière dans un milieu de propagation dépend de la fréquence v*** de la radiation considérée.
- ***La fréquence v*** d'une radiation monochromatique ***ne change pas lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre***.

3. Indice de réfraction d'un milieu transparent

L'***indice de réfraction*** n_i d'un milieu transparent est le ***quotient de la célérité c de la lumière dans le vide par la célérité*** c_i ***de la lumière dans le milieu considéré***.

$$n_i\,(v) = \frac{c}{c_i}$$

n_i : Indice de réfraction du milieu, sans unité,
c : Célérité de la lumière dans le vide, en m.s^{-1},
c_i : Célérité de la lumière dans le milieu, en m.s^{-1}.

► Plus l'indice d'un milieu transparent est élevé, plus ce milieu est dispersif.

4. Dispersion de la lumière blanche

a. Définition doc 12 p67

► La ***lumière blanche est dispersée par un prisme*** : on obtient le ***spectre continu de la lumière blanche***.

La ***dispersion de la lumière*** est le phénomène physique qui consiste à ***décomposer un rayonnement polychromatique en ses différentes radiations***.

b. Milieu de propagation dispersif

- ***Si la célérité d'une onde*** dans un milieu transparent est ***fonction de sa fréquence***, le milieu est dit ***dispersif***.
- Les ***milieux transparents*** sont ***plus ou moins dispersifs***.