

# La lumière : modèle ondulatoire (chapitre 4 de Physique)

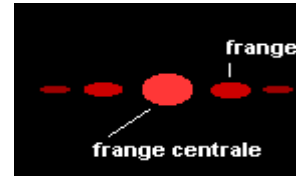
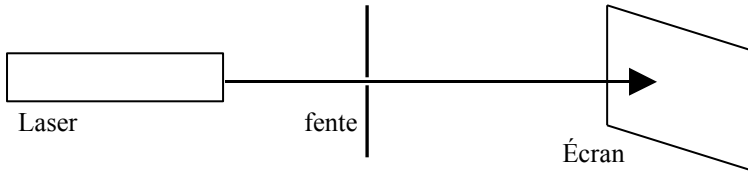
**Introduction :** Exposés en pleine lumière, des CDROMs présentent des reflets irisés. Comment expliquer ce phénomène ?

## I°) Le modèle ondulatoire de la lumière :

### 1°) Diffraction de la lumière

Réalisons l'expérience suivante (réalisée au TP N°6):

figure de diffraction obtenue sur l'écran



On observe sur l'écran une figure de diffraction. (tache principale et d'autres taches sur les côtés). Ce phénomène se produit lorsque l'ouverture par laquelle passe la lumière est de ..... On dit que l'ouverture a diffraqué la lumière du laser.

Remarques:

- Plus l'ouverture est petite (proche de .....), plus le phénomène de diffraction est marqué.
- Le phénomène de diffraction met en évidence le fait que l'on ne peut résumer la lumière par une droite avec une flèche (principe de .....).

### 2°) Interprétation ondulatoire

De façon générale, la lumière peut-être considérée comme une .....**électromagnétique**. En particulier, la lumière émise par le laser peut-être décrite comme **une onde électromagnétique sinusoïdale de fréquence donnée**. Cette onde subit des déviations lorsqu'elle rencontre une ouverture ou un obstacle de petites dimensions (proche de .....)

La lumière se propage dans le vide, et dans les milieux transparents (air, eau, gaz, verre, etc...).

Dans le vide, la célérité de la lumière est  $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$  (on retiendra  $c \approx \dots$ ).

Remarques:

- La célérité de la lumière dans le vide ne dépend pas de la fréquence de l'onde.
- La célérité de la lumière dans l'air est pratiquement égale à sa célérité dans le vide ( $c_{\text{air}} \approx c_{\text{vide}}$ ).

## II°) Couleur et longueur d'onde :

### 1°) Lumière monochromatique :

**Définition** On appelle lumière monochromatique une onde électromagnétique progressive sinusoïdale de **fréquence donnée**. La couleur de cette lumière est liée à la valeur de sa fréquence (en .....). **Ce qui revient à dire qu'à une radiation correspond une et une seule .....** Cette dernière est **indépendante du milieu de propagation, elle ne caractérise que la source lumineuse**. Le spectre du visible s'étale du violet ( $7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ) au rouge ( $3,7 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ) (voir livre p 69)

### 2°) Longueur d'onde :

Comme toutes les ondes périodiques, les ondes électromagnétiques présentent une double périodicité (temporelle (caractérisée par ..... ) et spatiale.

La périodicité spatiale correspond à longueur d'onde **dans le vide**, elle sera notée  $\lambda_0$ . On l'obtient grâce à la formule :

$\lambda_0 = \dots = \dots$  (attention avec  $c$ =célérité dans le vide).

Le spectre du visible **dans le vide** s'étale donc de  $\lambda_{\text{violet}}$  (.....) à  $\lambda_{\text{rouge}}$  (.....)

## III°) Propagation d'une onde lumineuse dans un milieu transparent :

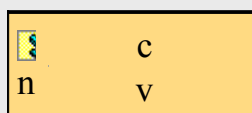
### 1°) Indice de réfraction

Remarques préliminaires

- La célérité d'une onde électromagnétique dépend du milieu de propagation. ( $v_{\text{diamant}} \approx 1,2 \times 10^8 \text{ m/s}$   $v_{\text{eau}} \approx 2,3 \times 10^8 \text{ m/s}$  voir livre p 69)
- La célérité d'une onde électromagnétique dans un milieu transparent est toujours inférieure à la célérité de cette onde dans le vide ( $c$ ).

Ces 2 remarques se retrouvent dans la définition ci-dessous

**Définition :** L'indice de réfraction d'un milieu transparent est le rapport entre **la célérité d'une onde se propageant dans le vide ( $c$ )** et sa célérité dans le milieu considéré ( $v$ ).



avec

$\left\{ \begin{array}{l} n: \text{indice de réfraction du milieu transparent} \\ c: \text{célérité de l'onde dans le vide } (3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}) \\ v: \text{célérité de l'onde dans le milieu transparent } (\text{m.s}^{-1}) \end{array} \right.$

**n diamant**  $\approx \dots$  **n eau**  $\approx \dots$

**2°) Indice et longueur d'onde :**

La longueur d'onde d'une radiation dans un milieu quelconque (de célérité  $v$ ) se calcule de la façon suivante :

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{n \cdot f}$$

Ex  $\lambda_{\text{laser}}$  (vide ou air)  $\approx 633 \text{ nm}$  ( $633 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ )  $\lambda_{\text{laser}}$  (eau)  $\approx \dots \text{ nm}$ .

Comme pour les ondes mécaniques, **la fréquence et la période sont les seules caractéristiques d'une onde lumineuse (indépendant du milieu de propagation). Par contre la longueur d'onde d'une radiation change quand on change de milieu.**

**IV°) Dispersion de la lumière blanche :**

**1°) Milieu dispersif - milieu non dispersif**

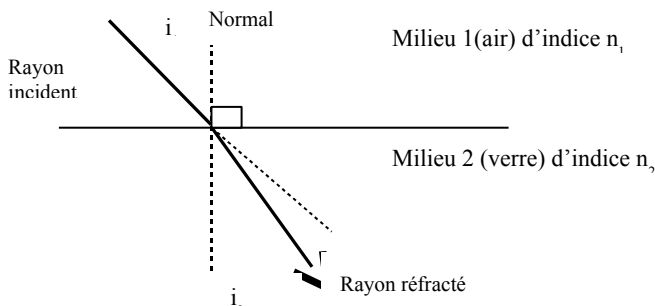
**Définition:** Un milieu transparent est dit **dispersif** si la célérité d'une onde lumineuse monochromatique qui se propage dans ce milieu dépend de sa fréquence.

**Définition:** Un milieu transparent est dit **non dispersif** si la célérité d'une onde lumineuse monochromatique qui s'y propage dans ne dépend pas de sa fréquence c'est le cas pour ..... ou .....

**2°) Rappels des lois de la réfraction :**

La réfraction correspond au ..... d'une onde lumineuse quand elle passe d'un milieu homogène à l'autre.

**Cas ou  $n_2 > n_1$  (passage de l'air dans le verre par exemple)**



**Lois de DESCARTES sur la réfraction :**

**1° Loi :** le rayon réfracté appartient au plan d'incidence (plan formé par le rayon incident et la .....)

**2° loi :**  $n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$  avec l'exemple ci-joint on peut encore écrire :  $n_{\text{air}} \times \sin i_1 = n_{\text{verre}} \times \sin i_2$  ou encore :

..... = .....  
soit ..... = .....

**3°) Dispersion de la lumière blanche :**

**Expérience :** on envoie une lumière blanche c'est-à-dire polychromatique (composée de plusieurs ondes monochromatiques de fréquences différentes) à travers un prisme . On observe un spectre avec toutes .....

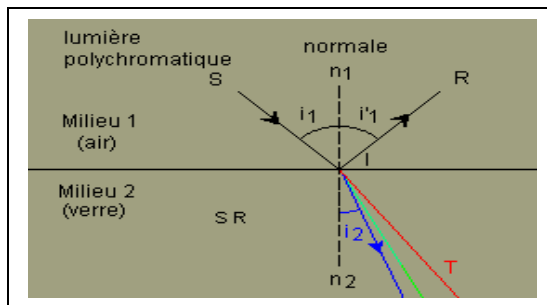
Le bleu étant la couleur la plus ..... et le rouge la .....

**Interprétations :** la 2° loi de DESCARTES s'applique à toutes les radiations :  $n_{\text{air}} \times \sin i_1 = n_{\text{verre}} \times \sin i_2$

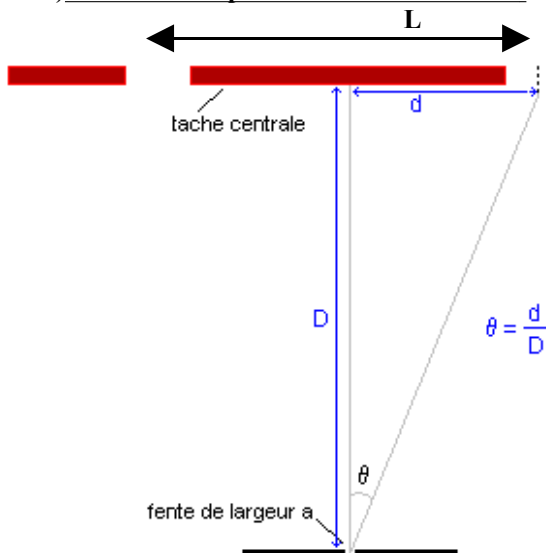
L'angle d'incidence  $i_1$  est le ..... quelque soit la radiation (toutes les radiations se superposent au départ pour former du blanc).  $n_{\text{air}}$  est le même quelque soit la radiation (le vide et l'air ne sont pas des milieux .....

Par conséquent  $n_{\text{air}} \times \sin i_1 = \dots$  quelque soit la radiation. Ce qui implique  $n_{\text{verre}} \times \sin i_2 = \dots$  or  $i_2$  varie (voir dessin ci-dessous), donc pour garder  $n_{\text{verre}} \times \sin i_2 = \text{cste}$  cela induit que l'indice du verre  $n$  est pas ..... donc il varie avec la .....

**Conclusion :** L'indice d'un milieu transparent et homogène (autre que l'air) varie avec la radiation lumineuse. Ce qui revient à dire que la vitesse de propagation d'une radiation lumineuse dans un milieu (autre que l'air ou le vide) dépend de la fréquence de l'onde qui s'y propage : c'est le phénomène de .....



**V°) Retour sur le phénomène de diffraction :**



Lorsqu'un faisceau parallèle de lumière monochromatique (type laser) de longueur d'onde dans le vide (ou l'air)  $\lambda_0$  traverse une fente de largeur  $a$ , l'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et la première extinction est donnée par la relation :

$$\theta(\text{rad}) = \frac{\lambda_0(m)}{a(m)}$$

Pour des petits angles (en radian)  $\text{tg } \theta = \dots \approx \theta$

Ce qui donne  $\frac{\lambda_0(m)}{a(m)} \dots$  d'où l'expression de la longueur

d'onde dans le vide de la source lumineuse :

$$\lambda_0 \approx \frac{L \times a}{2D}$$

avec  $L$  : largeur de la tache centrale en mètre

$a$  : largeur de la fente en .....

$D$  : distance entre la fente et l'écran en .....