

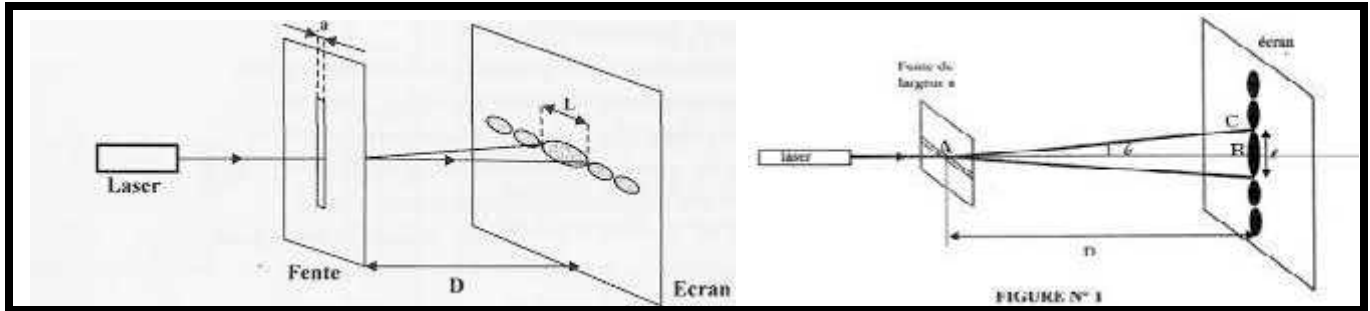
# Propagation des ondes lumineuses

## I) Le modèle ondulatoire de la lumière :

### 1) Phénomène de diffraction de la lumière :

On appelle diffraction, le phénomène au cours duquel une onde qui traverse une petite ouverture ou rencontre un petit objet change de direction sans modification de fréquence ou de longueur d'onde  $\lambda$ .

Le phénomène est d'autant plus important que la taille de l'obstacle ou de l'ouverture est faible.



Par comparaison avec les ondes mécaniques, on peut dire que la lumière a un aspect ondulatoire.

### 2) La lumière : une onde électromagnétique :

La lumière peut être décrite comme une onde progressive appartient à une catégorie d'ondes, appelées ondes électromagnétiques.

Les ondes lumineuses peuvent se propager dans le vide et dans les milieux transparents.

## II) Propriétés des ondes lumineuses.

### 1) Onde lumineuse monochromatique:

Une onde lumineuse monochromatique est une onde progressive sinusoïdale caractérisée par :

- ✓ Sa fréquence  $\nu$  (ou sa période  $T$ ) imposée par la source de l'onde.
- ✓ Sa vitesse  $V$ , qui dépend du milieu dans lequel elle se propage.

### 2) Célérité de la lumière - indice de réfraction:

La célérité de la lumière dans le vide: c'est une constante fondamentale dont la valeur est indépendante de la fréquence de la radiation lumineuse.

$$C \approx 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Dans un milieu matériel, l'onde lumineuse se propage avec une vitesse  $V$  inférieure à la célérité  $C$ .

On définit l'indice de réfraction dans un milieu transparent pour une lumière monochromatique par la relation :

$$n = \frac{C}{V}$$

L'indice de réfraction  $\rightarrow$   $n$ 
 $\leftarrow$  Célérité (m.s<sup>-1</sup>)
 $\leftarrow$  Vitesse (m.s<sup>-1</sup>)

**Remarque :**

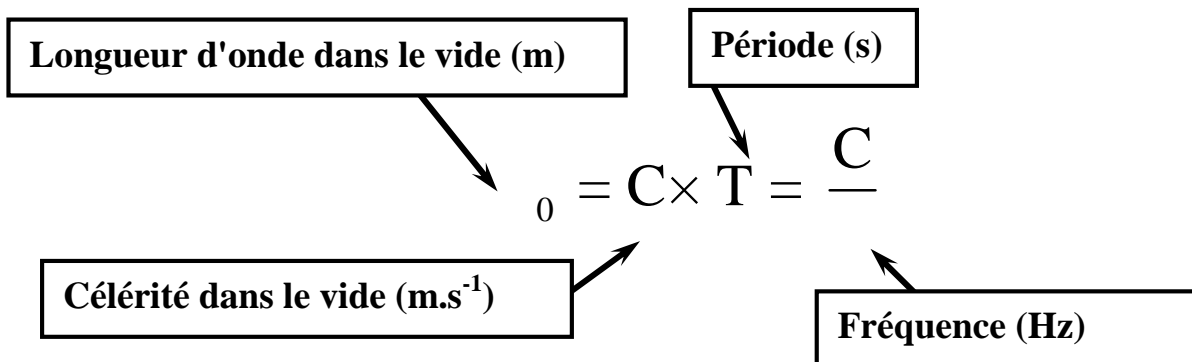
- L'indice de réfraction n'a pas d'unité.
- L'indice de réfraction n est supérieur à 1

**Exemples :**

| Milieu  | Vitesse de propagation (m.s <sup>-1</sup> ) | Indice n       |
|---|---|----------------|
| Vide  | 3,00×10 <sup>8</sup>                        | 1,00           |
| Air   | 3,00×10 <sup>8</sup>                        | 1,00014 ≈ 1,00 |
| Eau   | 2,26×10 <sup>8</sup>                        | 1,33           |
| Verre   | 2,00×10 <sup>8</sup>                        | 1,50           |
| Diamant   | 1,24×10 <sup>8</sup>                        | 2,42           |
| Indice de réfraction de quelques milieux dispersifs pour une onde monochromatique de longueur d'onde } = 589 nm |   |                |

**3) La fréquence et la longueur d'onde:**

- La couleur de la lumière monochromatique dépend de la fréquence.
- L'onde lumineuse monochromatique est caractérisée par sa fréquence  $\nu$  qui ne dépend pas du milieu de propagation.
- On exprime la longueur d'onde  $\lambda_0$  de la lumière monochromatique dans le vide par la relation :



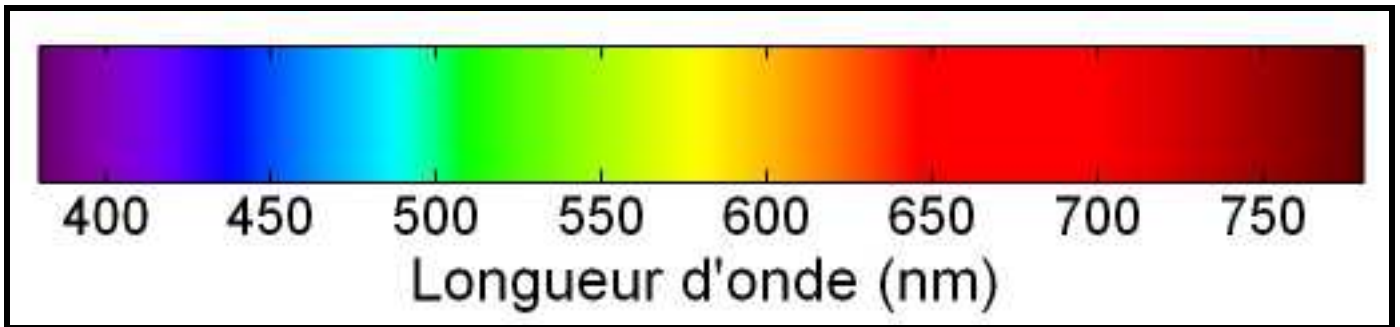
- Dans un milieu bien défini, on exprime la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique par la relation :

$$\lambda = \nu \times T = \frac{V}{\nu}$$

- La longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique de fréquence  $\nu$ , dépend de la nature du milieu de propagation.

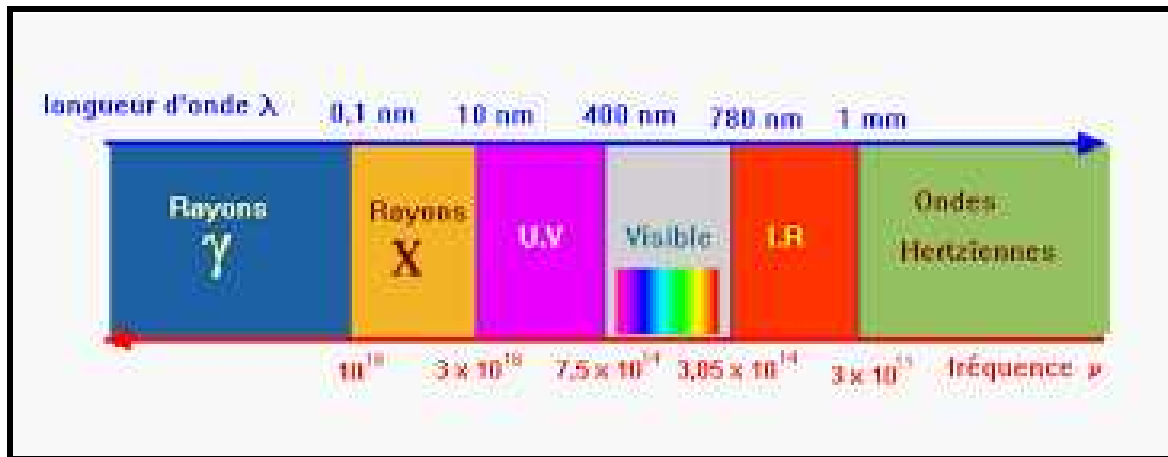
**4) Domaine des ondes lumineuses visibles :**

Le mot "*lumière*" décrit les ondes électromagnétiques que l'œil humain peut percevoir. Cela correspond à un domaine de longueurs d'onde  $\lambda$  dans le vide comprise entre 400 nm (le violet) et 800 nm (le rouge), soit un domaine de fréquence comprise entre  $3,75 \cdot 10^{14}$  Hz et  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz.



**Remarque :**

Le spectre électromagnétique des longueurs d'onde et des fréquences correspondantes de différents domaines.



**III) Diffraction d'une onde lumineuse monochromatique :**

**1) Caractéristiques de la diffraction d'une onde lumineuse monochromatique par fente:**

Le phénomène de diffraction est visualisable si la largeur a des ouvertures ou des obstacles interposés sur le fuseau est *inférieur* ou du *même ordre de grandeur* que la longueur d'onde  $\lambda$  dans le milieu de propagation, mais également si la largeur a est 10 à 100 fois plus grande que  $\lambda$ .

La diffraction de la lumière monochromatique par une fente dépend de deux facteurs :

✓ *Influence de la largeur a.*

Plus la fente est petite et plus la figure de diffraction s'étale : la tache centrale deviens de plus en plus large.

✓ *Influence de la longueur d'onde  $\lambda$ .*

Plus la longueur d'onde de la lumière monochromatique est grande et plus la largeur de la tache centrale est large.

2) Ecart angulaire " :

L'écart angulaire (angle de diffraction)  $\theta$  entre le milieu de la tache centrale et la première extinction est  $\theta = \widehat{OKM}$

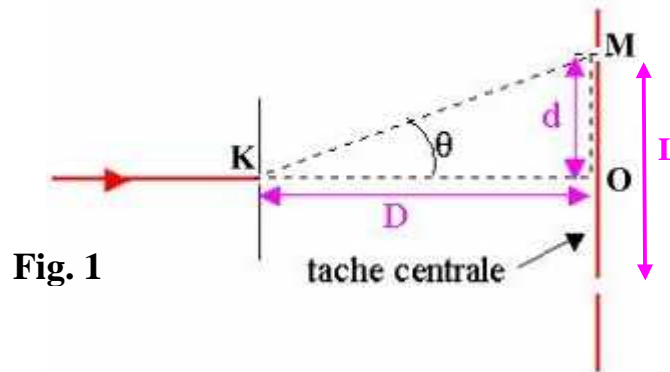


Fig. 1

On se place dans le cas de la diffraction d'une lumière monochromatique, de longueur d'onde  $\lambda$  par une fente de largeur  $a$  (ou par un fil d'épaisseur  $a$ )

L'expression de l'écart angulaire est :

|                       |   |                         |
|-----------------------|---|-------------------------|
| Ecart angulaire (rad) | = | Longueur d'onde (m)     |
| "                     | = | }                       |
|                       | = | $\frac{\lambda}{a}$     |
|                       |   | Largeur de la fente (m) |

3) Relation entre la largeur de la tache centrale et la longueur d'onde:

D'après la figure 1 :  $\tan(\theta) = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$  et puisque  $L \ll D$  donc  $\tan(\theta) \cong \theta(\text{rad})$

On a  $\theta = \frac{\lambda}{a}$

donc  $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$  c.à.d  $L = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}$

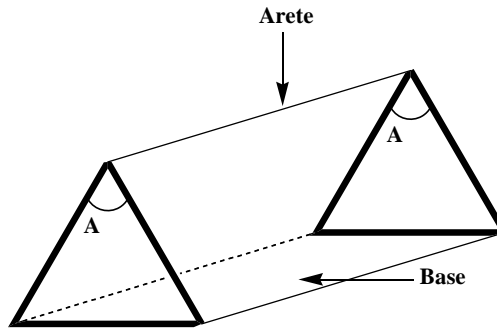
**Remarque :**

La diffraction de la lumière blanche (polychromatique) entraîne l'obtention d'une tache lumineuse centrale blanche et d'autres taches lumineuses sont bordées d'un côté de rouge, de l'autre de violet

IV) **Dispersion des ondes lumineuses :**

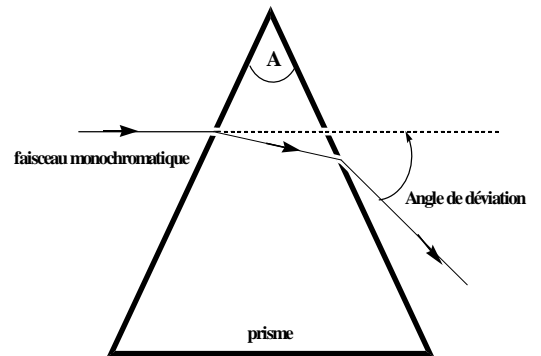
1) Définition du prisme:

Un prisme est un polyèdre qui a deux faces parallèles, superposables, qui se coupent suivant une droite qui s'appelle l'arête du prisme et dont les autres faces sont rectangulaires.

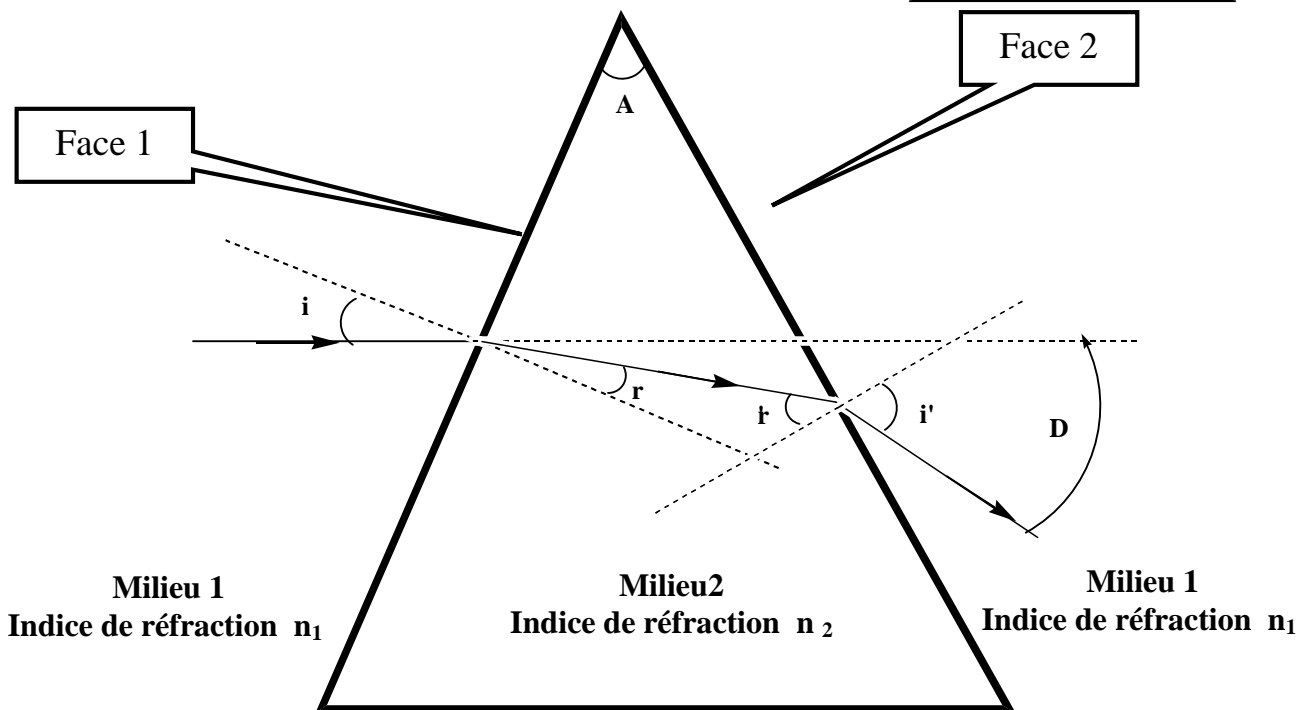


**2) Réfraction d'un faisceau lumineux par un prisme:**

Lorsqu'un faisceau lumineux monochromatique traverse un prisme, d'indice  $n$ , il est dévié à cause du changement du milieu (air-verre; verre-air) cela crée 2 réfractions successives une sur chaque face de prisme



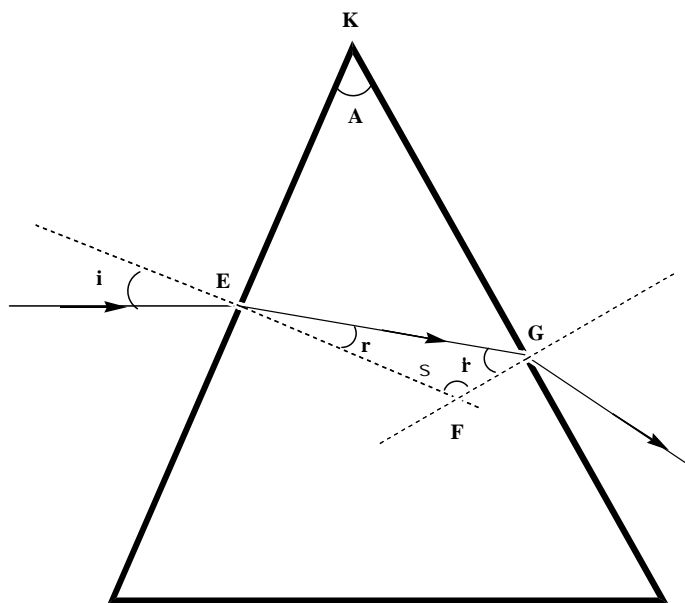
**3) Formules d'un prisme :**



- ✓  $i$  : Angle d'incidence sur la surface 1.
- ✓  $r$  : Angle de réfraction sur la surface 1.
- ✓  $r'$  : Angle d'incidence sur la surface 2.
- ✓  $i'$  : Angle de réfraction sur la surface 2.
- ✓  $D$  : Angle de déviation.
- ✓  $n_1$  : Indice de réfraction
- ✓  $n_2$  : Indice de réfraction

|   |   |   |                  |
|---|---|---|------------------|
| ① | $n_1 \times \sin(i) = n_2 \times \sin(r)$   | ③ | $A = r + r'$     |
| ② | $n_2 \times \sin(r') = n_1 \times \sin(i')$ | ④ | $D = i + i' - A$ |

Démonstration de la relation N° ③



Dans le quadrilatère EFGK :

$$A + \beta = 180^\circ$$

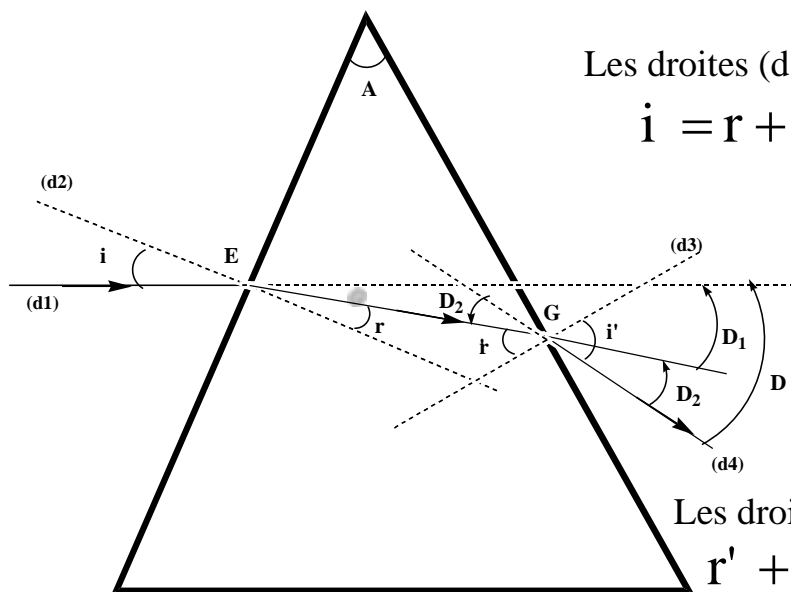
Dans le triangle EFG :

$$r + r' + \beta = 180^\circ$$

Donc :

$$A = r + r'$$

Démonstration de la relation N° ④



Les droites (d1) et (d2) se coupent en E :

$$i = r + D_1 \Rightarrow D_1 = i - r$$

Les droites (d3) et (d4) se coupent en E :

$$r' + D_2 = i' \Rightarrow D_2 = i' - r'$$

$$D = D_1 + D_2 = i - r + i' - r' \Rightarrow D = i + i' - (r + r')$$

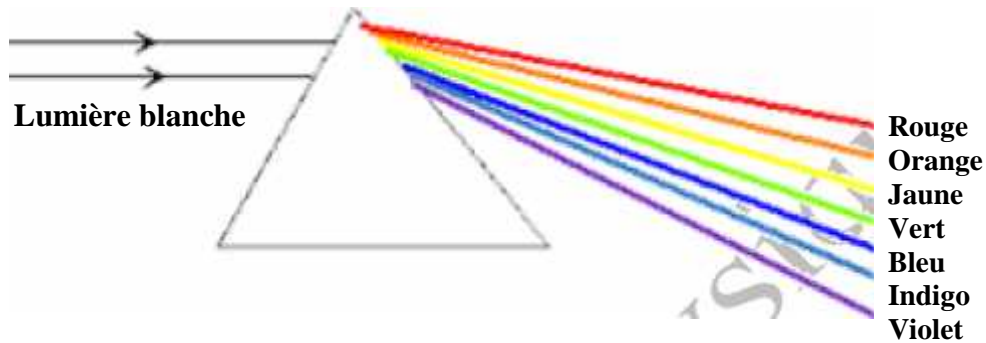
$$D = i + i' - A$$

**4) Dispersion de la lumière blanche par un prisme:**

Lorsqu'un faisceau de lumière blanche traverse un prisme on obtient une figure colorée appelée spectre, chaque radiation correspond à une couleur précise et qui est caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide c.à.d par sa fréquence.

Puisque les radiations de différentes longueurs d'onde  $\lambda_0$  dans le vide composant la lumière blanche ne sont pas dévié de la même façon par le prisme, cela signifie que l'indice de réfraction  $n$  du verre dans lequel il est taillé dépend de  $\lambda_0$ , et donc de la fréquence.

Comme  $n = \frac{c}{V}$ ,  $V$  est la vitesse de la lumière dans le verre dépend de la fréquence de radiation. le verre set donc un milieu dispersif.



**Remarque :**

L'air et la vide sont deux milieux non dispersifs pour la lumière