

## Ondes lumineuses

### I. Les ondes lumineuses

#### 1. Quelles définitions :

- L'onde lumineuse résulte de la propagation d'une perturbation électromagnétique dans les milieux transparents.
- Les ondes lumineuses périodiques sont appelées des radiations.
- La lumière peut se propager dans le vide : La lumière est une onde électromagnétique (n'est pas une onde mécanique).
- **Lumière monochromatique** : lumière constituée d'une seule radiation lumineuse d'une longueur d'onde correspondant à une couleur (lumière émise par un laser).
- **Lumière polychromatique** : lumière constituée d'un ensemble de lumières monochromatiques de fréquences différentes.

#### 2. Longueur d'onde et fréquence d'une radiation lumineuse:

Une radiation lumineuse est caractérisée par :

- Sa fréquence  $\nu$  (en Hz) ou sa période T (en s).
- Sa longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ .

**NB :**

- la fréquence  $\nu$  d'une radiation lumineuse ne dépend pas du milieu de propagation
- alors que la longueur d'onde  $\lambda$  dépend du milieu de propagation.

#### 3. Relation fondamentale :

La longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$  d'une radiation lumineuse est donnée par la relation :

$$\lambda_0 = c \cdot T = \frac{c}{\nu} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} \lambda_0 : \text{Longueur d'onde dans le vide (m)} \\ c : \text{Vitesse de la lumière dans le vide (m/s)} \\ \nu : \text{Fréquence de la radiation lumineuse (Hz)} \\ T : \text{Période de la radiation (s)} \end{array}$$

### II. Diffraction de la lumière

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

**Diffraction de la lumière** : modification du trajet de la lumière et de l'intensité lumineuse lorsque la lumière passe par une ouverture ou autour d'un obstacle.

Un faisceau lumineux incident sur une fente ou un trou

On observe

**Sur une fente très fine ou un fil très fin**

Figure de diffraction horizontale

La fente est **perpendiculaire** à la direction de la figure de diffraction

Frange centrale est claire

- La figure de diffraction est constituée d'une tache centrale et de taches secondaires situées symétriquement par rapport à la tache centrale.
- La tache centrale est très lumineuse
- La luminosité et la largeur diminuent lorsqu'on s'éloigne de la tache centrale.

**Sur un trou fin et circulaire**

Figure de diffraction circulaire

- La tache de diffraction constituée d'anneaux ou de franges colorés.
- La tache centrale est très lumineuse
- La luminosité et la largeur diminuent lorsqu'on s'éloigne de la tache centrale.

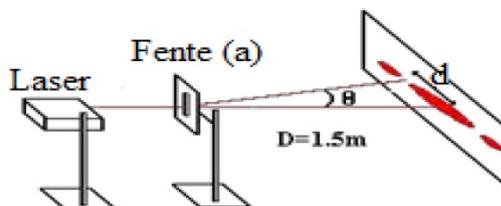
- La diffraction est d'autant plus marquée que la largeur de la fente est faible.

**NB :**

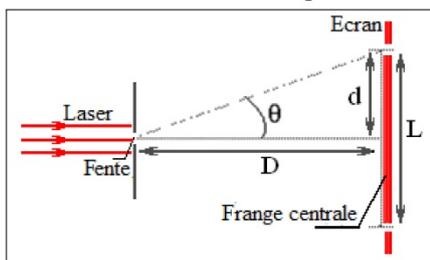
- La largeur L de la tache centrale est d'autant plus importante que :
  - La longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation est importante
  - La largeur a de la fente est faible

**2. Les relations de diffraction :**

$\theta = \frac{\lambda}{a}$  avec  $\lambda$  : Longueur d'onde (m)  
 $a$  : Largeur (diamètre) de la fente (m)  
 $\theta$  : Ecart angulaire (rad)



L'écart angulaire  $\theta$ , est l'angle entre le centre de la tache centrale et le centre de la première tache sombre (extinction) ou c'est le demi-diamètre angulaire de la tache centrale.



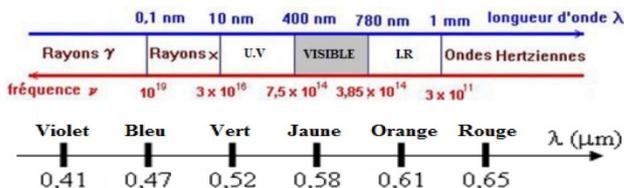
$d$  : le rayon de la frange (tache) centrale  
 $L = 2 \cdot d$  : la largeur (diamètre) de la tache centrale  
 $\tan(\theta) \approx \frac{d}{D} = \frac{L}{2 \cdot D}$   
 $\theta$  étant faible alors  
 $\theta = \frac{d}{D} = \frac{L}{2 \cdot D}$   
 Or  $\theta = \frac{\lambda}{a}$ , on en conclut  $\theta = \frac{d}{D} = \frac{L}{2 \cdot D} = \frac{\lambda}{a}$

**NB :**

- Les conditions de la diffraction :
  - Le diamètre de la fente soit faible
  - La lumière soit monochromatique
- Le phénomène de la diffraction montre que la lumière est une onde

**3. La lumière visible :**

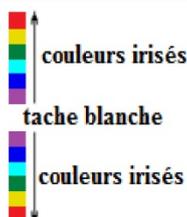
- On caractérise une radiation lumineuse par sa longueur d'onde dans le vide.
- Le domaine de radiations lumineuses visibles s'étend de 400 nm (violet) à 780 nm (rouge), ( $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm}$ )



La radiation rouge a :

- La plus grande longueur d'onde  $\lambda$
- Le plus grand écart angulaire  $\theta = \frac{\lambda}{a}$
- Le plus grand diamètre de la tache centrale  $L = \frac{2 \cdot D \cdot \lambda}{a}$
- Le plus faible coefficient de diffraction n

**4. Diffraction de la lumière blanche :**



Frange centrale

- La lumière blanche est une lumière polychromatique composée de toutes les lumières visibles.
- La figure de diffraction obtenue présente une tache centrale blanche (superposition de toutes les lumières colorées visibles) et des taches latérales irisées (multicolorées) bordées de rouge d'un côté et de violet de l'autre.
- Le diamètre de la tache blanche est le même que celui de la tache violette

**III. Réfraction : le Prisme**

Réfraction : changement de direction de la lumière lors de la traversée d'un milieu transparent vers un autre milieu transparent.

**1. Lois de Descartes**

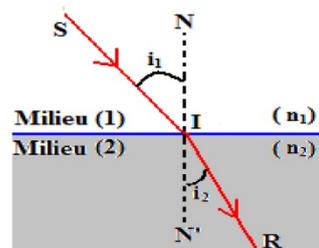
**1<sup>ère</sup> Loi :**

Le rayon réfracté, le rayon incident et la normale (à la surface réfractante) sont dans un même plan, le plan d'incidence.

**2<sup>ème</sup> Loi :**

La relation liant les indices de réfraction  $n_1$  et  $n_2$  de chacun des milieux et les angles incident  $i_1$  et réfracté  $i_2$  s'écrit :

$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$  avec  $n_1$  : indice de réfraction du milieu (1)  
 $n_2$  : indice de réfraction du milieu (2)  
 $i_1$  : angle d'incidence  
 $i_2$  : angle de réfraction



**NB :**

- Le rayon incident et le rayon réfracté sont situés de part et d'autre de la normale.
- Les angles sont définis entre les rayon lumineux et la normale
- Un milieu est d'autant plus réfractant que l'indice de réfraction est élevé et l'angle dans ce milieu est faible
- $n_2 > n_1$ : le milieu (2) est plus réfractant que le milieu (1) et  $i_1 > i_2$
- $n > 1$  et  $n_{air} = 1$  : indice de réfraction dans l'air et l'angle dans l'air est toujours la plus importante

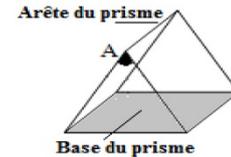
**Remarques :**

On sait que  $n = \frac{c}{v}$  avec C : La vitesse de la lumière dans le vide (l'air) et V : la vitesse de la lumière dans un milieu donné et

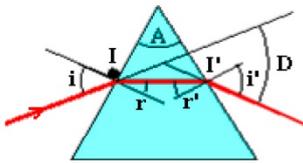
$\lambda = \frac{v}{N}$  avec N : la fréquence, on conclut alors que  $n_{2/1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin(i_1)}{\sin(i)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$

**2. Prisme**

Un prisme d'indice (n) est un milieu transparent et homogène limité par deux plans non parallèles faisant un angle A (Angle au sommet) et qui se coupent suivant une droite qui est l'arête du prisme.



**3. Trajet d'un radiation Lumineuse :**

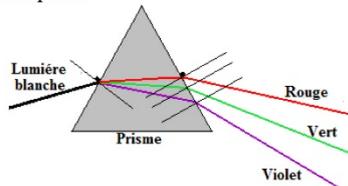


- avec
- A: Angle au sommet du prisme
  - i : Angle d'incidence sur la 1<sup>ère</sup> face ou angle d'incidence sur le prisme
  - r : Angle de réfraction sur la 1<sup>ère</sup> face
  - r' : Angle d'incidence sur la 2<sup>ème</sup> face
  - i' : Angle de réfraction sur la 2<sup>ème</sup> face ou angle d'émergence sur le prisme
  - D: Angle de déviation et c'est l'angle entre la direction de rayon lumineux incident et la direction du rayon lumineux émergent du prisme

**4. Formules (Relations) du prisme :**

- 1)  $\sin(i) = n \cdot \sin(r)$
- 2)  $\sin(i') = n \cdot \sin(r')$
- 3)  $A = r + r'$
- 4)  $D = (i + i') - A$

$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\lambda \cdot N}$  : l'indice de réfraction du prisme dépend de la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation lumineuse incidente donc de sa vitesse d'où le prisme est un milieu dispersif



- Toutes les radiations incidentes ont même angle d'incidence (i), différent par leurs longueurs d'ondes par conséquent par leurs indices de réfraction (si n augmente alors r diminue)
- La radiation rouge est caractérisée par une longueur d'onde  $\lambda$  la plus élevée dans le visible donc son indice de réfraction est le plus faible alors la radiation rouge est la plus dévié par rapport à la normale

**3 Cas particuliers :**

$\sin(i) = n \cdot \sin(r)$

Déterminer le cas particulier	Cas :1	Cas :2	Cas :3
	Si $i=i'$	Incidence normale $i=0$ 	Emergence normale $i'=0$ 
Conclusion	Alors $r=r'$	$r=0$ Tout rayon lumineux incident normalement à la surface du prisme ne dévie pas	$r'=0$ Tout rayon lumineux émergent normalement de la surface du prisme est le prolongement d'un incident normalement sur la même surface
Remplacer dans	3) $A = r + r'$ $= 2 \cdot r = 2 \cdot r'$ 4) $D = (i + i') - A$ $= 2 \cdot i - A$ $= 2 \cdot i' - A$	3) $A = r + r'$ $= r'$ 4) $D = (i + i') - A$ $= i' - A$	3) $A = r + r'$ $= r$ 4) $D = (i + i') - A$ $= i - A$