

## Première Partie :

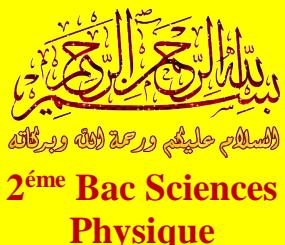
### Les ondes

#### Unité 3

5 H

## Propagation d'une onde lumineuse

انتشار موجة ضوئية



### I – Diffraction de la lumière :

#### 1– Activité :

On éclaire une **fente**, de **largeur  $a$**  **variable**, par un **faisceau de laser** comme illustré par la **figure** ci-contre.

a- Qu'observez-vous sur l'**écran** lorsque la **largeur** de la **fente** devient **grande** ?

On voit une **seule tache lumineuse**.

b- Qu'observez-vous sur l'**écran** lorsque la **largeur** de la **fente** devient **petite** (voir la **figure**) ?

On observe **plusieurs taches** avec des **éclaircements maximaux (franges brillantes)** séparées par des **taches sombres (franges foncées)**.

c- Est-ce que la **direction de propagation** de la lumière a changée dans les **deux cas** ?

Dans le **premier cas**, on observe que la **direction de la propagation** des **rayons lumineux** ne change pas, alors que la **direction de la propagation** des **rayons lumineux** change dans le **deuxième cas** afin qu'il puisse **atteindre** les endroits au-delà de l'**obstacle** ce qui est contraire au **principe de propagation rectiligne de la lumière**.

d- Avez-vous déjà rencontré comme ce **phénomène** dans le **cas des ondes mécaniques** ?  
Donne le **nom** de ce **phénomène**.

Oui, il s'appelle **phénomène de diffraction**.

e- Que peut-on conclure a propos de la **nature** de la **lumière** ?

Par analogie avec les **ondes mécaniques**, on considère que la **lumière** est une **onde électromagnétique**.

#### 2– Concept de diffraction de la lumière :

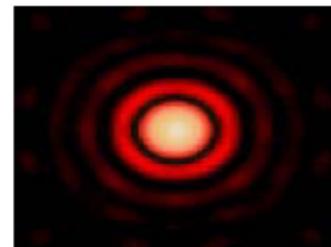
*Dans le vide ou dans un milieu matériel, la lumière se propage à partir de la source en ligne droite.*

Lorsqu'on éclaire une **fente** de **petite largeur  $a$** , on observe sur l'**écran** des **taches lumineuses (franges brillantes)** et autres **sombres (franges foncées)** où la **fente** se comporte comme une **source lumineuse** et ce **phénomène** est appelé **phénomène de diffraction** où la **direction** de la **diffusion** des **rayons lumineux change** pour atteindre des **endroits** au-delà de l'**obstacle**.

#### L'écran dans le cas d'une ouverture rectangulaire



#### L'écran dans le cas d'un trou circulaire



### 3– Modèle ondulatoire de la lumière :

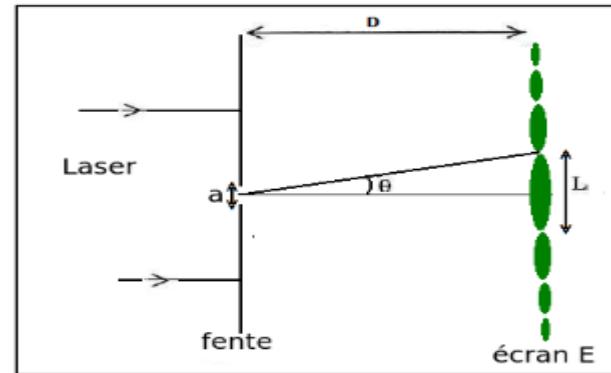
Si on se limite à la **propagation rectiligne de la lumière**, on ne peut pas expliquer l'arrivée de la **lumière** à des **endroits** situés au-delà de l'**obstacle**. Et par analogie avec les **ondes mécaniques**, on considère que la **lumière est une onde longitudinale électromagnétique** (association d'un **champ électrique** et d'un **champ magnétique**) se propage dans les **milieux transparents matériels et non matériels**.

Elle a une **double périodicité** :

- Périodicité temporelle** : est caractérisée par **la période  $T$**  ou **la fréquence  $\nu$**  telle que  $\nu = \frac{1}{T}$  et elles ne dépendent pas de la **nature de milieu de propagation**.
- Périodicité spatiale** : est caractérisée par **la longueur d'onde  $\lambda$**  et elle dépend de la **nature de milieu de propagation**.

#### Remarques :

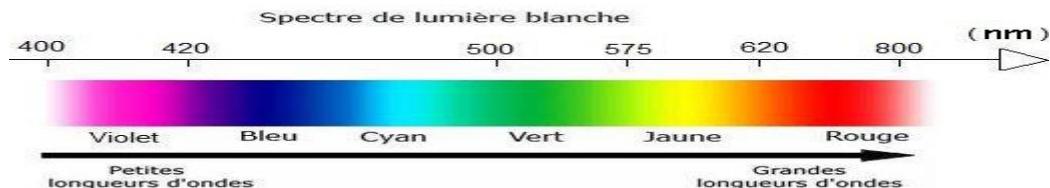
- ⊕ On obtient la **diffraction** de la **lumière** par une **fente de largeur  $a$**  lorsqu'elle est :  $10\lambda \leq a \leq 100\lambda$ .
- ⊕ Si le **milieu de propagation** ne change pas, l'**onde incidente** et l'**onde diffractée** ont la **même longueur d'onde  $\lambda$** , la **même période  $T$**  et la **même vitesse de propagation  $V$** , telle que :  $V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$ .
- ⊕ Au cours de la **diffraction d'une onde lumineuse monochromatique** de **longueur d'onde  $\lambda$** , par une **fente de largeur  $a$**  (ou un **fil de diamètre  $a$** ), l'**écart angulaire de diffraction  $\theta$**  est le **demi-angle** qui délimite le **centre de la tâche centrale** jusqu'au **centre du première tâche sombre** tel que :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  ou  $\theta = \frac{L}{2D}$ .
- ⊕ Le **phénomène de diffraction** est **plus important** lorsque la **largeur de la fente** est **petite** ou la **longueur d'onde** de la **lumière monochromatique utilisée** est **grande**.



### 4– Propriétés de l'onde lumineuse :

- ⌚ On appelle une **lumière monochromatique** chaque lumière qui ne **disperse** pas après avoir traversé un **prisme**, c'est une **onde progressive sinusoïdale** caractérisée par la **fréquence  $\nu$**  et **vitesse  $V$** .
- ⌚ La **lumière** se **propage** dans le **vide** avec une **vitesse** (nommée **célérité**)  $c = 29979245 \text{ m.s}^{-1} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ , mais dans un **milieu matériel**, cette **vitesse  $V$**  devient **inférieure** à  **$c$** .
- ⌚ On appelle la **vitesse de propagation** d'une **onde lumineuse** dans un **milieu matériel**, la **grandeur  $V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$**  mais dans le **vide** c'est  $c = \frac{\lambda_0}{T} = \lambda_0 \cdot \nu$ .

#### **Domaine des ondes lumineuses visibles :**



## II – Dispersion des ondes lumineuses :

### 1– Indice de réfraction :

Le **rayon lumineux** est **réfracté** en passant d'un **milieu de propagation** à l'**autre**, et chaque **milieu** est caractérisé par un **indice de réfraction** noté  **$n$** , et défini par la relation suivante :  $n = \frac{c}{v}$  ( $n \geq 1$ ).

Où  **$c$**  célérité de l'**onde** dans le **vide**  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  avec  $c = \frac{\lambda_0}{T} = \lambda_0 \cdot v$   
 $\lambda_0$  la longueur de l'**onde** dans le **vide**.

**$V$**  vitesse de propagation de l'**onde** dans le **milieu**  $V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot v$

**$\lambda$**  la longueur de l'**onde** dans le **milieu**.

Alors  $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{c}{\lambda v}$ , donc l'**indice de réfraction** d'un certain **milieu** dépend de la **fréquence** de l'**onde lumineuse** dans lequel se propage.

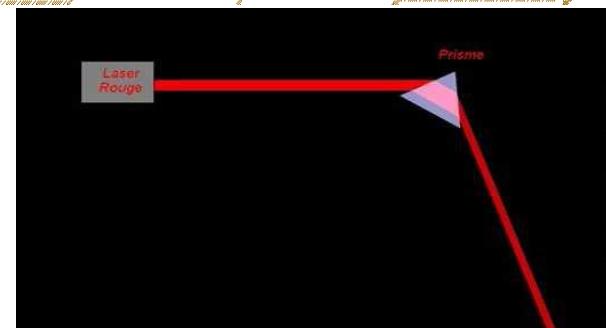
Rayon	Rouge	Orange	Jaune	Bleu	Violet
Longueur d'onde $\lambda(\text{nm})$	768	656	589	486	434
Indice de réfraction $n$	1,618	1,627	1,629	1,641	1,652

### 2– Loi de réfraction de Descartes :

#### 2-1- Activité :

On envoie un **faisceau** émis de la **source du laser** à la **face du prisme**.

a- Décrire ce que vous regardez à l'**écran**. Est-ce que le **principe de propagation rectiligne** de la **lumière** est vérifié ?



Une **tache rouge** apparaît à l'**écran** et le **principe de propagation rectiligne** de la **lumière** n'est pas vérifié car il y avait des **réfractions** du **faisceau**.

b- Combien de **réfraction** a subi le **faisceau lumineux** après avoir traversé le **prisme** ?  
**Le faisceau lumineux a subi deux réfractions**.

c- Rappeler la **deuxième loi de Descartes**.

L'**angle d'incidence** et l'**angle de réfraction** sont liés par :  $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$

#### 2-2- Loi de réfraction de Descartes :

Le **rayon lumineux change** la **direction** en passant d'un **milieu de propagation** à l'**autre milieu de propagation**, cette **transition** est **soumise à la loi de réfraction de Descartes** :  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

avec  **$n_1$**  : indice de réfraction du milieu 1       **$n_2$**  : indice de réfraction du milieu 2  
 et     **$i_1$**  : angle d'incidence sur le milieu 1       **$i_2$**  : angle de réfraction sur le milieu 2

### 3– Relations caractéristiques de prisme :

Le **prisme** est un **milieu transparent et homogène**, limité par deux **plans inclinés** définis entre eux un **angle A** s'appelle **l'angle du prisme**.

Soit  **$n$**  l'indice de réfraction de milieu formant le **prisme** et on considère  **$n = 1$**  l'indice de réfraction de l'**air** où il y a le **prisme**.

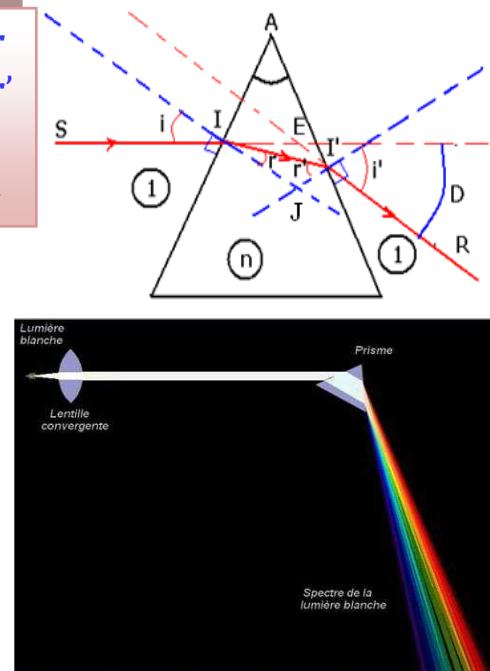


*Le prisme est caractérisé par les relations suivantes :*

**D** : L'angle de déviation du rayon lumineux par le prisme.

#### 4- Dispersion de la lumière par le prisme :

Lorsqu'on envoie un **faisceau de lumière blanche** sur une face d'un **prisme**, cette onde a subi le phénomène de **réfraction deux fois**, et on observe sur l'écran la formation des **taches colorées** s'appelle **spectre de la lumière blanche**, et on appelle ce phénomène qui permet la **séparation des rayonnements** de différentes couleurs par **la dispersion de la lumière**, et on appelle le prisme **un milieu dispersif de la lumière**.



Le phénomène de **dispersion** de la **lumière** par **prisme** montre que la **lumière blanche** est composée de **plusieurs couleurs** du **spectre de la lumière visible**. On dit que la **lumière blanche** est **polychromatique** et que chaque **lumière** (couleur) du spectre est appelée **lumière monochromatique**.

#### 5- Explication du phénomène de dispersion :

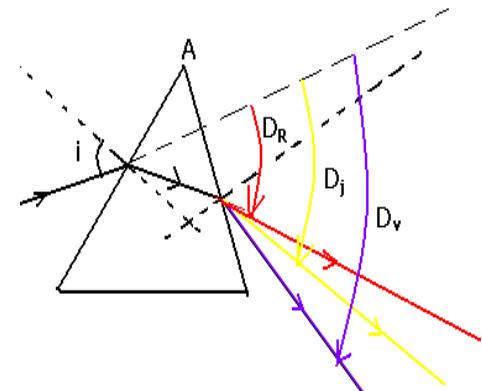
On sait que l'**indice de réfraction**  $n$  du milieu est lié à la longueur d'onde du **rayon** qu'il le traverse

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda} \quad \text{c-à-d la couleur.}$$

Le **faisceau lumineux incident** au **prisme** est **cylindrique**, c-à-d les **rayons** sont **parallèles entre eux**, alors tous les **lumières monochromatiques** formant la **lumière blanche** ont le **même angle d'incidence**  $i$ .

Par exemple : pour les **rayons rouge et violet**, on a  $n_R = n_V$  (car ont pas la même longueur d'onde)

En appliquant les **relations du prisme** :



$$\begin{aligned} \sin i &= n \sin r \Rightarrow r_R \neq r_V \\ A &= r + r' = \text{cte} \Rightarrow r'_R \neq r'_V \\ \sin i' &= n \sin r' \Rightarrow i'_R \neq i'_V \\ D &= i + i' - A \Rightarrow D_R \neq D_V \end{aligned}$$

Ainsi, les **deux rayons rouge et violet** n'ont pas la **même direction finale**. Donc on remarque que :

$D_V > D_B > D_{Vr} > D_J > D_{Or} > D_R$
<i>violet bleu vert Jaune Orange Rouge</i>
$\lambda_V < \lambda_B < \lambda_{Vr} < \lambda_J < \lambda_{Or} < \lambda_R$

*Donc, l'indice de réfraction d'un milieu transparent est lié à la fréquence des rayons lumineux, ce qui provoque le phénomène de dispersion de la lumière.*