

Première Partie :

Les ondes

Unité 3

5 H

Propagation d'une onde lumineuse

انتشار موجة ضوئية



2^{ème} Bac Sciences
Physique

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 **éclaircissements maximaux (franges brillantes)** séparées par des **taches sombres (franges foncées)**.

c- Est-ce que la **direction** de **propagation** de la **lumière** a changé 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**.

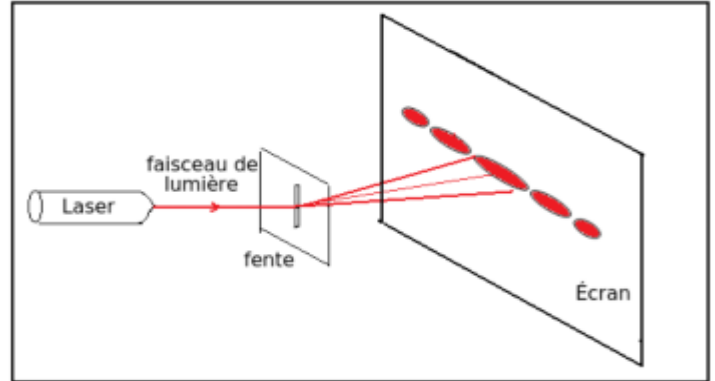
e- Que peut-on conclure a propos de la **nature** de la **lumière** ?

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.

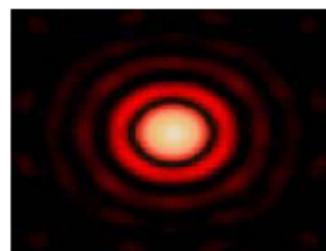
Lorsqu'on éclaire une **fente** de **petite largeur a** , on observe sur l'**écran** des **taches lumineuses (franges brillantes)** et autres **sombres (franges foncées)** où la **fente** se comporte comme une **source lumineuse** et ce **phénomène** est appelé **phénomène de diffraction** où la **direction** 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 ν** telle que $\nu = \frac{1}{T}$ et elles ne dépendent pas de la **nature de milieu de propagation**.

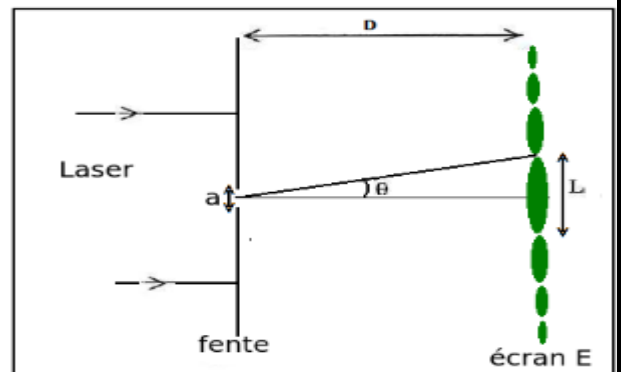
✍ **Périodicité spatiale** : est caractérisée par **la longueur d'onde λ** et elle dépend de la **nature de milieu de propagation**.

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 λ** , 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 λ** , par une **fente** de **largeur a** (ou un **fil** de **diamètre a**), l'**écart angulaire de diffraction θ** 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**.

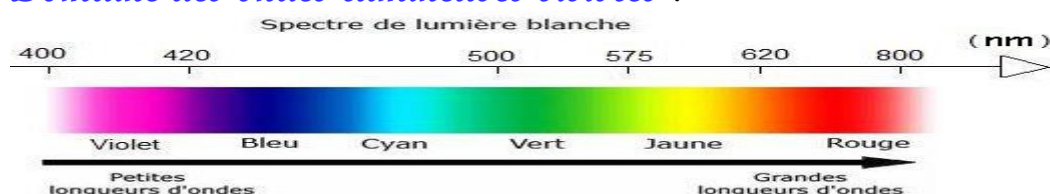
4- Propriétés de l'onde lumineuse :

⌚ 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 ν** et **vitesse V** .

⌚ La **lumière** se **propage** dans le **vide** avec une **vitesse** (nommée **célérité**) $c = 29979245 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 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 $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ avec $c = \frac{\lambda_0}{T} = \lambda_0 \cdot \nu$
 λ_0 la longueur de l'onde dans le vide .

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

λ la longueur de l'onde dans le milieu .

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

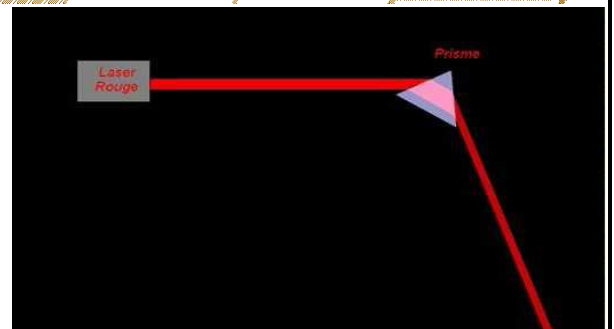
Rayon	Rouge	Orange	Jaune	Bleu	Violet
Longueur d'onde $\lambda(\text{nm})$	768	656	589	486	434
Indice de réfraction n	1,618	1,627	1,629	1,641	1,652

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 :

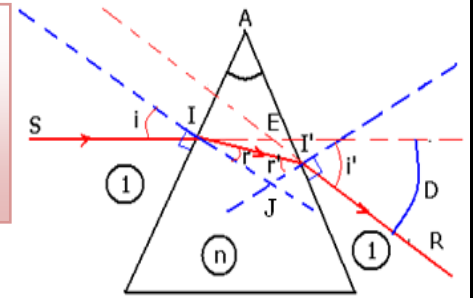
Le **prisme** est un **milieu transparent et homogène**, limité par **deux plans inclinés** définis entre eux un **angle A** s'appelle l'**angle du prisme**.

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 :

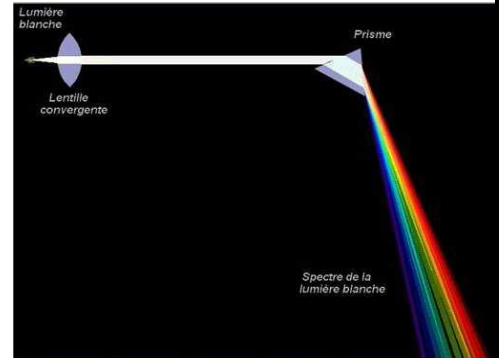
$$\begin{aligned} \sin i &= n \sin r \\ \sin i' &= n \sin r' \\ A &= r + r' \\ D &= i + i' - A \end{aligned}$$



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**.



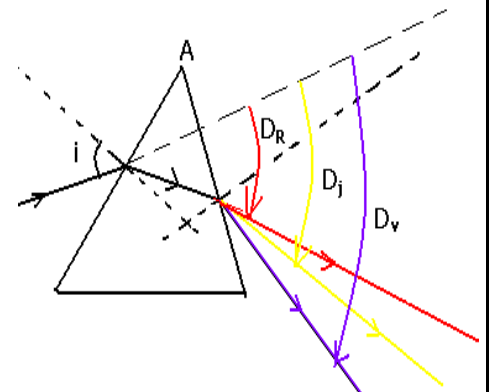
Le phénomène de **dispersion** de la **lumière** par **prisme** montre que la **lumière blanche** est composée de **plusieurs couleurs** du **spectre de la lumière visible**. On dit que la **lumière blanche** est **polychromatique** et que chaque **lumière (couleur)** du spectre est appelée **lumière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

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

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 :

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

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

$$\begin{aligned} D_V &> D_B > D_{Vr} > D_J > D_{Or} > D_R \\ \text{violet} & \text{bleu} \text{ vert} \text{ Jaune} \text{ Orange} \text{ Rouge} \\ \lambda_V &< \lambda_B < \lambda_{Vr} < \lambda_J < \lambda_{Or} < \lambda_R \end{aligned}$$

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.