

## 1) La diffraction: définition

La diffraction est le comportement ondulatoire déformant une onde plane en onde sphérique lorsque celle-ci rencontre un petit obstacle ou une petite ouverture.

## 2) Conditions d'obtention du phénomène de la diffraction.

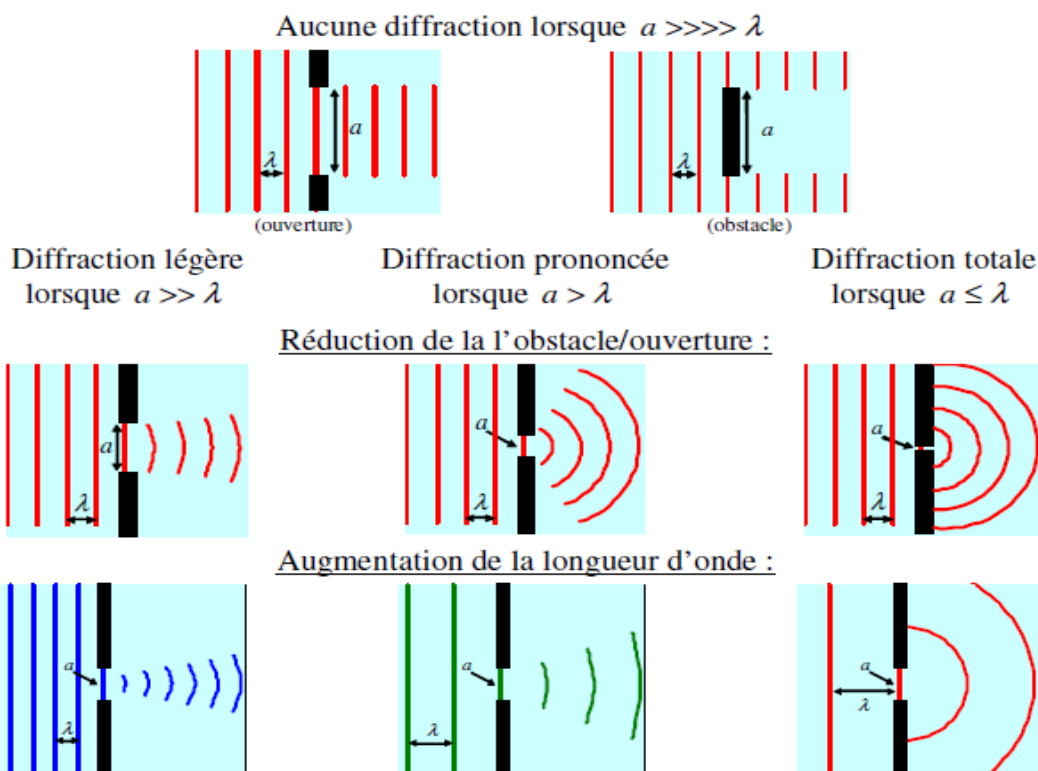
Il faut que la largeur de la fente  $a$  soit de l'ordre de la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde utilisé  $[(\frac{a}{\lambda} = 250)]$

Si l'onde est une lumière visible il faut que  $a \leq 1\text{mm}$ .



Plus  $a$  est petite ; plus la diffraction est claire.

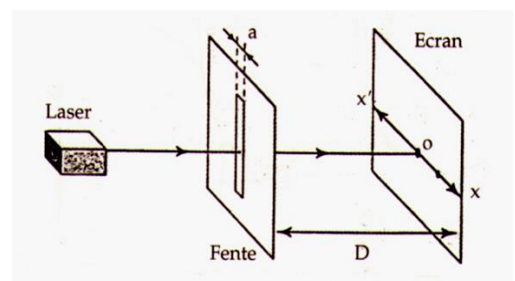
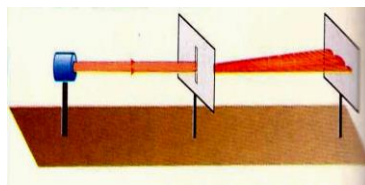
Si  $a \gg 1\text{mm} \rightarrow$  pas de diffraction et la lumière se propage en ligne droite.



## 2) Diffraction par une fente fine

### 2.1) Montage expérimental

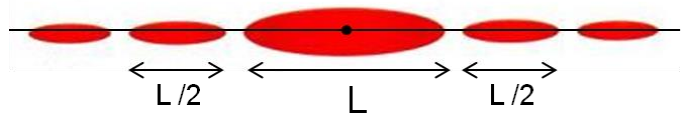
- \* Laser ( $\lambda = 633\text{ nm}$ ; rouge)
- \* Fente de largeur  $a < 1\text{ mm}$
- \* Écran



## 2.2) Observations sur l'écran (figure de diffraction)

\* On observe une série de taches ou franges:

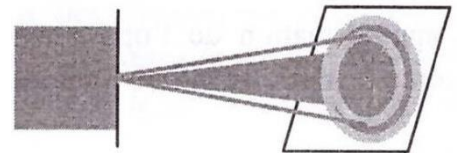
- Alternativement brillantes et sombres.
- La frange centrale est brillante et de largeur double que les franges latérales.
- La direction de la figure de diffraction est perpendiculaire à celle de la fente.
- La figure de diffraction est symétrique par rapport à (O milieu de la tache centrale).



## 3) Diffraction par un trou

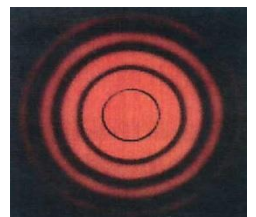
### 3.1) Montage expérimental

Nous réalisons la même expérience qu'en 2) mais avec un trou de diamètre  $d < 1\text{mm}$ .



### 3.2) Observations sur l'écran

La figure de diffraction est constituée d'une tache circulaire centrale brillante entourée par des anneaux concentriques brillants et sombres.



⚠ Nous pouvons réaliser d'autres figures de diffraction en utilisant un cheveu par exemple....

## 4) Remarques générales sur la diffraction

- \* La diffraction conserve la fréquence et la longueur d'onde de l'onde.
- \* Elle modifie la forme des surfaces d'onde.
- \* Elle met en défaut le principe de la propagation rectiligne de la lumière.
- \* Elle met en évidence l'aspect ondulatoire de lumière.

## 5) Étude quantitative du phénomène de la diffraction: cas d'une fente fine

\* Nous considérons le cas où l'écran est très loin de la fente:  $D \gg a$

### 5.1) Position des franges sombres

→ Le centre de la frange brillante centrale est caractérisé par  $\theta = 0$ .

→ Les positions angulaires des franges sombre (intensité nulle) sont

données par:  $\sin\theta_n = \pm n \cdot \frac{\lambda}{a}$  Pour  $[\theta < 10^\circ = 0,17 \text{ rad}]$

$$\sin\theta_n \approx \theta_n = \pm n \cdot \frac{\lambda}{a} \quad \text{avec } n = 1 ; 2 ; 3 .]$$

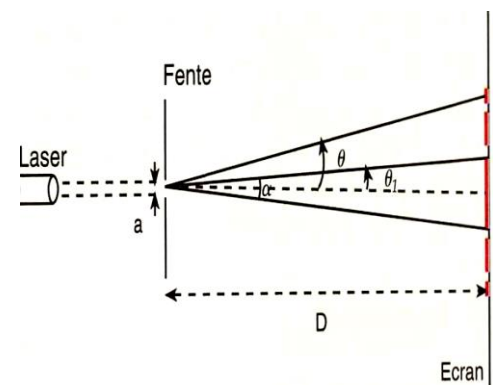
$\theta$ : direction des franges sombres (en "rd") /  $\lambda$ : longueur d'onde (en "m")

$a$ : largeur de la fente (en "m").

→ Les positions linéaires des franges sombre sont données par:

$$x_n = D\theta_n = \frac{n\lambda D}{a}$$

**Démonstration :**  $\tan\theta_n = \frac{x_n}{D} \Rightarrow x_n = D\tan\theta_n = D\theta_n = \frac{n\lambda D}{a}$  [ $\tan\theta \approx \theta$  ( $\theta < 10^\circ (0,17 \text{ rad})$ )]

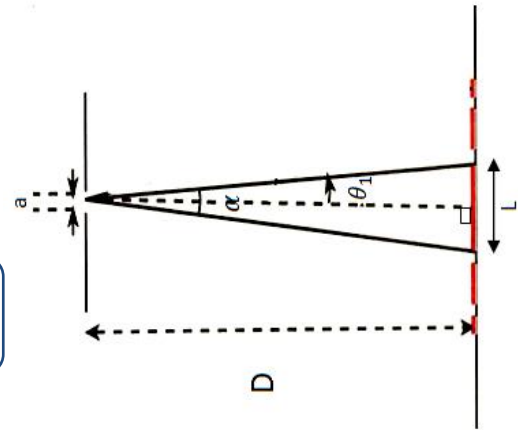


## 5.2) Tache brillante centrale

### a) Largeur angulaire $\alpha$ de la tache centrale.

\* C'est l'angle sous lequel la tache brillante centrale est vue depuis le centre de la fente.

$$\alpha = 2 \cdot \theta_1 = 2 \cdot \frac{\lambda}{a}$$

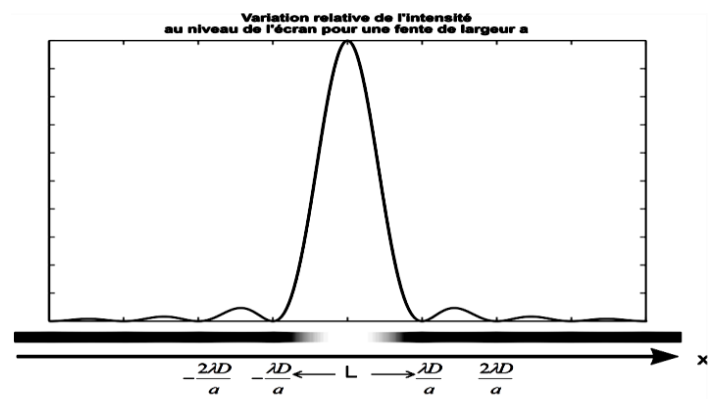


### b) Largeur linéaire $L$ de la tache centrale.

$$\tan \theta_1 \approx \theta_1 = \frac{L}{2D} \quad \text{et} \quad \sin \theta_1 \approx \theta_1 = \frac{\lambda}{a} \quad \rightarrow \quad \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \quad \rightarrow \quad L = \frac{2\lambda D}{a} = \alpha \cdot D$$

## 5.3) Variation de l'intensité lumineuse

\* L'intensité lumineuse résultante sur l'écran dépend de la direction de diffraction:  $\theta$ . Sa variation est donnée par:



## 6) Étude quantitative du phénomène de la diffraction: cas d'un trou

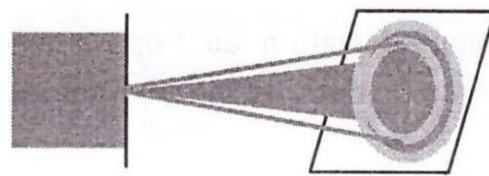
\* Dans le cas d'une ouverture circulaire de diamètre  $d$ , les positions des anneaux sombres sont repérées par:

$$\theta_1 = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{d} : \text{premier anneau}$$

$$\theta_2 = 2,23 \cdot \frac{\lambda}{d} : \text{deuxième anneau}$$

$$\theta_3 = 3,24 \cdot \frac{\lambda}{d} : \text{troisième anneau}$$

$$* \text{ La largeur angulaire } \alpha = 2\theta_1 = 2,44 \frac{\lambda}{d}$$



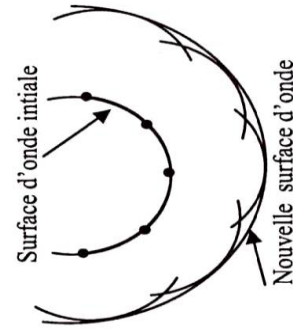
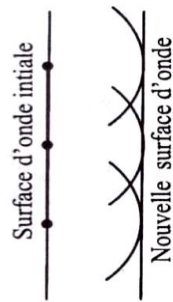
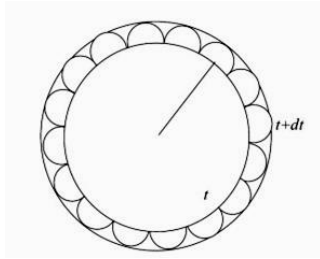
## 7) Aspect ondulatoire de la lumière.

### 7.1) Principe de Huygens

L'hypothèse ondulatoire de la lumière fut mise par "Huygens". Le principe de Huygens s'énonce:

*"Tous les points d'une surface d'onde donnée sont pris comme des sources ponctuelles secondaire produisant des ondes sphériques appelées ondelettes".*

Le principe de Huygens a permis d'interpréter, par exemple, la réflexion et la réfraction.



## 7.2) Interprétation qualitative du phénomène de la diffraction

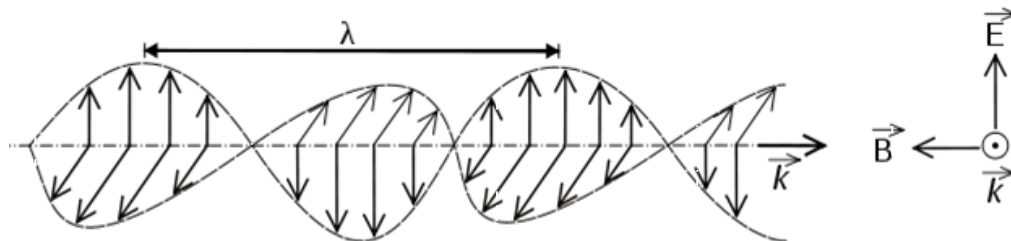
- \* Le phénomène de la diffraction peut être interprété par le principe de Huygens en considérant chaque point de la fente (ou du trou) comme une source d'ondelettes secondaires.
- \* D'après le principe de Huygens, la figure de diffraction est due à la superposition d'ondelettes secondaires donnant lieu au phénomène d'interférence (chapitre suivant).

## 8) Les ondes électromagnétiques.

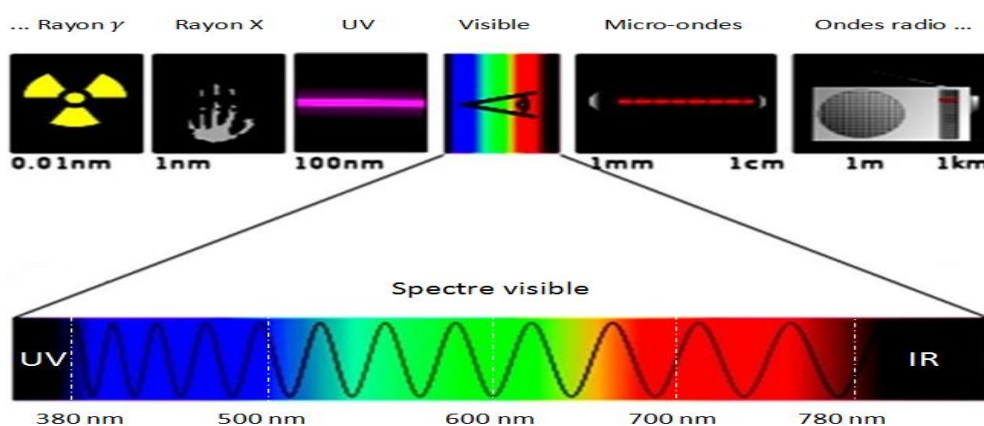
- \* Les ondes électromagnétiques sont formées d'un vecteur champ électrique  $\vec{E}$  et d'un champ magnétique  $\vec{B}$ , oscillant perpendiculairement l'un à l'autre et ayant la même direction de propagation.  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  sont de même fréquence et en phase.



les ondes électromagnétiques sont des ondes transversales



Le spectre électromagnétique est formé de : Ondes Hertziennes [ondes longues, ondes radio (AM, FM), ondes tv (UHF, VHF), micro ondes, ondes radar ,satellite Wi fi] ; rayonnement infrarouge ; lumière visible ; rayonnements ultraviolet ; rayons X ; rayon  $\gamma$  ; rayon cosmiques.



## 9) Les ondes lumineuses et ses caractéristiques

→ L'œil humaine est sensible à une partie du spectre électromagnétique : le spectre visible (lumière).

$$400 \text{ nm} \leq \lambda_{\text{visible}} (\text{vide}) \leq 800 \text{ nm}$$

→ La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène, transparent et isotrope. متجانسة وشفاف و الخواص

→ Dans le vide (et dans l'air); la célérité de la lumière est:

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

→ Dans un milieu homogène et transparent d'indice de réfraction  $n$ , la vitesse de la lumière est :  $V = \frac{c}{n}$

$V \leq c$  et  $n \geq 1$  ( $n = 1$  dans le vide  $n \approx 1$  et dans l'air).

→ A toute onde électromagnétique correspond une longueur d'onde  $\lambda$  telle que :  $V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$

$\lambda$ : la longueur d'onde (en "m").

$T$  : la durée d'une oscillation ou la période (en "s") et

$\nu$ : la fréquence ou le nombre d'oscillations par seconde (en "Hz").

→ A chaque fréquence dans le spectre visible correspond une couleur.

\* Lors du passage de la lumière d'un milieu à un autre :

→ La **fréquence**  $\nu$  (la couleur) et la période **ne varient** pas.

→ La vitesse varie :  $V = \frac{c}{n}$

→ La longueur d'onde varie :  $\lambda_{\text{milieu}} = \frac{\lambda_{\text{vide}}}{n_{\text{milieu}}}$

\* Une onde lumineuse d'une seule fréquence (couleur) est dite monochromatique (Ex : lumière Laser)

\* Une onde lumineuse de plusieurs fréquences est dite polychromatique (Ex : lumière du soleil).