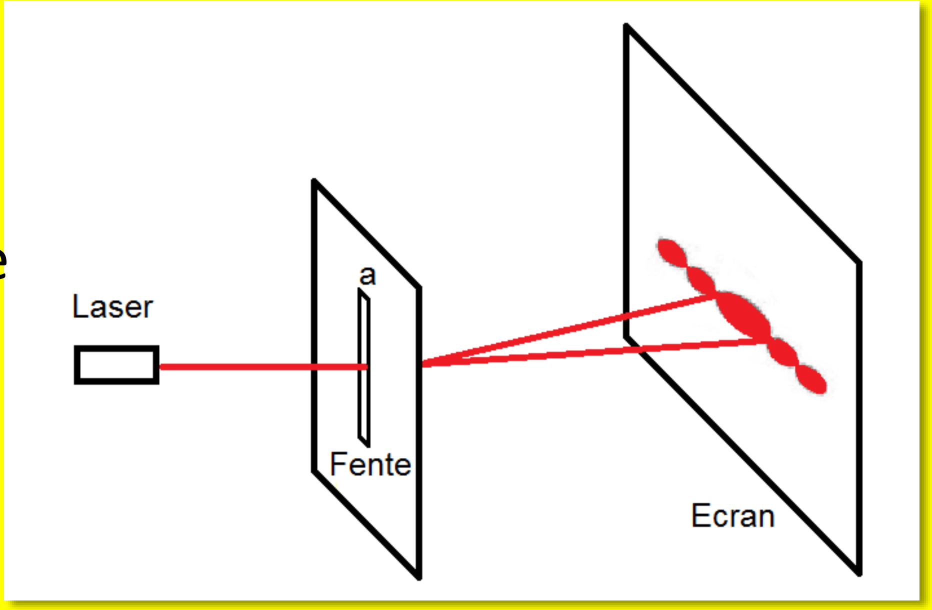
La diffraction

Objectifs

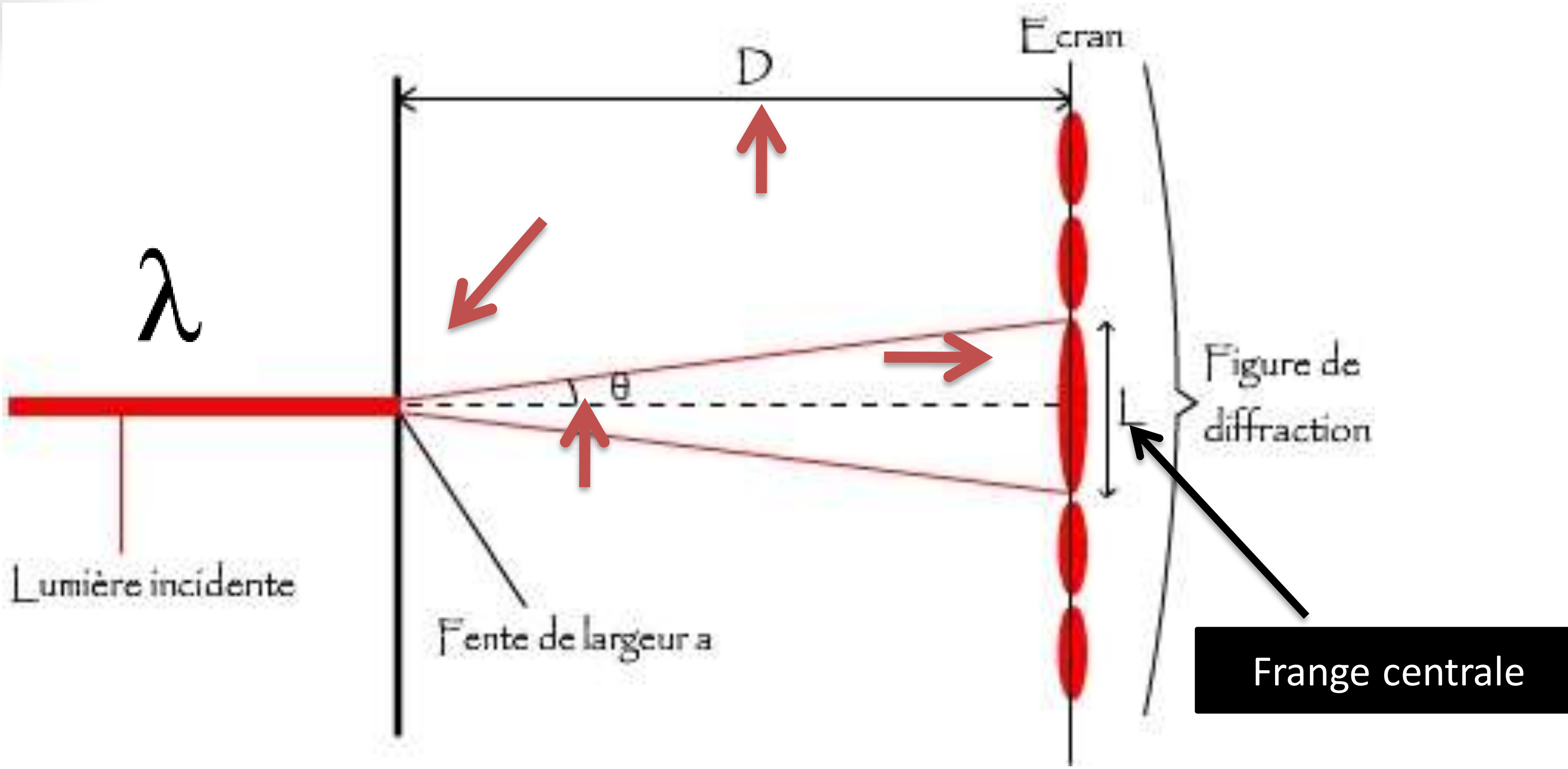
1. Dispositif et protocole expérimental
2. Comprendre le phénomène
3. Savoir retrouver la relation mathématique reliant la longueur d'onde, le diamètre de l'ouverture de la fente , la distance à l'écran et l'épaisseur de la frange centrale

La diffraction c'est quoi?

La diffraction de la lumière est un phénomène ondulatoire qui se produit lorsque la lumière rencontre un obstacle ou passe à travers une petite ouverture.
Ce phénomène montre que la lumière se propage comme une onde, créant une figure de diffraction composée de zones lumineuses et sombres dues aux interférences entre les ondes lumineuses.



Dispositif expérimental



omni-school.com

Quelle est la condition pour qu'une onde soit diffractée ?

La diffraction peut se produire aussi bien sur des ondes mécaniques (ondes sonores, déformations de la surface de l'eau …etc) que sur des ondes électromagnétiques

Elle se produit lorsque:

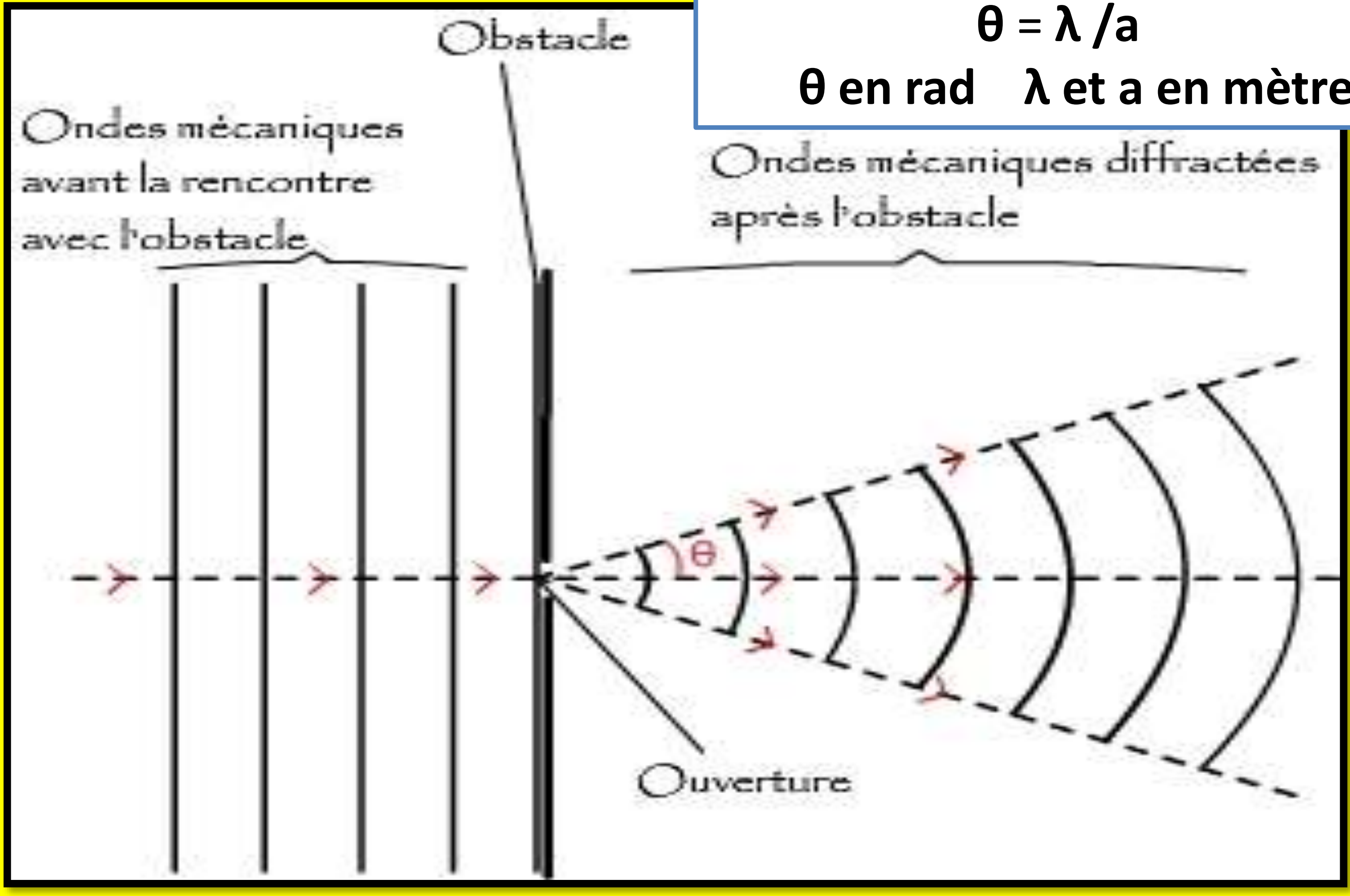
- l'onde rencontre un obstacle qui peut être un objet matériel (cheveu, poussière, fil …..) ou une ouverture dans une surface (fente, trou …..).

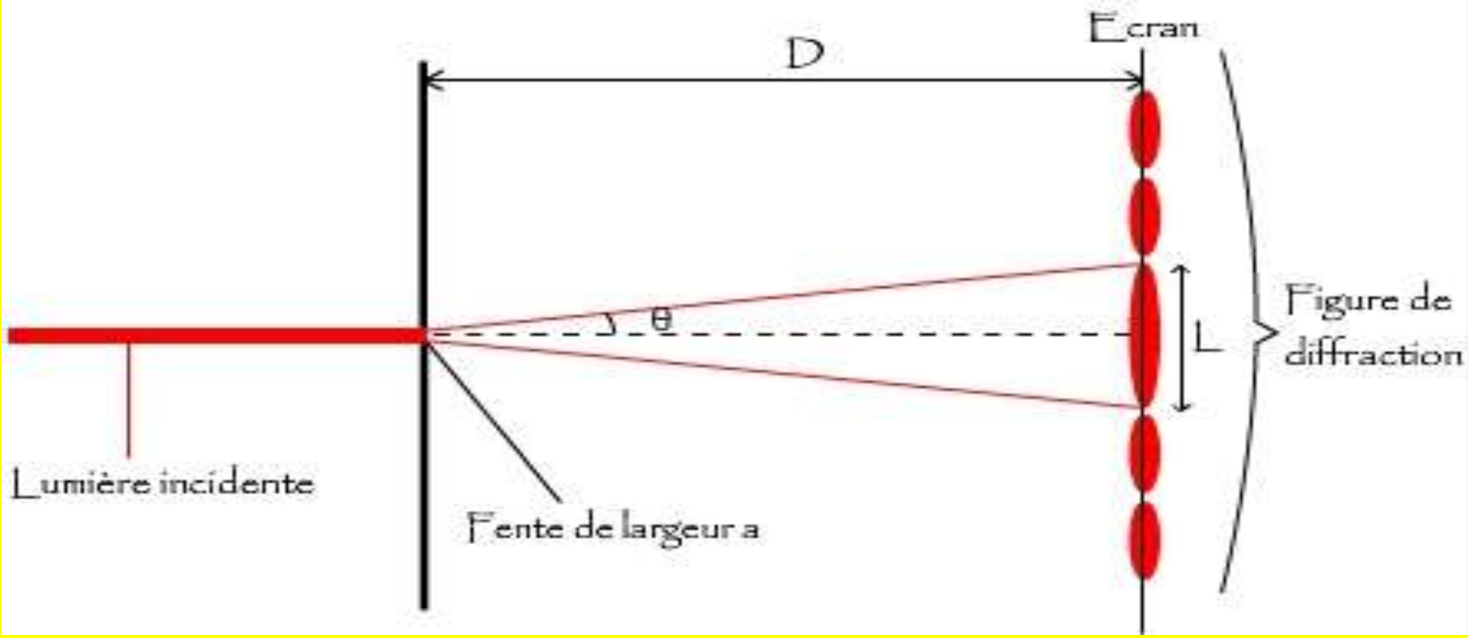
- l'obstacle rencontré a une dimension qui est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde

Diffraction d'une onde mecanique

$\theta = \lambda / a$

θ en rad λ et a en mètre





L'angle ϑ est Faible donc on peut écrire

$$Tan(\theta) = \theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

$$\boxed{\vartheta = \frac{\lambda}{a}}$$

Relation expérimentale

$$\boxed{\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}}$$

Application

A- Mesure de la largeur d'une fente

Un faisceau de lumière laser, de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 632{,}8$ nm, tombe normalement sur une fente verticale de largeur « a ». La figure de diffraction est observée sur un écran placé perpendiculairement au faisceau laser à une distance D = 1,5 m de la fente. Soit « L » la largeur linéaire de la tache centrale (Fig. 1).

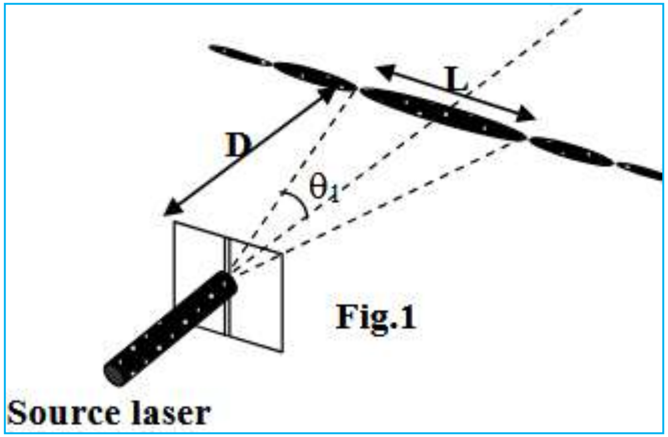


Fig.1

L'angle de diffraction θ correspondant à une frange sombre de rang n est donné par $\sin\theta = \dfrac{n\lambda}{a}$ avec $n = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \ldots$

Pour faibles angles, prendre $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ en radian.

1) Décrire l'aspect des franges de diffraction observées sur l'écran.

2) Écrire la relation entre a, θ_1 et λ.

3) Établir la relation entre a, λ, L et D.

4) Sachant que L = 6,3 mm, calculer la largeur « a » de la fente utilisée.

B- Contrôle de la fabrication des fils fins

Un fabricateur de fils fins désire contrôler le diamètre des fils produits. Il conserve la même source laser mentionnée dans (A) mais il remplace la fente par un fil fin vertical. Il observe sur l'écran le phénomène de diffraction (figure 2).

Pour $D = 2,60$ m, il obtient une tache centrale de largeur linéaire constante $L_1 = 3,4$ mm.

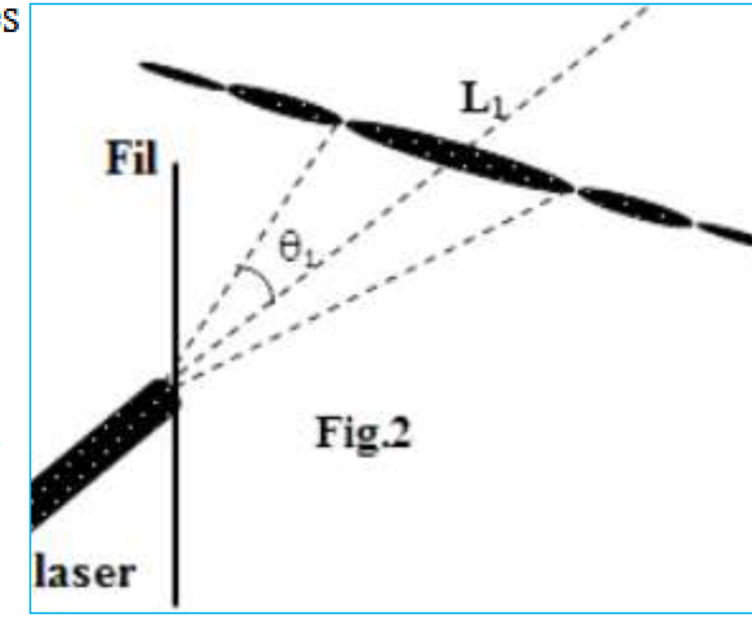


Fig.2

1) Calculer la valeur du diamètre « a_1 » du fil éclairé en un point donné.
2) Le fabricateur éclaire le fil en différentes positions dans les mêmes conditions précédentes. Préciser l'indicateur qui lui permet de contrôler que le diamètre du fil est constant.

C- Mesure de l'indice de l'eau

On plonge le dispositif de la partie (A) dans l'eau d'indice de réfraction n_{eau}. On obtient une nouvelle figure de diffraction.

On trouve que pour $D = 1,5$ m et $a = 0,3$ mm, la largeur linéaire de la tache centrale est $L_2 = 4,7$ mm.

1) Calculer la longueur d'onde λ' de la lumière laser dans l'eau.

2) **a)** Déterminer la relation entre λ, λ' et n_{eau}.

b) Déduire la valeur de n_{eau}.

Solution

A-1	On observe : - Des franges alternativement brillantes et sombres - La frange centrale brillante de largeur double que les franges latérales - La direction de la figure de diffraction est perpendiculaire à celle de la fente
A-2	$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{a} \approx \theta_1$
A-3	On a $\tan\theta_1 = \frac{L}{2D}$, vu que θ_1 est faible, alors : $\tan\theta_1 \approx \theta_1$, soit : $\theta_1 = \frac{L}{2D}$. Vu que $\sin\theta_1 \approx \theta_1$, alors : $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$.
A-4	$a = \frac{2D\lambda}{L} = \frac{2\times1,5\times632,8\times10^{-9}}{6,3\times10^{-3}} = 3\times10^{-4}$ m ou 0,3 mm.

B-1	Le diamètre du fil = $\dfrac{2\times 2,6\times 632,8\times 10^{-9}}{3,4\times 10^{-3}}$ $= 0,967\times 10^{-3}$ m = 0,967 mm
B-2	La largeur linaire de la tache centrale. Car si L = constante $\Rightarrow$ a = constante
C.1	En appliquant la même relation, on obtient : $\dfrac{\lambda'}{a} = \dfrac{L_2}{2D}$ $\Rightarrow \lambda' = \dfrac{aL_2}{2D} = \dfrac{0,3\times 10^{-3}\times 4,7\times 10^{-3}}{2\times 1,5} = 470\times 10^{-9}$ m
C-2-a	$\lambda' = \dfrac{V}{\nu}$ et $\lambda = \dfrac{C}{\nu} \Rightarrow \dfrac{\lambda'}{\lambda} = \dfrac{V}{C} = \dfrac{1}{n} \Rightarrow \lambda' = \dfrac{\lambda}{n}$
C-2-b	$n = \dfrac{\lambda}{\lambda'} = \dfrac{623,8}{470} = 1.346$