

Optique - Ondes lumineuses

Mesure de petites dimensions par diffraction

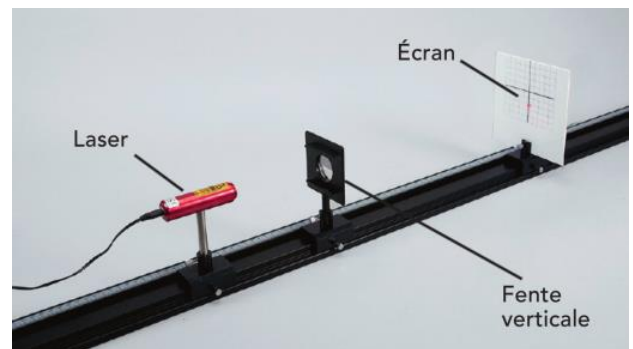
1- Objectifs

L'observation de la diffraction de la lumière a contribué à valider le modèle ondulatoire de la lumière. Les objectifs de ce travail sont:

- De comprendre ce qu'est le phénomène de diffraction.
- Déterminer les dimensions d'objets de petite taille.

2- Observation du phénomène de diffraction

Réaliser le montage photographié ci-contre en éclairant la quatrième fente du jeton. La fente est placée à 10 cm environ du laser et l'écran est positionné le plus loin possible de la fente à une distance $D > 1,50\text{m}$.



- Observer la figure de diffraction sur l'écran.
- Reproduire la figure de diffraction observée et la légèrer avec les termes "tache centrale de diffraction", "taches secondaires", "zone de première extinction", etc.....
- Comparer la direction de la figure de diffraction à celle des fentes.
- Qu'observe-t-on sur l'écran en l'absence de fente?
- Que se passe-t-il si la distance D diminue?
- Que se passe-t-il si la largeur a de la fente diminue?

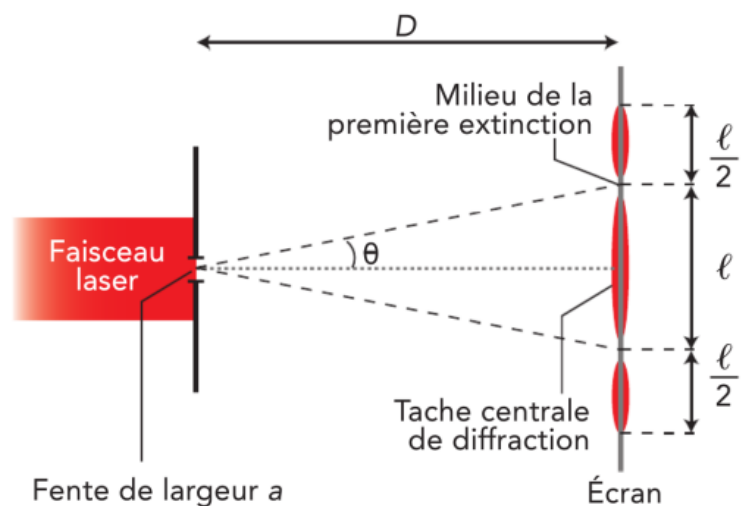
3- Détermination de l'épaisseur d'un fil

Repérer, les positions exactes des fentes et de l'écran et ne plus les modifier.

- Mesurer précisément la distance D en mètre.

On note:

- a , la largeur de la fente de diffraction.
- L , la distance séparant les milieux des deux premières zones extinctions.
- θ l'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale de diffraction et le milieu de la première extinction.



- Réaliser une série de mesures précises de la longueur L pour les fentes de largeur a correspondant aux valeurs du tableau ci-dessous.

Fente	1	2	3	4	5	6	7
a ($\times 10^{-6}$ m)	30	40	60	80	100	150	200
L ($\times 10^{-3}$ m)							

- Comment varie la largeur L de la tache centrale de diffraction lorsque la largeur a de la fente diminue?
- En utilisant le schéma et sachant que pour de petits angles θ en radian $\tan\theta \approx \theta$ montrer que l'on a la relation:

$$\theta = \frac{L}{2D}$$

La théorie de la diffraction montre que l'on a la relation:

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

- En déduire la relation donnant la valeur de la largeur a de la fente en fonction de la largeur L de la tache centrale de diffraction.

Tracer ci-dessous la courbe représentant la largeur L de la tache de diffraction en fonction du diamètre a des fentes.



- Quel type de courbe obtient-on?

Sans toucher aux différents réglages, remplacer les fentes par la diapositive contenant le fil dont on veut mesurer le diamètre a' .

- Réaliser la figure de diffraction du fil et mesurer la largeur L' de la tâche centrale de diffraction.
- A l'aide du graphique déterminer l'ordre de grandeur de l'épaisseur a' du fil. Expliquer la démarche.
- Conclure

4- Détermination de la taille des spores de Lycopode

Sans toucher aux différents réglages, remplacer les fentes par la lame de microscope sur laquelle ont été saupoudré de la poudre de lycopodes.

Observer sur l'écran la figure de diffraction obtenue et présentant une tache éclairée au centre entourée par des anneaux concentriques alternativement sombres et clairs.

On peut également regarder une source de lumière blanche à travers la plaque portant la poudre de lycopode, on voit alors les différentes couleurs du spectre former des cercles concentriques autour de la source de lumière.



Lorsque de la lumière cohérente arrive sur la poudre de lycopode, chaque grain se comporte comme un centre de diffraction qui crée une figure de diffraction sur l'écran.

Si le faisceau de lumière est étroit et parallèle et si les grains ont pratiquement la même taille (ce que nous constatons ici) alors les figures de diffraction des différents grains sont identiques et très peu décalées les unes par rapport aux autres.

Leur superposition sur l'écran forme une figure de diffraction unique identique aux figures de diffraction individuelles mais plus intense.

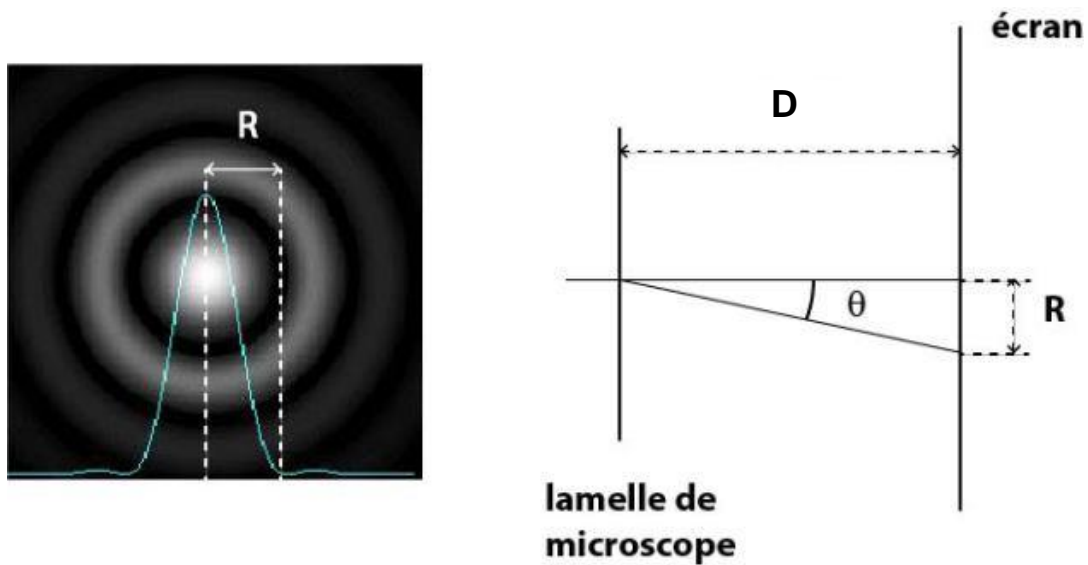
Vous disposez d'une règle pour mesurer le diamètre des anneaux de diffraction.

En dehors de la zone centrale qui correspond à la section du faisceau laser, la figure de diffraction obtenue est identique à celle qu'on observe lors de la diffraction par un trou de diamètre égal à celui d'un grain de lycopode.

La position des maxima de lumière sur la figure de diffraction dépend de la longueur d'onde.

C'est la raison pour laquelle la lumière blanche est décomposée et ses différentes composantes sont vues dans des directions d'inclinaisons différentes par rapport à l'axe optique.

Essayez de déduire la taille des grains de poudre de lycopode.



L'angle θ du premier anneau sombre de la tache d'Airy est donné par:

$$\sin \theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{d} = \frac{R}{D}$$

où λ est la longueur d'onde de la lumière diffractée et d le diamètre de l'objet diffractant.

La largeur de la tache centrale de diffraction est $L = 2.R$.

- Mesurer la largeur L de la tache centrale de diffraction.
- En utilisant la formule donnée ci-dessus déterminer la relation permettant de calculer le diamètre d des spores de lycopode.
- Calculer sa valeur.
- Conclure.

Remarque: Lorsqu'il y a de fines gouttelettes d'eau de taille identique dans l'atmosphère, on observe des anneaux colorés autour de la lune : ils constituent une figure appelée "halo".

S'il reste du temps appliquez cette méthode afin de mesurer la taille d'autres objets de petites dimensions.