



La diffraction de la lumière par une fente

Compétences travaillées dans ce TP

Compétences

Analyser : Prendre conscience des problèmes de sécurité liés aux manipulations au laboratoire. Proposer un protocole.

Réaliser : Suivre un protocole et respecter les consignes de sécurité. Effectuer des mesures avec précision. Utiliser l'outil informatique de manière adaptée.

Mobiliser et Exploiter ses connaissances : Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle, Connaître et exploiter la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

Valider : Utiliser les symboles et unités adéquates. Évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure. Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.

Niveau Validé

A B C D

A B C D

A B C D

A B C D

Contexte

Si un faisceau laser parvient à un écran sans rencontrer un obstacle intermédiaire, il apparaît une simple tache lumineuse à l'endroit où le faisceau rencontre l'écran. Si ce même faisceau laser rencontre un obstacle intermédiaire comme une fente, un fil ou le bord d'un objet avant de parvenir à l'écran, il apparaît une figure de diffraction.



Sécurité :

Attention ! Le faisceau du laser ne doit jamais pénétrer directement dans l'œil (lésion irréversible de la rétine). Il faut également se méfier d'éventuelles réflexions parasites.

I. Documents

Document n° 1 : Un peu d'histoire

La diffraction caractérise la déviation des ondes (lumineuse, acoustique, radio, rayon X...) lorsqu'elles rencontrent un obstacle. Ce phénomène semble avoir été observé pour la première fois par Léonard de VINCI en 1500. Pour l'expliquer, le physicien néerlandais Christiaan HUYGENS proposa en 1678 une théorie ondulatoire de la lumière.

Document n° 2 : Relation entre la taille caractéristique de l'obstacle et la longueur d'onde

Lorsqu'un faisceau parallèle de lumière de longueur d'onde λ traverse une fente ou rencontre un fil de largeur a , la moitié du diamètre apparent de la frange est égale à :

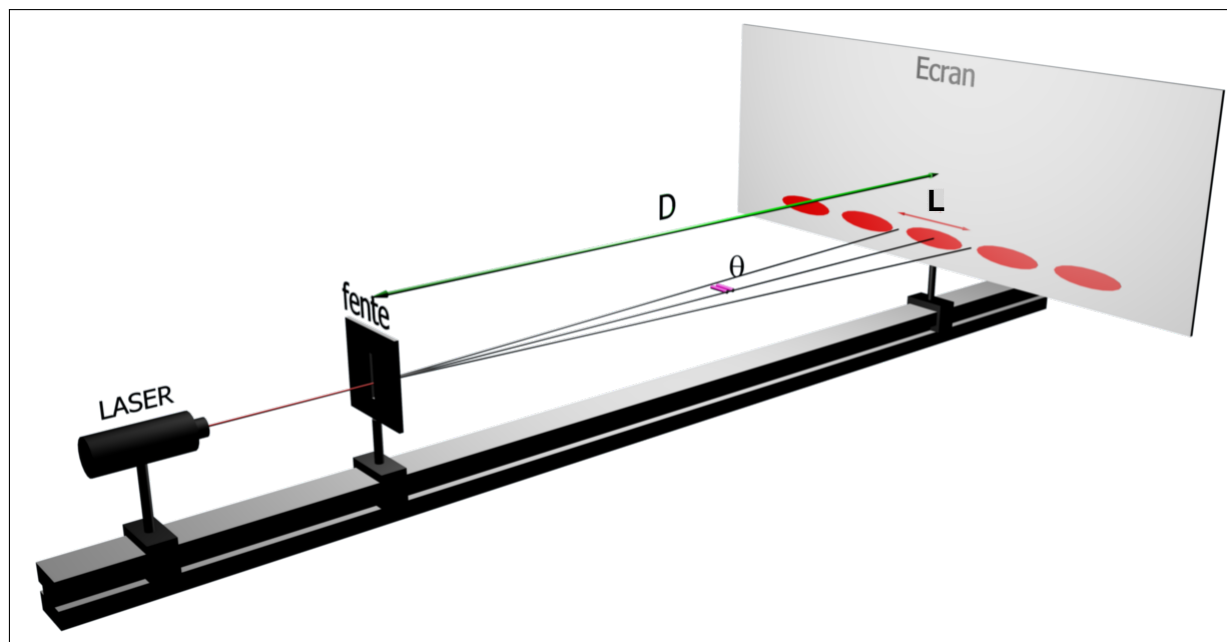
$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

Document n° 3 : Calcul d'incertitude

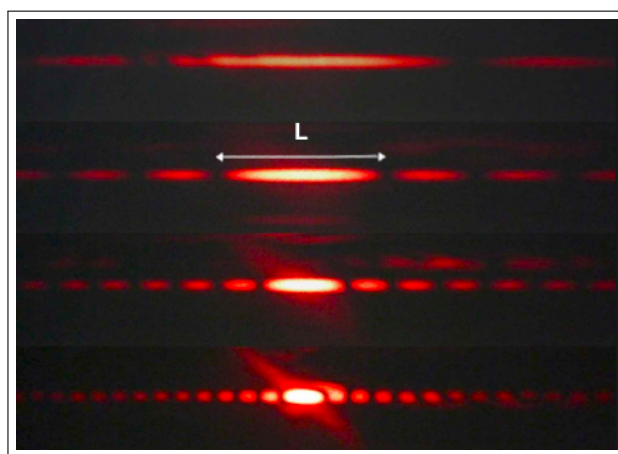
Si les grandeurs x, y, z et w sont liées par une relation de la forme : $x = \frac{y \cdot z}{w}$, Alors l'incertitude absolue $U(x)$ sur la mesure de x est donnée par la formule :

$$U(x) = x \sqrt{\left(\frac{U(y)}{y}\right)^2 + \left(\frac{U(z)}{z}\right)^2 + \left(\frac{U(w)}{w}\right)^2}$$

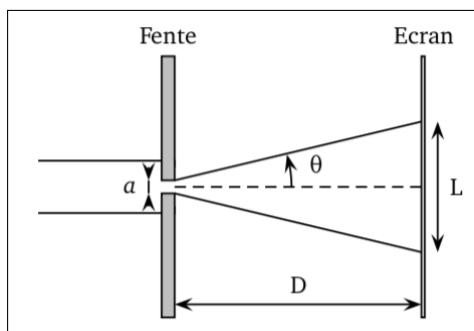
avec $U(y)$, $U(z)$ et $U(w)$ les incertitudes sur y , z et w .



Document n°4 : Montage expérimental



Document n°5 : Exemples de figure de diffraction obtenues



Document n°6 : Schéma annoté de l'expérience

II. Mesures à réaliser

On dispose d'un laser émettant une radiation rouge de longueur d'onde λ dans le vide. Le faisceau du laser est dirigé vers un écran. Une fente verticale très fine, de largeur a , est placée sur le trajet du faisceau laser à une distance D de l'écran. La lumière du laser est alors diffractée : on observe sur l'écran une figure de diffraction. La figure de diffraction obtenue permet d'observer des taches lumineuses : on mesurera la largeur L de la tache centrale.

1. Pour chaque fente, noter sa largeur a , et mesurer la largeur L de la première tache de diffraction (tache lumineuse centrale). Compléter le tableau ci-contre.

a (μm)								
L (cm)								

2. Disposer un objet diffractant de taille b inconnue dans une diapositive vide, comme un cheveu, et mesurer la largeur L de la première tache de diffraction.

.....

III. Etude quantitative

1. Tracer L en fonction de $1/a$ sur un papier millimétré. Tracer une droite d'interpolation moyenne, et mesurer sa pente.

.....

2. Utiliser le mode statistiques de la calculatrice pour trouver l'équation de la droite d'interpolation moyenne. Noter cette équation ainsi que le coefficient de corrélation correspondant.

.....

3. Montrer par de la trigonométrie élémentaire que si θ est petit, alors : $\theta \simeq \frac{L}{2D}$

.....
.....
.....
.....
.....

4. En déduire la relation entre L et a . Montrer alors que L est proportionnel à $1/a$. Justifier finalement le fait que la droite d'étalonnage doit passer par l'origine.

.....
.....
.....
.....
.....

5. Déduire de la valeur de la pente de la droite et de la relation précédente, une estimation de la longueur d'onde λ de la lumière LASER ($\lambda = 650$ nm pour les diodes lasers).

.....
.....
.....
.....
.....

6. Utiliser la droite d'étalonnage précédente pour trouver la taille b de l'objet diffractant de taille inconnue.

.....
.....
.....
.....
.....

7. Déterminer l'incertitude absolue $U(b)$ sur la mesure de la largeur b de l'objet diffractant.

.....
.....
.....
.....
.....

8. Donner la valeur du diamètre du cheveu et son encadrement.

.....
.....
.....
.....
.....

IV. Etude qualitative de la diffraction

Animations sur la diffraction : Ouvrir l'animation :

<http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/diffraction/diffraction.html>

Choisir « Diffraction par une fente ».

IV.1. Diffraction d'une lumière monochromatique par une fente

1. A l'aide des données, prévoir comment va évoluer L si on augmente successivement chacun des paramètres. Vérifier vos prévisions à l'aide de la simulation.

.....
.....
.....
.....
.....

2. Cliquer sur la figure (en bas de la figure de diffraction) pour faire apparaître la courbe donnant l'intensité lumineuse en fonction de la position x . Choisir $\lambda = 650 \text{ nm}$, $a = 40 \mu\text{m}$. Vérifier les valeurs à gauche de l'écran.

3. Donner la largeur de la tâche centrale quand $D_1 = 125 \text{ cm}$ puis quand $D_2 = 160 \text{ cm}$.

.....
.....
.....
.....
.....

4. Comparer l'intensité lumineuse de la tâche centrale à celle des autres taches. Expliquer.

.....
.....
.....
.....
.....

IV.2. Diffraction d'une lumière blanche par une fente

1. Quelles sont les valeurs limites des longueurs d'onde des radiations visibles dans le vide ? Quelles sont les couleurs correspondant à ces longueurs d'onde ?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Comment doit évoluer la largeur L de la tâche centrale en fonction des longueurs d'onde comprises entre ces deux limites ? Justifier. Prévoir quelle peut être la figure de diffraction observée quand une fente est éclairée en lumière blanche. Choisir alors l'onglet « blanche » et observer la figure de diffraction d'une lumière blanche par une fente afin de vérifier vos prévisions.

.....
.....
.....
.....
.....

3. Expliquer pourquoi on observe une tâche centrale blanche. Vous pourrez vous aider de la courbe $I = f(x)$ en cliquant sur l'onglet figure.

.....
.....
.....
.....
.....

4. Pourquoi observe-t-on du rouge sur « l'extérieur » de la tâche centrale ? Vous pourrez vous aider de la courbe $I = f(x)$ en cliquant sur l'onglet figure et de la réponse à la question IV.2.2.

.....
.....
.....
.....
.....

— Fin —