

TP N.04

Diffraction des ondes lumineuses

La source laser produit un faisceau lumineux très directif et de forte puissance susceptible d'altérer la rétine de manière irréversible. Ne pas regarder directement le laser.

Matériel : Jetons avec trous, fentes ou fils de différentes dimensions. Source LASER rouge sur son support, écran.

OBJECTIFS DU TP

- Observer des phénomènes de diffraction.
- Rechercher les facteurs ayant une influence sur la figure de diffraction :
 - en déduire la largeur d'une fente fine à l'aide d'un laser de longueur d'onde connue,
 - en déduire la longueur d'onde d'un laser à l'aide d'une fente fine de largeur connue.
- l'observation des interférences lumineuses obtenues avec des fentes d'Young

1 Mise en évidence du phénomène de diffraction :

- ▶ Observez l'aspect d'un faisceau LASER sur un écran après avoir traversé des obstacles de différentes natures (trous, fentes, fils...) et de différentes dimensions.
- ▶ La figure sur l'écran dépend-elle de la forme de l'obstacle rencontré? Et de ses dimensions? Justifiez vos réponses à l'aide de vos observations.

2 Détermination de la longueur d'onde d'un LASER :

2.1 Dispositif expérimental :

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.

Un fil vertical très fin, de largeur a , est placé sur le trajet du faisceau laser à une distance D de l'écran (Fig 1).

La lumière du laser est alors diffractée : on observe sur l'écran une figure de diffraction constituée de taches lumineuses : on mesurera la largeur L de la tache centrale (Fig 2).

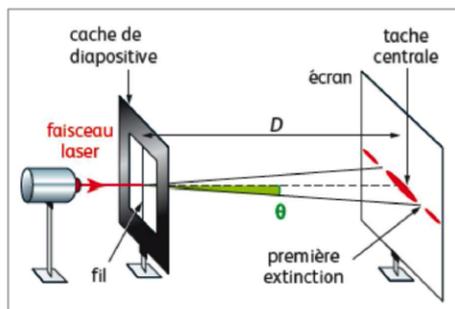


Fig 1. Dispositif expérimental

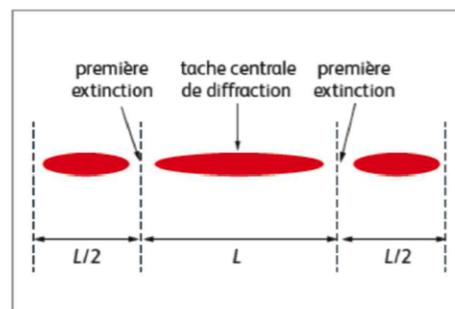


Fig 2. Figure de diffraction obtenue avec un fil de largeur a

Remarque : A la place d'un fil, on peut également utiliser une fente très fine de largeur a . La figure de diffraction obtenue est alors similaire.

- ▶ Réaliser ci-dessous un schéma du dispositif expérimental (Fig 1) en vue du dessus. Vous penserez à indiquer toutes les grandeurs pertinentes et vous préciserez leur signification.

2.2 Observer et mesurer :

- ▶ Interposer les différents fils, de largeurs connues a , à une distance constante (quelques cm) du laser
- ▶ Fixer la distance D , la mesurer. Attention, elle doit rester constante également durant toute la durée du TP.
- ▶ Observer la figure de diffraction sur l'écran.
- ▶ Mesurer et noter la distance D entre le fil et l'écran.
- ▶ Mesurer et noter, dans le tableau ci-dessous, la largeur L de la tache centrale pour les différents fils de largeurs connus.

$a(\mu m)$							
$L(mm)$							

- ▶ Comment varie la largeur L de la tâche centrale quand le diamètre a du fil augmente ?
- ▶ Créer une nouvelle grandeur telle que : $x = 1/a$ Tracer ensuite le graphique de L en fonction de x . Peut-on modéliser simplement la courbe obtenue ?
On peut montrer que, dans les conditions de l'expérience : $L = 2 \frac{\lambda D}{a}$
- ▶ Dédire de la question précédente la valeur de la longueur d'onde λ_{exp} (en nm) du faisceau laser.
- ▶ En déduire l'erreur relative $e = \frac{|\lambda_{exp} - \lambda_{th}|}{\lambda_{th}}$. Conclure sur les causes d'incertitude.
- ▶ Evaluer les incertitudes absolues ΔL , ΔD et $\Delta \lambda$ associées respectivement aux mesures des grandeurs L , D et λ .

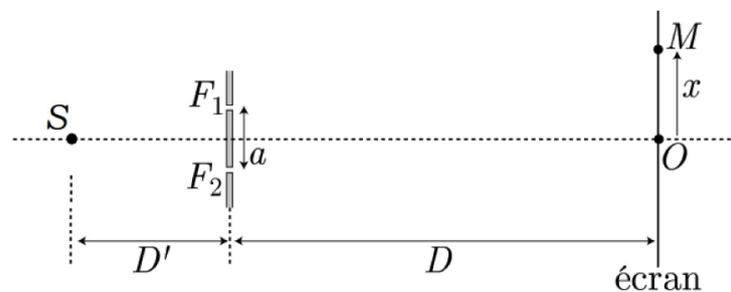
3 Diamètre d'un cheveu ou d'un fil :

- ▶ Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer le diamètre d'un cheveu.
- ▶ Déterminer le diamètre du cheveu en μm . Expliquer.
- ▶ Déterminer l'incertitude absolue Δa sur la mesure de la largeur a du cheveu.
- ▶ Donner la valeur du diamètre du cheveu et son encadrement.

4 Étude des fentes d'Young :

4.1 Rappels théoriques :

On considère deux fentes F_1 et F_2 , telles que $F_1 F_2 = a$. Une source lumineuse S éclaire, de façon symétrique ($F_1 S = F_2 S$), les deux fentes avec une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . Un écran E , situé dans le champ d'interférences de F_1 et F_2 , recueille la lumière. Un point M de cet écran sera repéré par son abscisse $x = OM$, dans la direction perpendiculaire aux fentes.



On appelle D la distance qui sépare l'écran du plan contenant les fentes. On travaillera, dans la suite, au voisinage de O : $a \ll D$ et $x \ll D$

L'éclairement en x s'écrit alors :

$$I(x) = I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi a x}{\lambda_0 D} \right) \right]$$

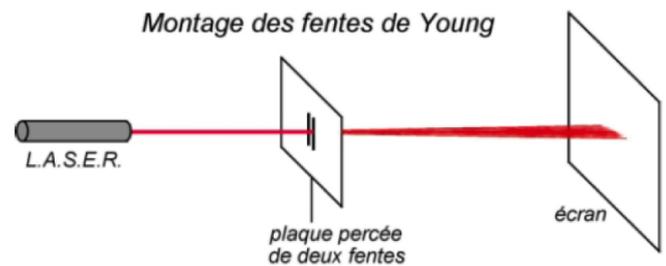
où I_0 est une constante que l'on ne cherchera pas à exprimer.

Question 1 : Représenter la courbe $I(x)$, indiquer la position des franges brillantes et sombres, et donner la valeur l'interfrange (distance entre deux fentes), noté i . Que se passe-t-il lorsque la distance entre les fentes diminue ?

4.2 Présentation du montage :

Nous allons réaliser le montage ci-contre à l'aide du matériel suivant :

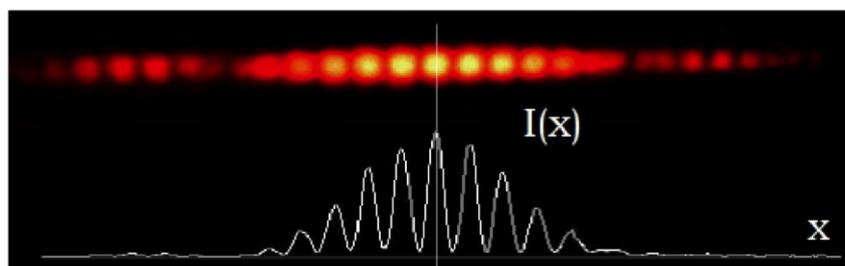
- Un banc optique.
- Un laser $\lambda = 650nm$ (et son support élévateur).
- Une diapositive montée sur un support, comportant 3 bifentes, c'est-à-dire trois ensembles de deux fentes chacun. L'espacement entre les fentes n'est pas le même pour chaque bifente.
- d'un écran (et son support pour banc d'optique).



4.3 Réalisation du montage :

- ▶ Placer le support élévateur sur l'extrémité gauche du banc optique, et placer la diode laser sur le support élévateur.
- ▶ Placer l'écran et son support sur le banc optique. Vérifier que le laser est bien aligné avec le banc optique en faisant varier la position de l'écran d'un bout à l'autre du banc, la position du spot laser sur l'écran doit être indépendante de la position de l'écran. Si ce n'est pas le cas, modifier la direction du laser, soit de manière latérale en bougeant la diode laser, soit de manière verticale en utilisant la languette située au-dessus de la sortie du Laser.
- ▶ Placer alors entre la source l'écran la diapositive comportant les trois bifentes, de manière à éclairer la bifente centrale. On cherchera à ce que la distance fente-écran soit la plus grande possible, mais tout en gardant une bonne luminosité de la figure d'interférence sur l'écran.

Vous devez alors observer sur l'écran une figure similaire à celle présentée ci-dessous :



4.4 Mesure de la distance entre les fentes :

Dans cette partie on mesurera l'interfrange i de la figure de diffraction et on en déduira la distance a entre les fentes grâce à la relation établie à la question précédente.

Manipulation : Scotcher une feuille de papier millimétré sur l'écran, puis repérer à l'aide d'un crayon la position de quelques (environ 10) franges sombres successives. Retirer la feuille de l'écran et mesurer à la règle la distance entre les franges les plus éloignées repérées sur la feuille, et diviser par le nombre de franges pour obtenir une estimation de l'interfrange.

Question 1 : Quelle est l'incertitude sur votre mesure ? En déduire alors la valeur de la distance entre les deux fentes, et l'incertitude associée.

Question 2 : Quel est l'ordre de grandeur de la taille de la figure d'interférence sur l'écran ? Pourquoi ?