

TP Diffraction et mesure du diamètre d'un cheveu

Objectifs du T.P. :

Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.

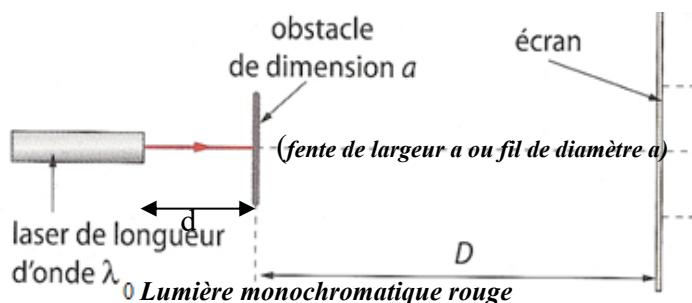
L'objectif de ce TP est de mettre en évidence une des propriétés des ondes, la diffraction, et d'utiliser ce phénomène afin d'en déduire le diamètre d'un fil inconnu.

I. Etude qualitative

Vous disposez d'un laser de couleur rouge ($\lambda = 650 \text{ nm}$), d'un banc optique, d'une fente, d'un écran ainsi que de fentes de d'ouvertures différentes.

Montage expérimental :

Vue de profil :



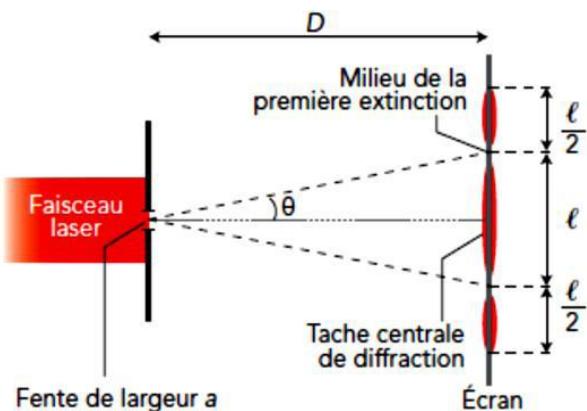
- Réaliser le montage ci-dessus en plaçant l'écran à $D = 1,5$ mètre de la fente.
- Approcher l'écran de la fente. Comment évolue la figure de diffraction ?
- Placer un fil à la place de la fente. Y a-t-il des changements dans la figure observée ?

II. Etude quantitative

Le phénomène de diffraction, parfois considéré comme parasite dans les instruments d'optique, permet aussi de réaliser la mesure d'objets de très petites dimensions.

1. Mesures

Vue de dessus : fente et fil sont verticaux, les figures de diffraction sont horizontales



La largeur l de la tache centrale est la distance séparant les milieux des 2 premières extinctions.

θ est l'écart angulaire en radian, entre le milieu de la tache centrale de diffraction et le milieu de la première extinction.

On interpose sur le trajet du faisceau laser, des fentes de **largeurs différentes** a connues.

Pour chaque fente, on mesure, avec une règle graduée au millimètre près, la largeur l de la tache centrale de diffraction, pour une distance $D = 1,5 \text{ m}$ entre la fente et l'écran (D est fixée).

- Comment procéder pour mesurer avec précision l ?
- Réaliser les mesures de l du tableau ci-dessous et compléter la deuxième ligne du tableau.

Conseil : La largeur ℓ se mesure entre les centres des bandes sombres qui bordent la tache centrale de diffraction.

a (en μm)	40	50	100	120
ℓ (en mm)	4,9	3,9	2,0	
θ (en rad)	0,016	0,013	0,0067	

Rappel : $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$

Appeler le professeur pour vérifier les mesures

2. Exploitation

- Comment varie la largeur ℓ de la tache centrale en fonction de la largeur a de la fente ?
- Pour θ petit, $\tan \theta \approx \theta$, exprimer l'angle θ en fonction de D et ℓ .

Appeler le professeur pour lui présenter votre résultat

- Compléter la troisième ligne du tableau. On rappelle que $D = 1,5 \text{ m}$.

3. Courbe d'étalonnage $\theta = f(1/a)$

- A l'aide du logiciel Reginessi et du tableau de mesures, on souhaite tracer le graphique $\theta = f(x)$ avec $x = 1/a$, a étant la largeur de la fente.

Entrer au clavier les valeurs de θ en rad et de a en m dans le tableau

Créer la grandeur $x = 1/a$

Tracer la relation $\theta = f(x)$

Comment sont placés les points sur le graphique ?

- Modéliser la représentation graphique par une fonction linéaire : $\theta = k \cdot x$

Noter la valeur de k : $k = \underline{\hspace{2cm}}$ (préciser l'unité)

Appeler le professeur pour vérifier le tracé et la valeur de k

- Comparer la valeur du coefficient directeur k avec celle de la longueur d'onde λ du laser.

- En déduire une relation entre θ , λ , et a .

L'incertitude sur la mesure de la tache de diffraction ℓ vaut $u(\ell) = 1 \text{ mm}$.

L'incertitude sur la distance diapositive-écran D vaut $u(D) = 1 \text{ cm}$.

L'incertitude sur la taille de la fente a est $u(a) = 0,02 \text{ a}$

On donne

$$u(\lambda_{\text{exp}}) = \lambda_{\text{exp}} \times \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

- Calculer l'incertitude $u(\lambda_{\text{exp}})$ pour la plus grande valeur de ℓ possible et donner le résultat de la mesure de λ_{exp} avec son incertitude

- Calculer $\frac{|\lambda_{\text{référence}} - \lambda_{\text{exp}}|}{u(\lambda_{\text{exp}})}$ On rappelle que lorsque le z-score est inférieur à 2 la mesure est conforme à la valeur de référence

III. Application : détermination du diamètre d'un cheveu

Le **théorème de Babinet** stipule que la figure de diffraction produite par un obstacle opaque ou une ouverture complémentaire de même forme sont identiques.

- Proposer un protocole expérimental pour mesurer le diamètre d'un cheveu
- Réaliser la mesure.

