

# Thème I. Ondes et signaux (Ondes) TP n°13 Fentes d'Young

Vendredi 26 janvier 2024

## Compétences exigibles du programme :

- ✓ Mettre en œuvre le dispositif expérimental des trous d'Young avec une acquisition numérique d'images.
- ✓ Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A).
- ✓ Comparer deux valeurs dont les incertitudes-types sont connues à l'aide de leur écart normalisé.

## Matériel :

- Laser,
- systèmes de fentes d'Young,
- banc optique, écran.

## Objectifs du TP

- Visualiser la figure d'interférence obtenue avec les fentes d'Young.
- Déterminer la longueur d'onde d'un LASER à l'aide de la figure d'interférence.

## I Diffraction par une fente

### Observation de la figure de diffraction

- ☞ Éclairer une fente simple avec un laser. On observe la diffraction sur un écran « éloigné » de la fente, à une distance  $D$  de celle-ci grande devant la largeur de la fente.
- Q1. Faire un schéma du montage expérimental.
- Q2. Noter précisément vos observations.
- ☞ Éclairer un trou.
- Q3. Noter vos observations.

## II Fentes d'Young

### II.1 Intensité

On étudie la figure d'interférence obtenue avec **deux fentes d'Young**, verticales, séparées horizontalement d'une distance  $a$ , éclairés par un faisceau laser, de longueur d'onde  $\lambda$ , perpendiculaire au plan des fentes d'Young.

La différence de chemin optique en un point  $M$  de l'écran, repéré par son abscisse  $x$ , où  $(Ox)$  est l'axe horizontal, situé à une distance  $D$  du plan des fentes d'Young, est donnée par  $\delta(M) = \frac{ax}{D}$

L'intensité lumineuse en un point de l'écran est donnée par la formule de Fresnel :

$$I(M) = 2I_0 \left( 1 + \cos \left( \frac{2\pi ax}{\lambda D} \right) \right)$$

L'interfrange de la figure d'interférence est donnée par :

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

## II.2 Observation de la figure d'interférence

### Premières observations

- ☞ Éclairer un système de deux fentes d'Young avec un laser. On observe les interférences sur un écran « éloigné » des fentes, à une distance  $D$  de celles-ci ( $D \gg a$ ).
- ☞ La figure observée est une figure d'interférence (due aux deux fentes) incluse dans une figure de diffraction (due à l'existence de chaque fente : une tâche centrale entourée de manière symétrique par des tâches secondaires, deux fois plus petites que la tâche centrale), on distinguera clairement cela.
- ☞ Sur les diapositives, il y a trois systèmes de deux fentes, éclairer successivement les différents systèmes de deux fentes. On veillera bien à ce que les deux fentes soient bien éclairées.

Q1. Faire un schéma du montage expérimental.

Q2. Noter précisément vos observations.

Q3. Comment évolue la figure d'interférence selon la distance entre les deux fentes ?

## II.3 Mesure de la longueur d'onde du LASER

### Protocole

- ☞ Q4. Proposer un protocole détaillé pour déterminer la valeur de la longueur d'onde du laser utilisé.

### Mesures

- ☞ Mettre en œuvre le protocole après validation par l'enseignant.

### Exploitation

- ☞ Q5. Exploiter les mesures effectuées et déterminer la valeur de la longueur d'onde et de son incertitude-type. On effectuera pour cela un traitement statistique des mesures, en utilisant `python`.

*Les mesures seront mises en commun avec toute la classe.*

- ☞ Q6. Calculer l'écart normalisé avec la valeur indiquée sur le laser et conclure.

### À retenir

- Quand la lumière parvient sur un obstacle de taille qui n'est pas très grande devant sa longueur d'onde il se produit un phénomène de \_\_\_\_\_.
- La figure de \_\_\_\_\_ obtenue avec une fente fine, est constituée d'une \_\_\_\_\_, dont la taille est inversement proportionnelle à la largeur de la fente, et de tâches secondaires.
- En éclairant, avec un LASER, un système de deux fentes d'Young on observe, sur l'écran, la figure d'\_\_\_\_\_ à l'intérieur de la figure de \_\_\_\_\_.
- La figure d'\_\_\_\_\_ obtenue avec les fentes d'Young présente des \_\_\_\_\_ si les deux fentes d'Young sont verticales.
- On peut mesurer l'\_\_\_\_\_ pour remonter à la longueur d'onde du LASER. Pour faire une mesure précise, on mesurera un \_\_\_\_\_ d'\_\_\_\_\_.

# ANNEXES

## A LASER

### Attention : LASER

Dans le cadre général d'utilisation des lasers, il est important de garder en mémoire que l'origine du danger vient du fait que :

- le rayonnement émis n'est pas toujours visible : les rayons ultraviolets ont principalement des effets photochimiques (photokératites, photoconjonctivites), tandis que les rayons infrarouges ont des effets thermiques (brûlure de la rétine) ;
- le rayonnement est plus intense et donc plus dangereux lorsqu'il est focalisé : à ce titre, comme le montre le tableau ci-dessous, on classe les lasers en fonction de leur dangerosité en prenant en compte l'éventualité d'une focalisation.

Les LASER sont regroupés dans plusieurs classes selon, notamment, leur puissance, et on indique ci-dessous les moyens de protection nécessaires selon la classe.

Description des classes de laser		Protection	EPI	Mesures préventives
Classe 1	Sans danger dans des conditions raisonnablement prévisibles	Pas obligatoire	Pas obligatoire	Inutiles en cas d'usage normal
Classe 1M	Sans danger pour l'œil nu ; peuvent être dangereux si l'utilisateur emploie un instrument optique	Localisée ou par enceinte	Pas obligatoire	Empêcher l'usage d'instruments optiques grossissants, réglables ou de collimateurs
Classe 2	Sans danger en cas d'exposition de courte durée ; protection de l'œil grâce aux réflexes naturels	Pas obligatoire	Pas obligatoire	Ne pas fixer le regard dans le faisceau
Classe 2M	Sans danger pour l'œil nu en cas d'exposition de courte durée ; peuvent être dangereux si l'utilisateur emploie un instrument optique	Localisée ou par enveloppe-protectrice	Pas obligatoire	Ne pas fixer le regard dans le faisceau. Empêcher l'usage d'instruments optiques grossissants, réglables ou de collimateurs
Classe 3R	Risques de lésions relativement faibles ; peuvent toutefois être dangereux en cas d'usage incorrect par une personne non qualifiée	Enceinte	Dépend des risques établis	Empêcher toute exposition directe de l'œil
Classe 3B	Vision directe dangereuse	Enceinte+verrouillage	Obligatoire	Empêcher toute exposition de l'œil et de la peau au faisceau. Protéger contre les réflexions involontaires
Classe 4	Dangereuse pour les yeux et la peau ; risque d'incendie	Enceinte+verrouillage	Obligatoire	Empêcher toute exposition directe de l'œil et de la peau au faisceau et aux réflexions diffuses

Lorsque l'on manipule un laser, on fera **attention à enlever tous les bijoux** (bagues, montres, bracelets...) sur lesquels le faisceau peut se réfléchir, **à pointer le laser vers un mur ou un écran** (pour éviter que le faisceau se dirige vers d'autres personnes) et à **ne jamais placer ses yeux à hauteur du laser** (toujours regarder le montage par dessus).

## B Diffraction et interférence

Les expériences des fentes d'Young et des trous d'Young montrent que les interférences sont dans la figure de diffraction créée par une seule fente ou un seul trou.

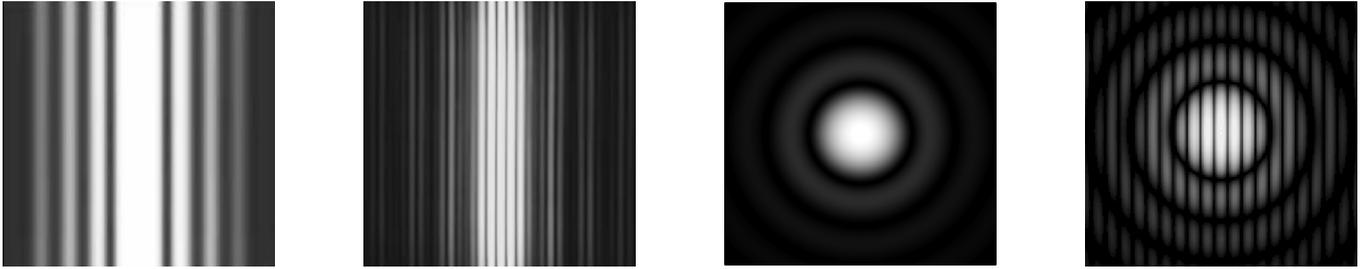
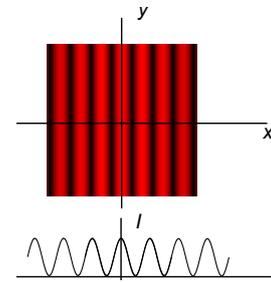


FIGURE 1 – À gauche : Figure obtenue avec des fentes d'Young.  
À droite : Figure obtenue avec des trous d'Young.

Dans ce TP (et dans le chapitre 11) on n'étudie pas la diffraction. On cherche donc à reproduire, avec notre modèle, uniquement les interférences. C'est-à-dire la succession de maxima et minima comme ci-contre.



Pour cela, il faut que l'éclairement produit par un seul trou ou une seule fente soit uniforme sur l'écran. En pratique pour que ce soit le cas, il faut s'intéresser au centre de la figure de diffraction.

FIGURE 2 – Figure d'interférence décrite mathématiquement dans le chapitre 11

