

## TP 16 : Expérience des fentes d'Young

### 1. Introduction

L'objectif est d'observer la diffraction de la lumière par une double fente (expérience des fentes d'Young). On utilisera une lampe spectrale à vapeur de sodium.

Matériel disponible :

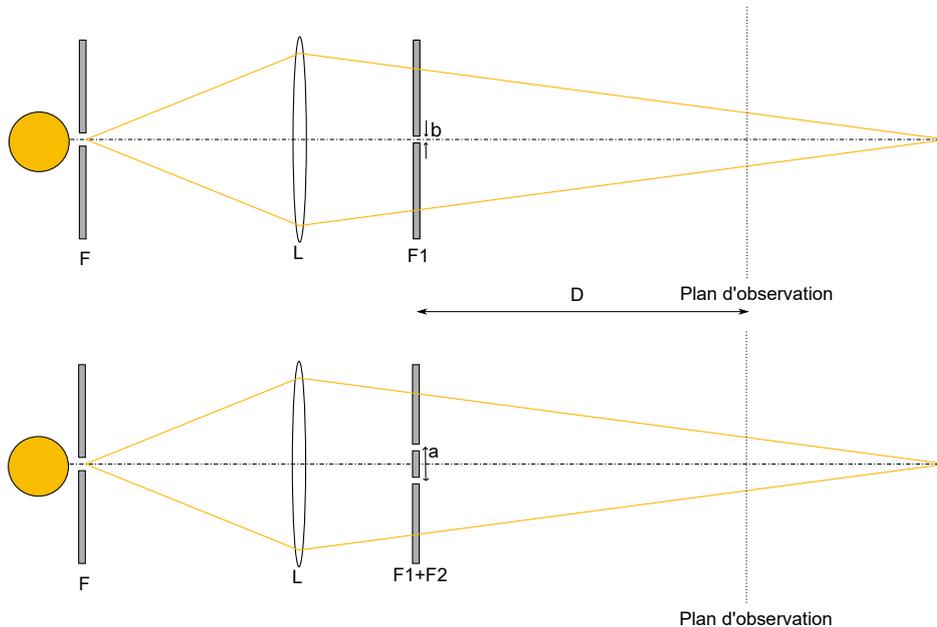
- ▷ Banc d'optique.
- ▷ 3 cavaliers simples.
- ▷ 1 cavalier avec réglage horizontal (pour la bifente).
- ▷ 1 cavalier avec réglage horizontal et vertical (pour la lunette ou la barette CCD).
- ▷ Lampe spectrale sodium.
- ▷ Fente réglable.
- ▷ Fentes sur support et cache en carton.
- ▷ Lentille convergente  $f = 200$  mm.
- ▷ Lunette de visée sur support réglable verticalement et horizontalement.
- ▷ Diapo avec règle graduée sur support.
- ▷ Règle graduée de 50 cm.
- ▷ Barette CCD.
- ▷ Tube en carton avec noix de fixation.

On dispose d'une plaque comportant trois paires de fentes. Les centres des fentes sont espacés respectivement de 0,13 mm, 0,23 mm et 0,43 mm. La largeur des fentes est 70 micromètres. Un cache en carton permet de laisser passer la lumière seulement à travers la paire de fentes choisie.

Les résultats seront présentés dans un notebook dans `partage/TP/TP16_Young` et dans un sous-dossier à votre nom.

## 2. Dispositif expérimental

Le dispositif comporte une fente de largeur réglable  $F$  placée juste devant la lampe, une lentille convergente  $L$  de focale 200 mm, et une fente double  $F1 + F2$ .



La fente  $F$  (nommée *fente source*) permet, grâce au phénomène de diffraction, d'obtenir l'équivalent d'une source de lumière très fine, c'est-à-dire quasi ponctuelle dans le plan de la figure (plan perpendiculaire à la direction de cette fente).

La lentille  $L$  n'est pas indispensable mais elle permet d'améliorer la convergence des faisceaux diffractés par les fentes et d'obtenir des interférences plus lumineuses. Elle fait l'image de la fente  $F$  à environ 50 cm des fentes de diffraction.

La lampe à vapeur de sodium émet dans le visible une raie jaune de longueur d'onde  $\lambda = 589$  nm.

Soit  $D$  la distance entre la fente double et le plan d'observation. Une fente de largeur  $b$  donne dans ce plan une figure de diffraction dont la tache centrale a une largeur :

$$\ell = \frac{\lambda}{b} D \quad (1)$$

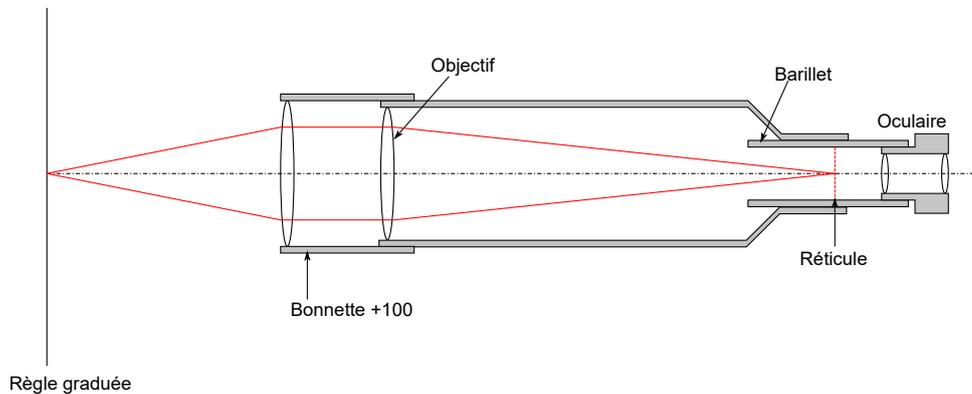
L'expérience des fentes d'Young consiste à observer la diffraction par deux fentes. Lorsqu'on utilise deux fentes dont les centres sont distants de  $a$ , on observe des franges d'interférences rectilignes (superposées à la tache de diffraction) dont l'interfrange est donné par

$$i = \frac{\lambda}{a} D \quad (2)$$

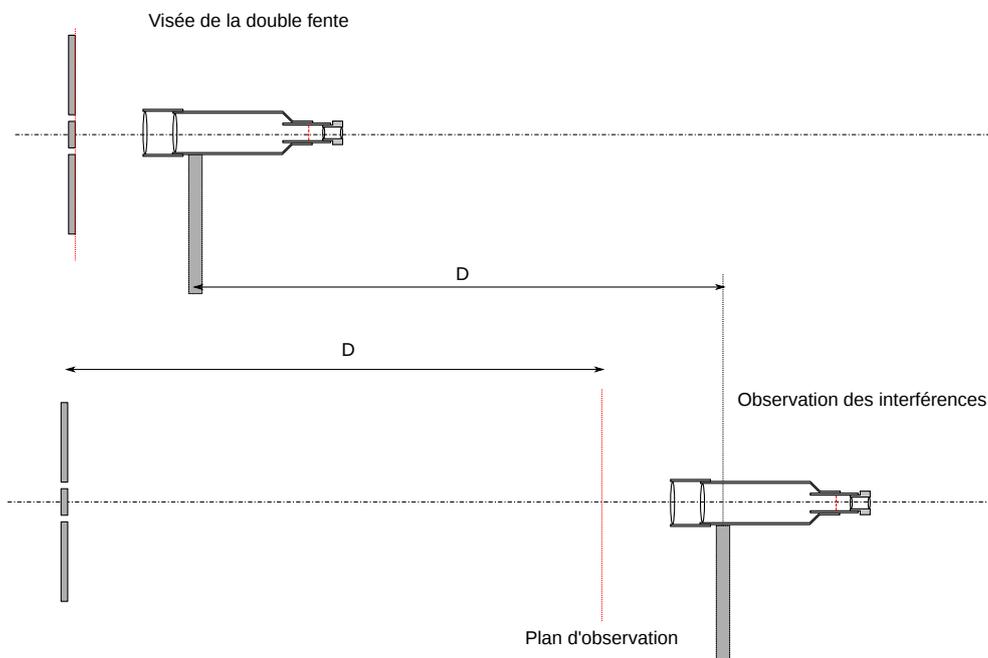
Ces franges d'interférences résultent de la superposition de l'onde diffractée par une des fentes avec l'onde diffractée par l'autre fente.

L'observation se fait avec une lunette de visée munie d'une bonette comportant une lentille de focale 100 mm, qui permet de faire une visée sur un plan situé à une dizaine de centimètres de la lentille frontale. La lunette comporte un réticule gradué solidaire de l'oculaire, que nous

n'utiliserons pas. Pour faire la mesure de l'interfrange, on place une règle graduée (imprimée sur une diapo transparente) dans le plan visé. Ses graduations sont en dixième de millimètre.



Pour connaître la distance  $D$  entre la double fente et le plan d'observation, on utilise la règle graduée du banc d'optique. On commence par noter la position de la lunette lorsque la double fente est visée. Pour placer le plan visé à une distance  $D$  de la double fente, il suffit alors de reculer la lunette de la distance  $D$ , en se servant de la règle du banc.



### 3. Expérience des fentes d'Young

[1] Sélectionner la paire de fentes du milieu (espacement des fentes  $a = 0,23$  mm). Viser ces fentes et noter la position de la lunette. Reculer la lunette de quelques centimètres de manière à voir les franges d'interférences.

[2] Affiner la fente  $F$  et régler son orientation de manière à observer des franges bien contrastées.

[3]  Noter la position de la lunette puis mesurer l'interfrange en comptant plusieurs franges. Noter aussi la précision de cette mesure. Faire la mesure d'interfrange pour cinq valeurs de  $D$  jusqu'à environ 1 m.

[4]   Dans le notebook Python, tracer l'interfrange  $i$  en fonction de la distance  $D$ . En déduire le rapport  $\frac{\lambda}{a}$  par une régression linéaire et comparer à la valeur théorique. La très faible largeur de la fente source  $F$  est une condition importante d'obtention des interférences. Si  $D_s$  désigne la distance entre la fente source et la fente double, la largeur maximale de la fente (celle qui annule le contraste) est :

$$L_{max} = \frac{\lambda}{a} D_s \quad (3)$$

[5] Élargir progressivement la largeur de la fente et observer la première disparition des interférences.

[6]  Noter la largeur de la fente  $F$  qui donne cette première disparition. Comparer au résultat théorique.

[7] Constater que les franges réapparaissent (avec un faible contraste) si on augmente encore la largeur de la fente, puis disparaissent à nouveau pour une largeur  $2L_{max}$ .

[8] Changer la distance entre la source de lumière (fente  $F$ ) et la double fente puis refaire l'expérience.

[9] Vérifier que la présence de la lentille  $L$  n'a pas d'influence sur l'interfrange.

[10] Observer les interférences pour les deux autres paires de fente. Remarquer la variation de l'interfrange et du nombre de franges observées dans la tache centrale de diffraction.

### 4. Enregistrement de l'éclairement

Afin d'obtenir l'intensité  $I(x)$  sur le plan d'observation ( $x$  étant un axe perpendiculaire aux franges), on utilise une barrette CCD que l'on place à une distance  $D$  de la double fente. Cette barrette comporte une ligne de 3648 pixels, avec une période de 8 micromètres. Chaque pixel est une photodiode associée à un circuit analogique intégrateur. Après intégration pendant un temps donné, la tension obtenue pour chaque pixel est numérisée avec un convertisseur A/N de précision 16 bits, ce qui permet d'enregistrer des variations d'intensité lumineuse de grande ampleur.

[11] Placer la barrette CCD (sans filtre) à  $D = 300$  mm de la double fente (utiliser pour cela la règle graduée) et noter l'incertitude de  $D$ .

[12] Placer le tube devant la barrette afin de réduire au maximum l'arrivée de la lumière ambiante sur la barrette.

[13] Brancher le câble USB de la barrette CCD sur le PC. Celle-ci apparaît comme un lecteur de CD dans lequel se trouve le logiciel (`W/AS/EsaoStudio.exe`). Le temps d'intégration doit être choisi afin d'obtenir une courbe complète d'intensité en fonction de  $x$  avec une grande valeur maximale mais sans saturation.

Une fois le réglage effectué, on appuie sur PAUSE pour figer la courbe puis on bascule sur l'onglet Tableau (en bas) pour accéder au tableau des valeurs. Choisir le pixel comme unité d'abscisse car les valeurs en mm ne sont pas correctement exportées dans le fichier texte. L'exportation au format TXT se fait par Fichier->Enregistrer sous puis en sélectionnant le type Fichier texte.

[14] Faire un enregistrement de l'intensité  $I(x)$  pour une largeur de la fente  $F$  assez fine pour avoir des franges bien contrastées. Exporter la courbe dans un fichier texte. Ouvrir le fichier généré avec Notepad++ puis remplacer les virgules par des points.

[15]  Exporter le fichier vers le Jupyter Hub. Dans le notebook, importer la courbe avec `numpy.loadtxt` puis tracer  $I(x)$ . Vérifier sur la courbe la valeur de l'interfrange.

[16]  Refaire l'enregistrement et le tracé avec une largeur de la fente  $F$  plus grande mais avec des franges toujours visibles.