

## Diffraction et Interférences

**Objectifs :** Visualiser des figures de diffraction puis d'interférences par division du front d'onde avec un Laser. En déduire la mesure d'une longueur d'onde.

**Compétences expérimentales exigibles (Sup) :**

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser et caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes.
- Mettre en œuvre le dispositif expérimental des trous d'Young avec une acquisition numérique d'image.
- Analyser une image numérique. Acquérir (webcam, appareil photo numérique, etc.) l'image d'un phénomène physique sous forme numérique, et l'exploiter à l'aide d'un logiciel pour conduire l'étude d'un phénomène.

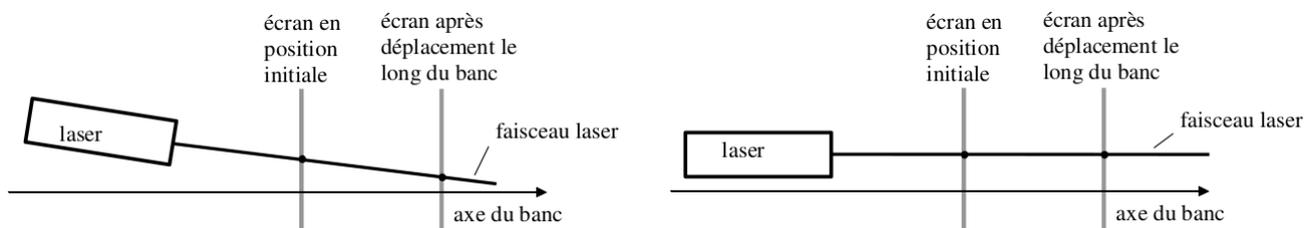
### I. Utilisation d'un faisceau Laser

L'axe du faisceau laser doit être parallèle à l'axe du banc d'optique. Les gros lasers rouges (He-Ne) sont montés sur un petit banc, dont les pieds permettent des déplacements verticaux et les cavaliers des déplacements horizontaux. Les petits lasers (He-Ne rouge ou vert) sont juste montés sur un simple cavalier.

#### • MANIP 1 : Alignement du laser avec le banc optique

Régler l'orientation du laser pour que le faisceau éclaire toujours le même point d'un écran lorsqu'on déplace ce dernier le long du banc d'optique.

Laser rouge sur 2 pieds : rapprocher l'écran du laser et agir sur le pied et le cavalier le plus proche de l'écran pour centrer le faisceau. Éloigner au maximum l'écran et agir sur l'autre pied. Opérer par approximations successives en plaçant l'écran successivement dans ces deux positions.

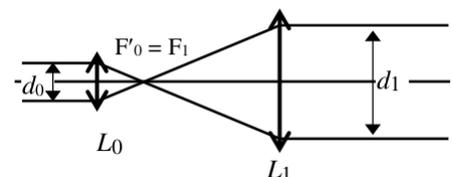


La source laser émet un faisceau de rayons parallèles très étroit (1,5 mm de diamètre environ) de longueur d'onde 530 nm (He-Ne vert) ou 632,8 nm (He-Ne rouge).

Pour les expériences suivantes, il est nécessaire d'agrandir le diamètre du faisceau laser, ce que permet un dispositif afocal formé ici par une lentille  $L_0$  de courte focale  $f'_0$  et une lentille  $L_1$  de longue focale  $f'_1$ . Le plan focal objet de  $L_1$  est dans le plan focal image de  $L_0$ . L'élargissement du faisceau est :  $\frac{d_1}{d_0} = \frac{f'_1}{f'_0}$ . Il existe un extenseur de faisceau près à l'emploi, mais en un seul exemplaire.

#### • MANIP 2 : Élargissement du faisceau Laser

- Monter un élargisseur à l'aide d'une lentille  $L_0$  de focale 5 mm (objectif de microscope) et une lentille  $L_1$  de focale 100 mm. Ajuster la distance entre les lentilles par auto-collimation.



- Ajuster le centrage des éléments, en commençant par  $L_0$  seule, puis en agissant sur  $L_2$ . La section du faisceau émergent doit rester de taille constante et centrée au même endroit de l'écran lorsque l'on déplace ce dernier le long du banc.
- Ajouter un diaphragme ouvert de façon minimale (ne pas forcer) au niveau du col pour épurer le faisceau<sup>a</sup>. Constater l'effet sur l'écran.

a. Les défauts et poussières présents sur les optiques contribuent à ces défauts.

## II. Interférences à deux ondes par division du front d'onde

### II.1. Diffraction et interférence par les fentes d'Young

La figure de diffraction d'une onde plane monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  par une fente de largeur  $b$ , dans le plan focal d'une lentille de focale  $f'$  vérifie l'expression suivante pour l'éclairement :

$$\mathcal{E}(x) = \mathcal{E}_0 \operatorname{sinc}^2\left(\frac{\pi b}{\lambda f'} x\right)$$

où  $x$  est la coordonnée transversale de l'écran dans la direction orthogonale à la fente ;

#### • MANIP 3 : Diffraction par une seule fente

- Positionner dans le faisceau une seule fente dont on notera la largeur (indiquée sur le jeton) et observer directement l'éclairement sur un écran la figure d'interférence sur l'écran.  
*Que se passe-t-il si on choisit une autre fente simple de largeur différente ?*
- Observer, avec la caméra CALIENS, la figure de diffraction dans le plan focal d'une lentille  $L_2$  de focale de l'ordre de  $f'_2 = 0,2 - 0,25$  m.
- En repérant les positions où l'éclairement est nul, déterminer la largeur  $b$  de la fente et vérifier que la valeur obtenue correspond à celle indiquée sur le jeton.
- Exporter le fichier de valeurs numériques <sup>a</sup> associé à l'acquisition par la caméra. Retracer <sup>b</sup> ce graphe à l'aide de PYTHON après l'avoir normalisé, puis lui superposer la formule théorique ci-dessus. Commenter.

<sup>a</sup>. Choisir le format d'enregistrement .csv

<sup>b</sup>. Pour les détails liés à Python (lecture d'un tableau de valeurs notamment), on pourra se référer au TP Python dédié à l'exploitation d'un radiosondage sur mon site.

En présence de deux fentes, on observe la figure d'interférence modulée (c'est-à-dire multipliée) par la figure de diffraction de la fente. Ce sera le même principe pour un réseau, sauf que le nombre de fentes est beaucoup plus grand.

#### • MANIP 4 : Diffraction et interférence par deux fentes d'Young

- Positionner dans le faisceau deux fentes d'Young dont on notera la largeur  $b$  des fentes (identique pour les deux fentes) et leur écartement  $a$ , indiquées sur le jeton. Observer directement l'éclairement sur un écran.  
*Les interférences sont-elles localisées ?*
- Observer, avec la caméra Caliens, la figure d'interférence dans le plan focal d'une lentille  $L_2$  de focale  $f'_2 = 0,50$  m. Déterminer la largeur commune des deux fentes et, en mesurant l'interfrange, l'écartement entre les deux fentes. Vérifier que les valeurs obtenues correspondent à celles inscrites sur le jeton.

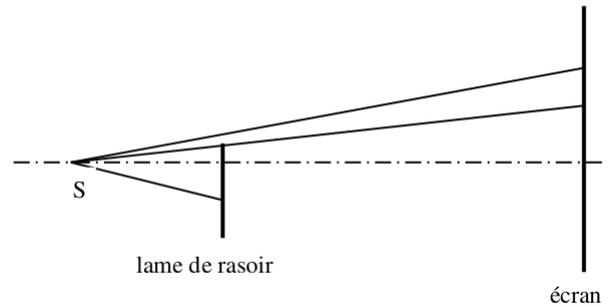
### II.2. Miroir de Lloyd (à n'aborder que s'il reste du temps...)

Avec les miroirs de Lloyd (ou de Fresnel), les franges d'interférences (rectilignes, équidistantes, de contraste 1), viendront se mêler aux franges de *diffraction de Fresnel* par le bord des miroirs ou des lentilles<sup>1</sup>. Pour éviter de croire que l'on observe des franges d'interférences alors qu'il y a seulement des franges de diffraction de Fresnel par un bord, il faut apprendre à reconnaître les caractéristiques de celle-ci.

1. Il s'agit du phénomène de diffraction observé à une distance relativement proche de l'objet diffractant (*champ proche*), en opposition à la diffraction de Fraunhofer, où l'observation se fait en *champ lointain*.

• **MANIP 5 : Diffraction de Fresnel par un bord**

- Réaliser le montage de la figure ci-contre. Pour  $S$ , former avec le laser et la lentille de forte convergence  $L_0$  un faisceau conique suffisamment ouvert (attention à préserver l'alignement).
- Placer une lame de rasoir assez près de  $S$  et un écran assez loin. Au voisinage de la limite géométrique de l'ombre, observer les franges de diffraction. Vérifier les critères ci-dessous.

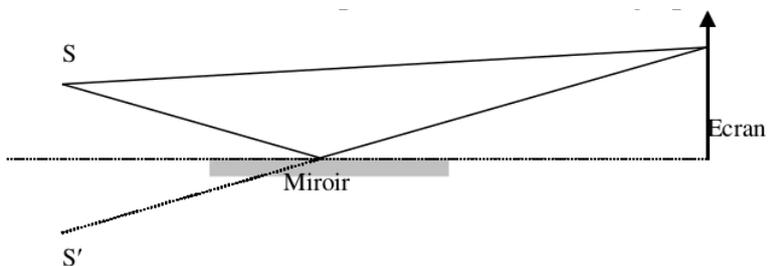


On reconnaît les franges de diffraction de Fresnel par un bord aux trois critères suivants :

- La frange la plus proche de l'ombre est la plus lumineuse.
- En avançant dans la zone de lumière, le contraste des franges diminue.
- En avançant dans la zone de lumière, les franges se resserrent.

Pour obtenir un interfrange assez grand, il faut que la distance  $a = SS'$  soit petite, donc le miroir doit être éclairé en incidence rasante par la lumière laser issue la lentille  $L_0$ .

Pour que le champ d'interférences soit le plus large possible, il faut placer  $S$  près du bord du miroir. On doit alors observer des franges d'interférences sur l'écran.



• **MANIP 6 : Miroir de Lloyd**

- Réutiliser la source ponctuelle précédente et ajuster la position du miroir.
- Mesurer l'interfrange le plus précisément possible.
- Mesurer la distance  $D$  entre  $S$  et l'écran, en supposant que les sources  $S$  et  $S'$  sont à la même abscisse que la lentille de très courte focale.
- À l'aide d'une lentille convergente de focale connue, former une image agrandie des sources  $S$  et  $S'$ . En déduire la distance  $a$  séparant les deux sources.
- En déduire la longueur d'onde du Laser.