

TP 1 : Fentes d'Young

1 Objectif

L'objectif du TP est de se familiariser avec la notion d'interférences sur le plan expérimental. On effectue des mesures sur une figure d'interférence produite à l'aide d'un laser et de deux fentes dites fentes d'Young. Les mesures sont exploitées pour déterminer l'écart entre les fentes.

2 Principe du TP

2.1 Principe physique

Les fentes d'Young constituent un montage historique pour la réalisation d'interférences lumineuses. Il s'agit d'éclairer deux fentes parallèles à l'aide d'un laser. Ces fentes se comportent comme des sources secondaires qui peuvent interférer, et on observe de nombreuses franges parallèles aux fentes sur un écran placé derrière elles.

L'écart entre les franges, appelé *interfrange* i , dépend de l'écart a entre les fentes. En mesurant i , on peut déduire une valeur de a .

2.2 Montage expérimental

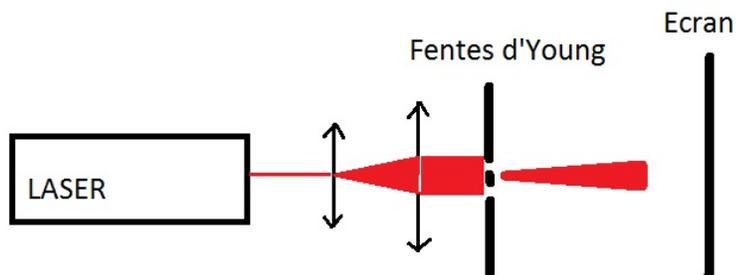


Figure 1: Schéma du montage expérimental. Il sera tout d'abord réalisé avec un laser He-Ne rouge, puis avec un laser He-Ne vert.

Le montage à réaliser est indiqué sur la figure 1. Si on essaye d'éclairer directement les fentes d'Young avec le laser rouge, on s'aperçoit que le diamètre du faisceau laser est à peine suffisant pour éclairer les deux fentes ensemble. Pour y remédier, on élargit le faisceau laser à l'aide de deux lentilles convergentes formant un télescope afocal. On placera une lentille de distance focale $f_1 = 10$ mm à la sortie du laser, et une lentille de distance focale $f_2 = 50$ mm à $f_1 + f_2 = 60$ mm de la première lentille. Le diamètre du faisceau laser est alors élargi d'un facteur $f_2/f_1 = 5$. Avec ce faisceau élargi, on éclaire les fentes d'Young. Et on observe la figure d'interférence sur un écran placé à au moins 70 cm des fentes.

3 Travail demandé

3.1 Réalisation du montage avec le laser rouge

Réaliser le montage comme indiqué ci-dessus avec un laser He-Ne rouge. On commencera par placer le laser et par vérifier que son faisceau est bien horizontal ; régler l'horizontalité du laser si ce n'est pas le cas. Placer ensuite les lentilles en vérifiant qu'elles sont éclairées en leur centre par le laser. Puis placer les fentes d'Young en sortie de la deuxième lentille (emplacement non-critique). Enfin, placer l'écran et observer la figure d'interférence.

Appeler le professeur

3.2 Mesures avec le laser rouge

Pour différentes valeurs de la distance D entre les fentes et l'écran, D allant de 70 cm à 3 m, mesurer l'interfrange i (écart entre les franges, mesuré du centre d'une frange noire au centre de la frange noire suivante. En pratique, on aura une meilleure précision en mesurant la largeur de plusieurs interfranges et en divisant par le nombre d'interfranges.).

Faire un tableau de mesures sous Excel, et représenter le graphe i en fonction de D . On prendra soin d'exprimer i et D dans la même unité.

Vérifier qu'on obtient bien une droite. Tracer la droite de régression sous Excel, et utiliser la fonction Droitereg pour obtenir son coefficient directeur α_R avec son incertitude élargie $\Delta\alpha_R$.

Montrez vos résultats au professeur

3.3 Mesures avec le laser vert

On admet ici qu'avec un laser He-Ne vert, on obtient des franges plus serrées qu'avec le laser He-Ne rouge. La courbe représentant l'interfrange en fonction de la distance est aussi une droite, de coefficient directeur $\alpha_V = 9,1 \cdot 10^{-4}$ avec une incertitude élargie $\Delta\alpha_V = 6 \cdot 10^{-5}$.

4 Exploitation des mesures

L'expression théorique de l'interfrange i en fonction de la distance D , de la longueur d'onde du laser λ et de l'écart a entre les fentes est :

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

4.1 Dépendance de i en fonction de λ

En déduire le coefficient directeur théorique α de la droite i en fonction de D .

Pour le laser rouge, on a $\lambda_R = 632,8$ nm ; et pour le laser vert $\lambda_V = 543,5$ nm. Vérifier qu'on a bien $\alpha_R/\alpha_V = \lambda_R/\lambda_V$ aux incertitudes de mesure près. On a ainsi vérifié que i est bien proportionnel à la longueur d'onde λ .

On donne l'incertitude sur le rapport $R = \alpha_R/\alpha_V$:

$$\Delta R = R \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta\alpha_R}{\alpha_R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\alpha_V}{\alpha_V}\right)^2}$$

4.2 Détermination de l'écart a entre les fentes d'Young

Montrer que $a = \lambda/\alpha$.

En déduire deux valeurs de a avec leurs incertitudes à l'aide de vos résultats avec le laser rouge et avec le laser vert. Ces valeurs sont-elles compatibles ? En supposant négligeable l'incertitude sur les longueurs d'onde, on a $\Delta a = a \cdot \Delta\alpha/\alpha$.

Mesurer l'écart a au microscope. La valeur obtenue est-elle compatible avec celles que vous avez trouvé par la méthode interférométrique ?

5 Principe du montage afocal

On se propose d'expliquer simplement le principe du montage afocal élargissant le faisceau laser. Dans ce montage, on a deux lentilles convergentes, dont celle de plus petite distance focale est placée en premier. La distance entre les deux lentilles est telle que le foyer image de la première lentille coïncide avec le foyer objet de la deuxième.

Le faisceau laser incident sur la première lentille est assimilable à un faisceau cylindrique parallèle à l'axe optique des lentilles. Sachant qu'un rayon incident parallèle à l'axe optique est dévié par une lentille en un rayon passant par le foyer image ; et qu'un rayon passant par le foyer objet est dévié par une lentille en un rayon parallèle à l'axe optique, tracer les rayons lumineux du faisceau laser de l'entrée à la sortie de l'afocal.

Vérifier que la distance entre les lentilles est bien égale à la somme des distances focales, et que la faisceau sortant est élargi et parallèle à l'axe optique.

BAREME

| § | Travail à faire | Note sur place | Note écrit |
|-----|------------------------|----------------|------------|
| 3.1 | Montage laser rouge | - / 4 | |
| 3.2 | Mesures laser rouge | - / 2 | |
| 3.2 | Excel laser rouge | | - / 3 |
| 4.1 | i et longueur d'onde | | - / 4 |
| 4.2 | Valeurs de a | | - / 3 |
| 4.2 | Microscope | - / 2 | |
| 5 | Afocal | | - / 2 |

TOTAL : / **20**