

FIGURE 2 – figure attendue

I. Interférences par fentes d'Young

1 - Matériel

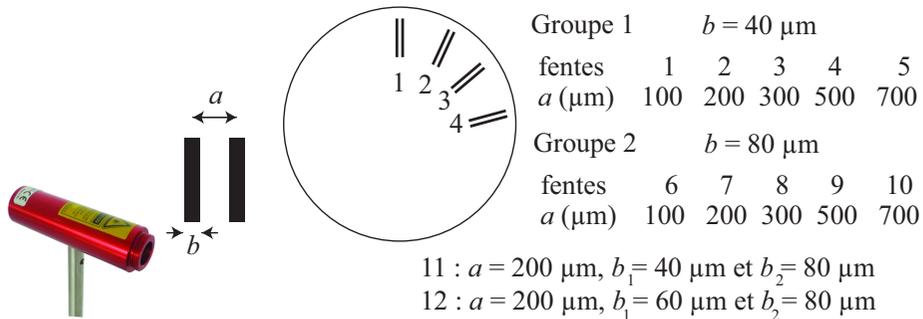


FIGURE 1 – Laser et fentes doubles montées sur support

2 - Interfrange

🔧 Expérience 1

- ✓ réaliser une figure d'interférences avec un laser rouge, vert ou bleu
- ✓ relayer toutes les longueurs que vous jugerez pertinentes
- ✓ Mesurer l'interfrange i_{exp} et estimer son incertitude type $u(i_{exp})$.

🔍 Appel Professeur, à l'oral

Distinguer la contribution des interférences et celle due à la diffraction.
 La figure d'interférences est-elle localisée ou délocalisée ? Proposer un protocole pour illustrer votre réponse et le présenter.

📝 À rédiger

- Q 1 - Indiquer l'effet d'une translation de la source dans le sens des fentes (verticales).
- Q 2 - Indiquer l'effet d'une translation de la source perpendiculairement aux fentes (horizontales).
- Q 3 - Indiquer l'effet d'une inclinaison de la source par rapport aux fentes. On attend ici un schéma accompagné de commentaires.
- Q 4 - Comparer la mesure de i_{exp} avec la valeur théorique en évaluant le z-score.
- Q 5 - Comparer la largeur de la tache centrale avec celle donnée par les formules de diffraction.

II. Problème de cohérence

1 - Cohérence temporelle

À rédiger

Une diode laser a pour temps de cohérence $t_c = 1 \cdot 10^{-10}$ s, déterminer :

- Q 6 - sa longueur de cohérence L_c (en m).
- Q 7 - sa largeur spectrale $\Delta\lambda$. Vous représenterez l'allure du spectre de la source.
- Q 8 - l'ordre maximal observable limité par la largeur spectrale dans les conditions expérimentales du I. Commenter.

2 - Cohérence spatiale

Le laser n'est pas une source ponctuelle, son faisceau peut être assimilé à un faisceau dit gaussien qui est une solution partielle des équations de propagation des ondes. Pour un faisceau gaussien se propageant dans le vide, la largeur du faisceau $w(z)$ sera à une valeur minimale w_0 appelée le waist du faisceau laser, situé en z_0 .

Propriété :

Le paramètre $w(z)$ s'approche d'une ligne droite pour $z \gg z_0$. L'angle entre cette ligne droite et l'axe central du faisceau est appelé la divergence du faisceau. Elle est donnée par :

$$\tan(\theta) = \lambda/(\pi w_0)$$

Appel Professeur, à l'oral

Oralement proposer un protocole pour estimer la valeur de w_0 puis le mettre en oeuvre.

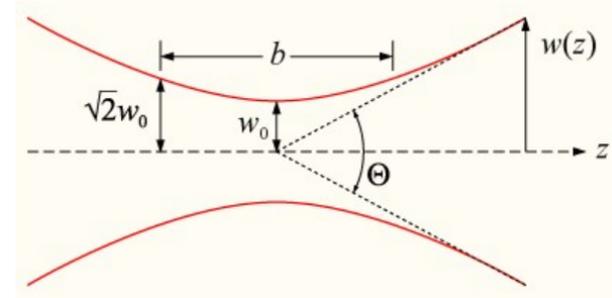


FIGURE 3 – Waist du faisceau laser

À rédiger

- Q 9 - Réaliser un schéma de votre expérience
- Q 10 - Calculer la valeur de w_0 accompagnée de son incertitude. On pourra utiliser le fichier python associé `MC_w0.py`.
- Q 11 - En déduire la distance de Rayleigh^a associé à ce laser (cf. ex. préparatoire).
- Q 12 - Déterminer une condition sur la distance laser-fente donnée par la cohérence spatiale. Cette condition était-elle réalisée dans le I.

^a. En réalité la présence d'une lentille convergente modifie la grandeur w_0 : $w_0' = \lambda f' / \pi w_0$

III. Caractéristiques de l'interfrange

1 - Source monochromatique

Expérience 2

- ✓ Choisir l'un des quatre paramètres ci-dessous, ce paramètre doit être différent des autres groupes travaillant avec vous sur le même sujet :
 - la longueur d'onde,
 - la largeur des fentes (de taille identique),
 - la distance entre les deux fentes,
 - la distance entre les fentes et l'écran.
- ✓ Mesurer l'interfrange notée i de la façon la plus précise possible en faisant varier le paramètre choisi.

À rédiger

Dans votre compte-rendu, rassemblez les résultats des autres équipes et pour chaque paramètre

- Q 13** - Indiquer les valeurs mesurées en justifiant l'incertitude et en veillant aux chiffres significatifs, on présentera le résultat sous la forme : $i = X \pm \Delta X$.
- Q 14** - Proposer une représentation graphique illustrant la dépendance entre i et le paramètre choisi.
- Q 15** - Commenter les valeurs du coefficient de corrélation R^2 et de la position de la droite moyenne par rapport aux segments des incertitudes. Vous imprimerez la courbe obtenue à l'aide `regression_donnees.py` (dans le cas de la largeur des fentes, les deux valeurs ne permettent pas de faire de régression, passez donc ce point).

2 - Source polychromatique

On se placera sur l'unique poste possible dans la salle des Michelson.

Expérience 3

- ✓ Aligner la lampe (Na), le condenseur, la fente primaire, le viseur sur le banc d'optique.
- ✓ La fente doit être éclairée uniformément et être assez fine.
- ✓ Insérer les fentes d'Young entre la fente et le viseur.
- ✓ Régler la fente parallèle dans la direction privilégiée des FY.
- ✓ Il faut rechercher les franges à travers le viseur (seules les franges d'Young peuvent être vues à l'œil nu). Placer celui-ci dans la zone où se trouvent les franges. Régler éventuellement la position verticale du viseur.
- ✓ Avant réglage, les franges sont souvent peu nettes ; on observe au mieux une zone fortement éclairée et striée : affiner le parallélisme fente primaire / direction privilégiée du diviseur et modifier éventuellement la largeur de la fente source.

Exercice 1 On admet que, sous certaines conditions, l'amplitude scalaire de la vibration lumineuse émise par un laser du type (dit "gaussien fondamental") est, en utilisant les coordonnées cylindriques (r, θ, z) :

$$\underline{s}(r, z, t) = A_0 f(r, z) e^{i(\omega t - kz - \eta(z))}$$

□ **Q 1** - L'onde est elle progressive ? plane ? monochromatique ? Justifier
Cette vibration est limitée dans l'espace, suivant la distance r à l'axe Oz par la fonction f donnée par :

$$f(r, z) = \frac{w_0}{w(z)} e^{-r^2/w(z)^2}$$

Le faisceau gaussien d'un laser est caractérisé par :

- sa taille minimale (ou "waist") notée w_0 ,
- sa longueur de Rayleigh notée z_R .

La taille du faisceau à l'abscisse z est

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + z^2/z_R^2}$$

□ **Q 2** - Si la plus petite taille du faisceau est w_0 , estimer l'angle de divergence du faisceau θ .

□ **Q 3** - Représenter la fonction $w(z)$ en faisant apparaître les valeurs w_0 et z_R . En déduire une nouvelle formulation de l'angle de divergence à l'infini en fonction de w_0 et z_R .

□ **Q 4** - On montre en réalité que pour un faisceau gaussien, $\theta = \lambda/\pi w_0$. Exprimer la longueur de Rayleigh en fonction du waist du faisceau laser et de λ .

Exercice 2 On admet que, sous certaines conditions, l'amplitude scalaire de la vibration lumineuse émise par un laser du type (dit "gaussien fondamental") est, en utilisant les coordonnées cylindriques (r, θ, z) :

$$\underline{s}(r, z, t) = A_0 f(r, z) e^{i(\omega t - kz - \eta(z))}$$

□ **Q 1** - L'onde est elle progressive ? plane ? monochromatique ? Justifier
Cette vibration est limitée dans l'espace, suivant la distance r à l'axe Oz par la fonction f donnée par :

$$f(r, z) = \frac{w_0}{w(z)} e^{-r^2/w(z)^2}$$

Le faisceau gaussien d'un laser est caractérisé par :

- sa taille minimale (ou "waist") notée w_0 ,
- sa longueur de Rayleigh notée z_R .

La taille du faisceau à l'abscisse z est

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + z^2/z_R^2}$$

□ **Q 2** - Si la plus petite taille du faisceau est w_0 , estimer l'angle de divergence du faisceau θ .

□ **Q 3** - Représenter la fonction $w(z)$ en faisant apparaître les valeurs w_0 et z_R . En déduire une nouvelle formulation de l'angle de divergence à l'infini en fonction de w_0 et z_R .

□ **Q 4** - On montre en réalité que pour un faisceau gaussien, $\theta = \lambda/\pi w_0$. Exprimer la longueur de Rayleigh en fonction du waist du faisceau laser et de λ .