

Révisions d'optique géométrique et interféromètre des fentes d'Young

I Rappels théoriques

Les conditions de Fraunhofer consistent à se ramener expérimentalement à une situation avec des ondes équivalentes à une source primaire et un plan d'observation à l'infini. En pratique, concernant le plan d'observation, on place l'écran dans le plan focal image d'une lentille convergente (\mathcal{L}_2).

Concernant la source primaire, deux situations sont possibles :

- la source primaire est un faisceau laser. Nous verrons qu'un laser crée un faisceau quasi-parallèle, ce qui implique que l'onde créée par un laser est quasiment plane. Dans ce cas, il est inutile d'utiliser une lentille (\mathcal{L}_1) supplémentaire.
- la source primaire n'est pas un faisceau laser (lampe spectrale ou lampe blanche). Dans ce cas, on placera la source primaire dans le plan focal objet d'une lentille convergente (\mathcal{L}_1).

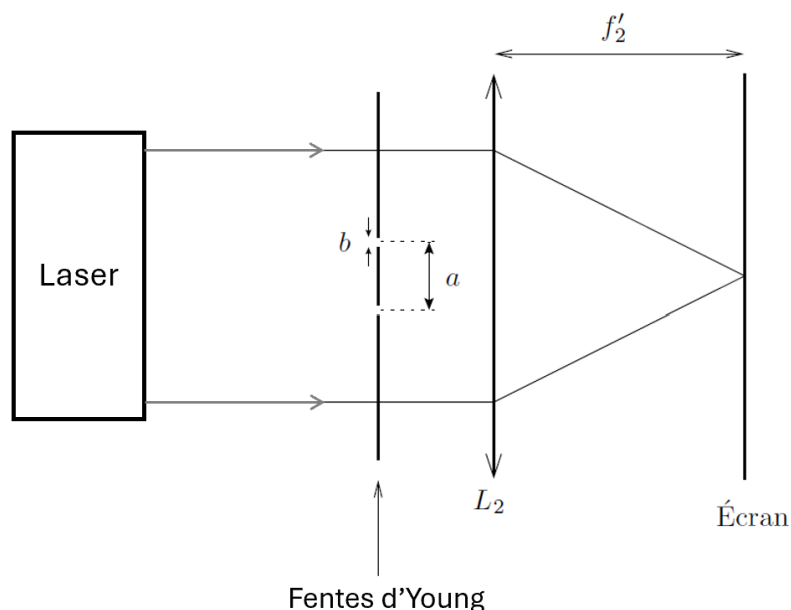
Remarque : Certains montages utilisent des lentilles convergentes avec un faisceau laser. Dans ce cas, le but des lentilles convergentes n'est pas de se ramener à une source primaire à l'infini mais juste d'élargir le faisceau laser pour qu'il éclaire bien l'intégralité de l'interféromètre. On parle d'élargisseur de faisceau.

Dans les conditions de Fraunhofer, en appelant f'_2 la distance focale de (\mathcal{L}_2) et a la distance entre les fentes d'Young, l'interfrange s'exprime :

$$i = \frac{\lambda_0 f'_2}{a}$$

II Eclairage de l'interféromètre par un laser

Protocole :



Vous disposez de lentilles convergentes de distances focales de 10 cm, 20 cm et 30 cm. Les paires de fentes d'Young sont directement gravées dans une diapositive.

- Quelle paire de fentes d'Young choisissez-vous pour vous faciliter la mesure de l'interfrange sur l'écran ? Quelle lentille choisissez-vous pour faciliter encore plus cette mesure ?
- Mettre en œuvre le montage expérimental.

Remarque : Rédaction d'un protocole en optique : en plus de représenter schématiquement les différents éléments du montage optique, indiquez directement sur le schéma certains rayons lumineux qui expliquent par eux-mêmes la manière dont vous positionnez expérimentalement les différents éléments optiques. Par exemple, ici, sur le schéma, on a fait apparaître des rayons lumineux issus du laser et se croisant au niveau de l'écran. Cela sous-entend que pour mettre en œuvre le montage, vous devez positionner le laser, (\mathcal{L}_2), puis placez l'écran à l'endroit où le faisceau laser est le plus fin. Placez enfin les fentes d'Young qui n'interviennent pas dans ce tracé des rayons lumineux.

Remarque : Bien sûr, comme en élec, le schéma n'est pas suffisant pour écrire un protocole. Il faut ajouter les valeurs expérimentales choisies (a , b , λ_0 , f'_2) et, s'il y a lieu, la mesure effectuée en précisant l'appareil de mesure.

Exploitation et mesures :

- Le laser peut-il être considéré comme une source primaire ponctuelle ? quasi-monochromatique ? En déduire si toutes les ondes émises par le laser interfèrent entre elles ou non.
- Commenter alors la figure d'interférences observée. Pourquoi y a-t-il des zones de l'écran où nous ne distinguons pas (ou quasiment pas) les franges d'interférences ?
- Mesurer l'interfrange à l'aide d'une règle. On évaluera une incertitude-type sur cette mesure.

- Déplacer l'écran autour du plan focal image de (\mathcal{L}_2). Les interférences sont-elles localisées ou délocalisées ?

III Eclairage de l'interféromètre par une source blanche ponctuelle avec un filtre interférentiel

Protocole :

Contrainte expérimentale 1 :

Une source blanche émet, comme son nom l'indique, dans toutes les longueurs d'onde du visible. Cela entraîne un brouillage de la figure d'interférences, car chaque longueur d'onde différente crée un système de franges avec un interfrange différent. Ainsi, pour réaliser nos mesures, nous utiliserons un filtre interférentiel placé juste après la lampe blanche.

Un filtre interférentiel utilise le phénomène d'interférences pour sélectionner uniquement certaines longueurs d'onde. Il a donc une certaine bande passante lumineuse.

Remarque : Les filtres interférentiels ont une bande passante très fine (quelques dizaines de nm) comparée à celles des filtres colorés simples (constitués par des polymères).

Contrainte expérimentale 2 :

Une source blanche émet souvent un faisceau lumineux très large, ce qui va également brouiller la figure d'interférences. Pour réaliser des mesures d'interfrange, il est donc nécessaire de limiter l'extension spatiale de la source. On utilisera une fente de largeur e réglable pour jouer le rôle de fente source limitée en largeur.

- Réaliser le schéma du montage de Fraunhofer en lumière blanche avec un filtre interférentiel. On utilisera une lentille (\mathcal{L}_1) de courte focale pour limiter la perte d'intensité lumineuse dans le montage.
- Mettre en œuvre le montage schématisé. On veillera particulièrement à proposer des manières de procéder pour placer (\mathcal{L}_1) et l'écran précisément aux bons endroits.
- Arrivez-vous à observer la figure d'interférences sur l'écran ?

Contrainte expérimentale 3 :

Pour augmenter la luminosité perçue de la figure d'interférences, on va observer celle-ci, non pas sur un écran, mais par le biais d'un oculaire micrométrique. Un oculaire micrométrique permet de faire l'image d'un objet à distance finie fixe sans accommoder. On se trouve dans cette situation lorsque le réticule qui se trouve à l'intérieur est vu net en même temps que l'image. Ce réticule est gradué précisément, une petite graduation du réticule correspond à 0,1 mm dans le plan observé.

- Régler l'oculaire micrométrique seul pour que vous puissiez observer net le réticule sans accommoder.
- Placer l'oculaire micrométrique au niveau de l'écran précédemment placé.

Exploitation et mesures :

- La fente source peut-elle être considérée comme une source primaire ponctuelle ? quasi-monochromatique ? En déduire si toutes les ondes émises par la fente source interfèrent entre elles ou non.
- Commenter alors la figure d'interférences observée.
- Mesurer l'interfrange à l'aide du réticule. On n'attend pas ici d'incertitude-type.

IV Problème de cohérence spatiale

Protocole :

- En gardant le montage de la partie III, en observant à travers l'oculaire micrométrique, augmenter progressivement la largeur e de la fente source. Qu'observez-vous ? A quoi est lié ce phénomène ?
- Mesurer la taille e de la fente source tel que le contraste s'annule.

Exploitation :

Théoriquement, on montre que le contraste s'annule pour une largeur de fente $e = \frac{\lambda_0 f'_1}{a}$.

- Valider (ou non !) votre résultat expérimental.

V Problème de cohérence temporelle

Protocole :

- Reprendre le montage de la partie III en retirant le filtre interférentiel. Qu'observez-vous ? A quoi est lié ce phénomène ?