

FENTES D'YOUNG

Dans ce court TP, on observe la figure d'interférences produite par des fentes d'Young dans le montage de Fraunhofer. On procède à des mesures élémentaires et on analyse quelques effets de cohérence.

I Mise en place du dispositif

On utilise le montage de Fraunhofer étudié en cours (figure 1). Tous les éléments sont alignés sur un banc optique à l'extrémité duquel on place une source blanche puis un filtre vert qui sélectionne les longueurs d'onde voisines de 558 nm. On produit une onde plane en plaçant une source ponctuelle au foyer F_1 de L_1 ($f'_1 = 10$ cm). En pratique, il s'agit d'une fente étendue dans la direction perpendiculaire au plan de la figure, verticale sur la paillasse. La figure d'interférences s'observe au foyer image de L_2 ($f'_2 = 20$ cm). Réaliser ce montage en suivant les étapes suivantes (peut-être les préparateurs du lycée l'ont-ils déjà partiellement mis en place). Attention à bien placer les différents éléments à la même hauteur et à les aligner transversalement (certains bancs du lycée permettent cet alignement transversal, d'autres non).

- Allumer la lampe et placer juste derrière le filtre et la fente source verticale.
- Introduire L_1 ($f'_1 = 100$ mm). Par autocollimation, faire coïncider son foyer objet F_1 avec la fente source. On rappelle qu'il faut pour cela placer derrière L_1 un miroir plan M_p qui renvoie la lumière sur la fente source au travers de la lentille, puis translater L_1 jusqu'à obtenir, dans le plan de la fente, une image bien nette de cette fente, c'est à dire un rectangle lumineux aux bords bien définis.
- Placer ensuite L_2 ($f'_2 = 200$ mm) à quelques dizaines de centimètres de L_1 et repérer sur un écran l'image de la fente source. Elle se trouve près de F'_2 dans le plan focal image de L_2 . C'est ici qu'on observera la figure d'interférences.
- Remplacer l'écran par un oculaire micrométrique placé au même endroit (côté noir vers l'œil) et ajuster sa hauteur pour que la lumière y pénètre. Observer l'image au travers de cet oculaire. Le déplacer délicatement pour obtenir une image bien formée, c'est à dire une barre verte verticale aux bords bien francs.
- Introduire les fentes sur le trajet des rayons entre L_1 et L_2 , parallèlement à la fente source verticale. Pour l'instant, éclairer la bifente d'écartement le plus faible et prendre soin que le faisceau la traverse sans passer à côté.
- La figure d'interférences apparaît alors dans l'oculaire. Pour l'améliorer, donner à la fente source une largeur optimale (plus fine : meilleur contraste, plus large : plus lumineux) et soigner son parallélisme avec la fente diffractante (la fente source comporte un dispositif de réglage de son orientation).
- Vous pouvez utiliser le condenseur de la lampe source pour concentrer le faisceau selon vos besoins : il faut pour cela tirer ou pousser une tige qui se trouve à l'arrière de la lampe.

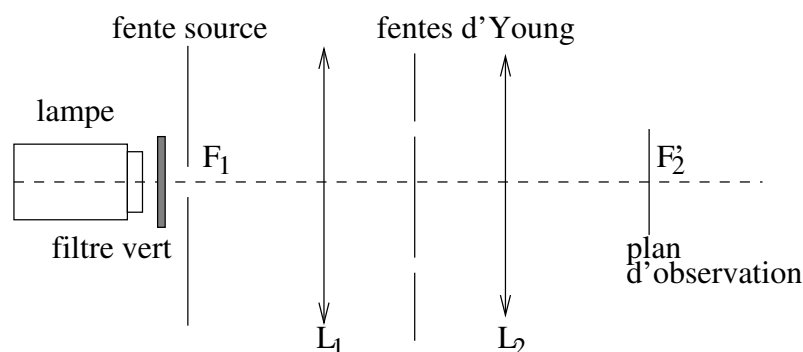


FIGURE 1 – Montage de Fraunhofer pour l'observation de la diffraction et des interférences

II Mesures

On rappelle que l'interfrange est donné par $i = \lambda f'_2 / \ell$, où ℓ est l'écart des deux fentes. Le travail suivant est à effectuer pour chacune des trois paires de fentes présentes sur le support.

1. L'oculaire est gradué au dixième de millimètre. En mesurant la largeur Δx occupée par N franges (en pratique, on prend N de l'ordre de quelques unités), calculer l'interfrange $i = \Delta x/N$.

2. En déduire l'espacement ℓ entre les fentes.

Toutes ces mesures sont entachées d'une certaine imprécision qu'il convient de quantifier par un calcul d'incertitude.

3. La valeur de Δx résulte d'une différence entre deux graduations x_1 et x_2 . Estimer l'incertitude sur x_1 et x_2 et en déduire l'incertitude sur Δx grâce à la relation suivante.

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (u(\Delta x))^2 = u(x_2)^2 + u(x_1)^2$$

Calculer l'incertitude sur i

$$u(i) = \frac{u(\Delta x)}{N} \quad .$$

4. Comme $\ell = \lambda f'_2/i$, la valeur de ℓ est incertaine. Le plan d'observation n'est pas exactement à la distance $f'_2 = 200$ mm et il faudrait remplacer f'_2 par la distance réelle. La longueur d'onde sélectionnée par le filtre est imprécise de même que i . Estimer honnêtement l'incertitude $u(f'_2)$ (sur la distance réelle à laquelle on a placé l'oculaire).

5. On admet que $u(\lambda) = 10$ nm. Calculer l'incertitude sur ℓ par

$$\left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 = \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(f'_2)}{f'_2}\right)^2$$

Donner cette incertitude avec deux chiffres significatifs.

6. Écrire enfin la valeur de ℓ avec son incertitude en respectant la convention : le dernier chiffre significatif de ℓ correspond à la même décimale que le dernier de $u(\ell)$.

7. La valeur de ℓ est fournie par le fabricant et on peut la lire sur la diapositive qui porte les fentes. Il s'agit maintenant de comparer cette valeur de référence à la valeur déduite des mesures. Pour cela, on calcule l'écart normalisé entre les deux valeurs

$$E_N = \frac{|\ell_{\text{mesure}} - \ell_{\text{constructeur}}|}{\sqrt{u(\ell_{\text{mesure}})^2 + u(\ell_{\text{constructeur}})^2}} \quad .$$

Calculer E_N en négligeant $u(\ell_{\text{constructeur}})$. Les deux valeurs sont compatibles sur $E_N < 2$. Est-ce le cas avec vos résultats? En cas de désaccord, chercher sa cause en analysant le protocole et en pointant la cause d'erreur la plus significative.

III Effets de cohérence

Les observations qui suivent sont à effectuer pour une seule des trois paires de fentes.

1. Élargir la fente source tout en observant les franges. Décrire et expliquer qualitativement l'évolution du contraste.

2. Revenir à une largeur très faible puis, en élargissant à nouveau la fente source, obtenir le premier brouillage complet des franges.

3. Mesurer la largeur b de la fente source lorsque se produit le premier brouillage. On peut en principe mesurer b avec les graduations de la vis de réglage de la fente, mais ce n'est pas très commode. Je vous recommande plutôt d'enlever momentanément les fentes d'Young et d'observer directement l'image de la fente source dans l'oculaire : sa largeur vaut $b f'_2/f'_1$ et en la mesurant, on accède à b .

4. Nous avons vu en cours que le contraste reste correct tant que $b \lesssim \lambda f'_1/(2\ell)$. Un calcul plus complet montre qu'il s'annule pour $b = \lambda f'_1/\ell$. Calculer cette valeur et la comparer à celle mesurée dans la question précédente.

5. Replacer les fentes d'Young dans le montage et reprendre l'observation des franges. Retirer le filtre vert. Décrire et expliquer la figure observée.