
TP7

Interférences

Matériel

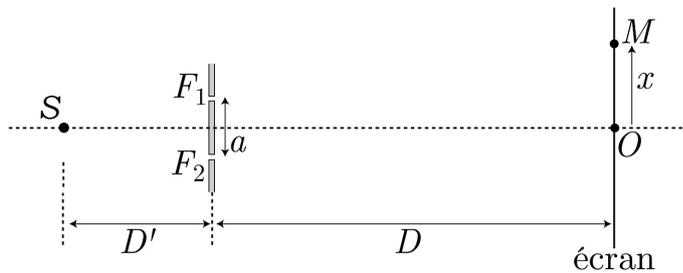
- Lampe au sodium, laser et lampe blanche
- Diaphragme réglable, mesurable si possible
- Pupille percée de paires de fentes d'Young d'écartements différents, et trous d'Young.
- Ecran millimétré pour matérialiser et mesurer les franges d'interférences
- Banc d'optique pour mesurer les distances horizontales entre ces différents éléments.

Objectifs du TP

- Observer des interférences
- Déterminer des grandeurs physiques grâce à l'optique ondulatoire
- Mettre en évidence les limites de cohérence spatiale et temporelle d'une source

1 Rappels théoriques

1.1 Fentes d'Young éclairées par une source ponctuelle monochromatique



On considère deux fentes F_1 et F_2 , telles que $F_1 F_2 = a$. Une source lumineuse S éclaire, de façon symétrique ($F_1 S = F_2 S$), les deux fentes avec une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . Un écran E , situé dans le champ d'interférences de F_1 et F_2 , recueille la lumière. Un point M de cet écran sera repéré par son abscisse $x = \overline{OM}$, dans la direction perpendiculaire aux fentes.

On appelle D la distance qui sépare l'écran du plan contenant les fentes. On travaillera, dans la suite, au voisinage de O :

$$a \ll D \text{ et } x \ll D$$

L'éclairement en x s'écrit alors :

$$\mathcal{E}(x) = \mathcal{E}_0 \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi ax}{\lambda_0 D}\right) \right) \quad (1)$$

où \mathcal{E}_0 est une constante que l'on ne cherchera pas à exprimer.

➤ Représenter la courbe $\mathcal{E}(x)$, indiquer la position des franges brillantes et sombres, et donner la valeur l'interfrange (distance entre deux fentes), noté i . Que se passe-t-il lorsque la distance entre les fentes diminue ?

1.2 Fentes d'Young éclairées par une source monochromatique étendue

Lorsque la source est étendue, il y a perte de contraste (donc disparition de la figure d'interférence) si la condition suivante n'est pas respectée :

$$h \leq l_S = \frac{\lambda D'}{a}$$

Avec h la taille de la source et l_s la **longueur de cohérence spatiale** de l'interféromètre, qui dépend de la longueur d'onde λ de la source et de la distance D' entre la source et les fentes.

⚡ Les fentes sont éclairées directement par une étoile, de rayon $R = 10^6$ km, située à une année-lumière de la terre ($1 \text{ a.l.} = 9,5 \cdot 10^{12}$ km), et émettant un rayonnement monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 600$ nm. Quel doit être l'écartement entre les fentes pour observer des interférences ?

1.3 Fentes d'Young éclairées par une source ponctuelle polychromatique

Lorsque la source est polychromatique, il y a perte de contraste si la condition suivante n'est pas respectée :

$$|\delta| \leq l_c$$

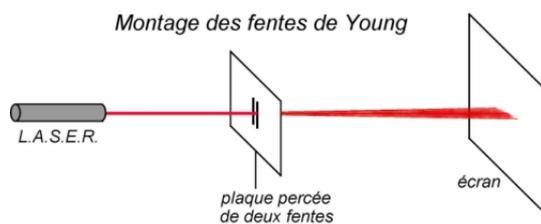
Avec $\delta = \frac{ax}{D}$ la différence de marche au point M , et l_c la **longueur de cohérence temporelle** de la source. On rappelle les ordres de grandeurs de l_c pour les sources que l'on utilisera dans ce TP :

- Laser : $l_c \approx 1$ m
- Lampe a sodium : $l_c \approx 1$ mm
- Lampe blanche : $l_c \approx 1 \mu\text{m}$

⚡ En supposant que $a \approx 0,5$ mm et que $D \approx 1$ m, et que la taille de la figure d'interférence sur l'écran est de l'ordre du centimètre, pour quel type de source ce critère est-il respecté ?

2 Fentes d'Young éclairées par une diode laser

2.1 Présentation du montage



Nous allons réaliser le montage ci-contre à l'aide du matériel suivant :

- Un banc optique.
- Un laser $\lambda = 650\text{nm}$ (et son support élévateur).
- Une diapositive montée sur un support, comportant 3 bifentes, c'est-à-dire trois ensembles de deux fentes chacun. L'espacement entre les fentes n'est pas le même pour chaque bifente.
- d'un écran (et son support pour banc d'optique).

2.2 Mesures

⚡ Rappeler l'expression de l'interfrange.

⚡ Mesurer, pour plusieurs configurations, les distances i et D et les incertitudes associées Δi et ΔD , puis en déduire une estimation de l'écartement a des fentes utilisées, assortie de son incertitude relative $\frac{\delta a}{a}$ (on supposera la longueur d'onde connue dans un premier temps).

⚡ Comparer avec la valeur indiquée sur les fentes (si elle est indiquée).

⚡ Quel est l'intérêt de mesurer plusieurs interfranges plutôt qu'une seule ? Quel est l'intérêt d'utiliser une distance D grande ?

2.3 Eclaircissement

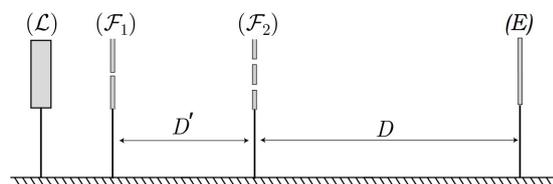
⚡ L'éclaircissement observé sur l'écran correspond-il parfaitement à la fonction sinusoïdale attendue ? Quel phénomène apparaît ?

⚡ Observer l'éclaircissement obtenu avec des trous d'Young. Pourquoi pouvons nous utiliser des fentes au lieu de trous ?

3 Fentes d'Young éclairées par une lampe à sodium

3.1 Présentation du montage

On réalise maintenant le montage ci-dessous :



Matériel :

- (\mathcal{L}) est une lampe à sodium
- (\mathcal{F}_1) est une fente de largeur réglable ;
- (\mathcal{F}_2) est la double fente centrale de la diapositive ;
- (E) est un écran ;

✎ **Réalisation du montage.** - Placer (\mathcal{L}) , puis placer (\mathcal{F}_1) le plus près possible de (\mathcal{L}) . Veillez à ce que (\mathcal{F}_1) soit bien verticale. - Placer (E) à environ 1 m de (\mathcal{L}) . Vérifier que le faisceau est bien centré sur l'écran. - Placer (\mathcal{F}_2) . La distance entre (\mathcal{F}_1) et (\mathcal{F}_2) doit être de l'ordre de 10 cm. Afin que seule la fente centrale soit éclairée, on pourra utiliser le carton découpé à cet effet.

On veillera à ce que tous les éléments du montage soient correctement alignés.

3.2 Effet d'une variation de la taille de la source

✎ **Manipulation :** Fermer complètement (\mathcal{F}_1) , puis l'ouvrir très progressivement. Observer l'apparition puis la disparition d'une figure d'interférence sur l'écran. Cette expérience est délicate, appeler le professeur si vous n'observez pas d'interférences. Noter la valeur de la largeur de la fente source pour laquelle la figure d'interférence disparaît.

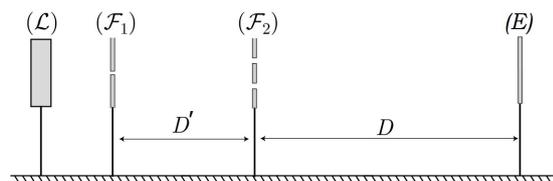
✎ Vérifier que la valeur mesurée est cohérente avec l'un des deux critères exposés dans la partie 1.

3.3 Mesure de la longueur d'onde

✎ A l'aide d'un protocole de votre choix, mesurer la longueur d'onde de la lampe à sodium. On calculera l'incertitude sur cette mesure.

4 Fentes d'Young éclairées par une lampe blanche

On garde le montage précédent, mais on remplace la lampe à sodium par une lampe blanche.



Matériel :

- (\mathcal{L}) est une lampe à LED produisant une lumière blanche ;
- (\mathcal{F}_1) est une fente de largeur réglable ;
- (\mathcal{F}_2) est la double fente centrale de la diapositive ;
- (E) est un écran ;

On veillera à ce que tous les éléments du montage soient correctement alignés.

✎ **Manipulation :** Ouvrir progressivement (\mathcal{F}_1) de manière à observer des interférences sur l'écran.

✎ Pourquoi observe-t-on moins de franges avec une lampe blanche qu'avec un laser ou une lampe à sodium ?

✎ Proposer alors une explication qualitative de la présence des irisations sur les franges. En particulier, pourquoi la frange centrale reste-t-elle blanche ? On pourra se demander : quel est la figure d'interférence associée à chaque longueur d'onde émise par la lampe ?