

TD III. Interférences des ondes lumineuses

Exercice III.1. Questions de compréhension ★

1. Deux ondes lumineuses de même éclairement \mathcal{E} interfèrent. **Déterminer** la valeur maximale de l'éclairement total.
2. Deux ondes lumineuses de même éclairement \mathcal{E} interfèrent. **Déterminer** la valeur du déphasage lorsque l'éclairement total est à \mathcal{E} . **En déduire** la différence de chemin optique.
3. **Déterminer** l'ordre des franges brillantes visibles sur la Figure 4.1.

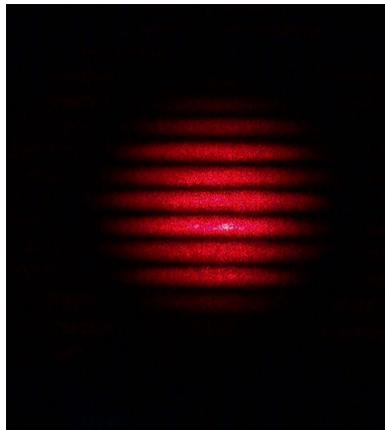


Figure 4.1 – Figure d'interférence produite par les trous d'Young².

4. Un dispositif de trous d'Young est installé de telle manière que la différence de marche entre les deux ondes lumineuses varie entre $-3 \mu\text{m}$ et $3 \mu\text{m}$ sur la zone éclairée de l'écran, zone qu'on appelle champ d'interférence. La longueur d'onde des deux ondes est $\lambda = 532 \text{ nm}$. **Déterminer** le nombre de franges brillantes et le nombre de franges sombres.
5. **Schématiser** une expérience de trous d'Young pour laquelle la distance entre les trous et un écran est égale à D et les trous sont orientés selon un axe (Ox') . **Retrouver** l'expression de la différence de chemin optique entre deux ondes $\delta = \frac{na x}{D}$.
6. À partir de l'expression de la différence de chemin optique précédente, **en déduire** l'expression de l'interfrange i .
7. On constate que les franges de la figure d'interférence obtenue dans une expérience de trous d'Young sont trop serrées. **Déterminer** comment déplacer l'écran pour y remédier.
8. La Figure 4.1 a été obtenue à l'aide d'un capteur CCD rectangulaire avec une longueur de $4,4 \text{ mm}$, une largeur de $4,0 \text{ mm}$ et comportant $9,0 \cdot 10^6$ pixels carrés. **Déterminer** la valeur du côté l d'un pixel. **En déduire** la valeur de l'interfrange i à partir de la Figure 4.1. **En déduire** la valeur de la distance D entre le capteur et les trous sachant que $\lambda = 633 \text{ nm}$ et $a = 1,5 \text{ mm}$.

2. Source : [site de François Legrand](#).

Exercice III.2. Fentes d'Young et diffraction ★ ★

Le dispositif comprend un écran opaque percé de deux fentes identiques de très petite largeur $\varepsilon = 0,070$ mm, parallèle entre elles et distantes de $a = 0,40$ mm. On envoie un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = 633$ nm sur les fentes et on place un écran d'observation à distance $D = 1,5$ m derrière le dispositif.

On observe, comme on peut le voir sur la Figure 4.2, une figure symétrique sur un écran autour d'un point O , la lumière se répartissant le long d'axe (Ox) perpendiculaire aux fentes. On observe une tache centrale très lumineuse de largeur 2,7 cm dont l'éclairement est modulé et des tâches latérales, deux fois plus étroites et beaucoup moins lumineuses présentant la même modulation de l'éclairement. On cherche à interpréter ces observations.

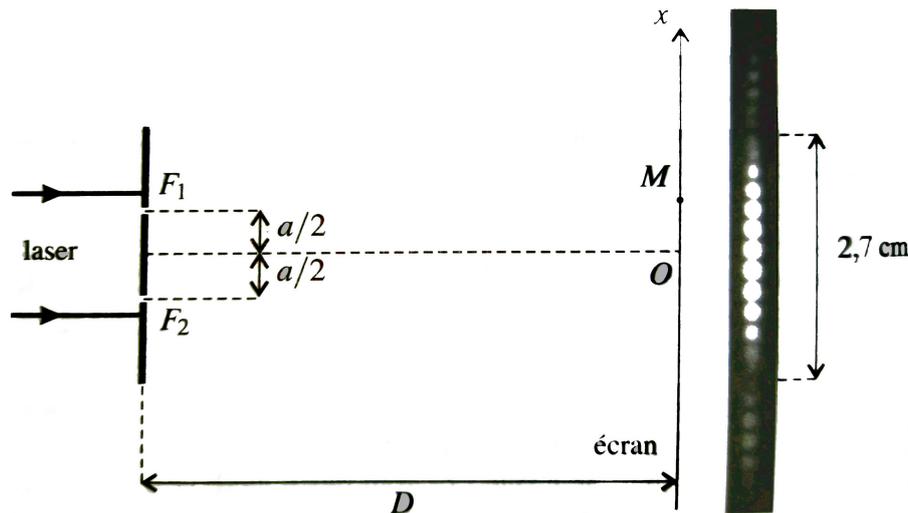


Figure 4.2 – Schéma de l'expérience.

1. **Exprimer** la tache L de la tache centrale de la figure de diffraction qu'on observerait sur l'écran s'il n'y avait qu'une seule fente de largeur ε . Montrer que les taches centrales de diffraction des deux fentes sont pratiquement confondues.
2. On appelle champ d'interférence l'intersection des taches centrales de diffraction. Il est centré en un point O situé à égale distance de fentes et peut être considéré d'après la question précédente comme le domaine $-\frac{1}{2}L \leq x \leq \frac{1}{2}L$ de l'axe (Ox) . **Montrer** que pour un point M du champ d'interférence et d'abscisse x on a : $MF_2 - MF_1 = \frac{ax}{D}$ au premier ordre en $\frac{x}{D}$.
3. **Exprimer** alors le déphasage entre les deux ondes arrivant en M en fonction de λ , a , D et x . Les deux ondes ont la même phase initiale à leur départ de F_1 et F_2 .
4. **Trouver** les coordonnées des points du champ d'interférence en lesquels il y a interférence constructive. **Déterminer** leur nombre et comparer avec la Figure 4.2.
5. **Trouver** les coordonnées des points en lesquels il y a interférence destructive. **Déterminer** la distance entre deux de ces points consécutifs. **Comparer** à la photographie de l'écran.

Exercice III.3. Système interférentiel type "miroirs de Fresnel" ★ ★ ★

On considère, dans l'air, deux miroirs plan M_1 et M_2 formant un dièdre d'arête A et d'angle voisin de $\pi/2$ tel que $\pi/2 - \alpha$ avec α petit. Une source lumineuse S , ponctuelle, monochromatique, de longueur d'onde dans le vide λ_0 , est placée dans le plan bissecteur du dièdre formé par les miroirs, à une distance R de l'arête. On étudie l'interférence entre les deux ondes suivantes : la première réfléchiée par M_1 puis M_2 , la seconde réfléchiée par M_2 puis M_1 . Le plan d'observation \mathcal{P} est un écran perpendiculaire au plan bissecteur du dièdre, parallèle à son arête et situé à la distance z de A ($z > R$).

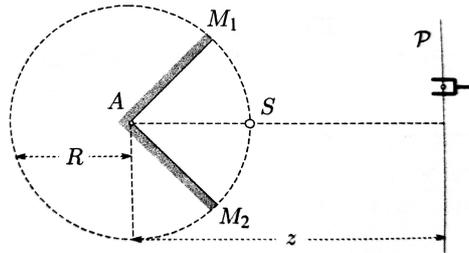


Figure 4.3 – Miroirs de Fresnel

1. **Déterminer** par une construction géométrique, la position de S'_1 , image de S_1 par M_2 , elle-même image de S par M_1 .
2. **Déterminer** par une construction géométrique, la position de S'_2 , image de S_2 par M_1 , elle-même image de S par M_2 .
3. **Déterminer** à l'aide d'une construction géométrique, la région dans laquelle les rayons issus des sources S'_1 et S'_2 se superposent.
4. **Montrer** que la distance entre les deux sources est $4\alpha R$.
5. En faisant l'analogie avec l'expériences des trous d'Young, **calculer** l'interfrange, le champ d'interférence ainsi que le nombre de franges brillantes sachant que $\lambda_0 = 0,6 \mu\text{m}$, $R = 10 \text{cm}$, $z = 70 \text{cm}$ et $\alpha = 2 \times 10^{-3} \text{rad}$.

Exercice III.4. Interféromètre de Rayleigh ★ ★

On observe les phénomènes d'interférence, produit dans un plan \mathcal{P} , par le dispositif des fentes d'Young. Les deux fentes sont éclairées par une source S , ponctuelle, monochromatique, située au foyer d'objet d'une lentille mince convergente L . Entre L et les fentes, on place deux tubes identiques, T_1 et T_2 , de longueur $l = 60 \text{cm}$, fermés par des lames de verre, à faces parallèles ; ces tubes contiennent un même fluide.

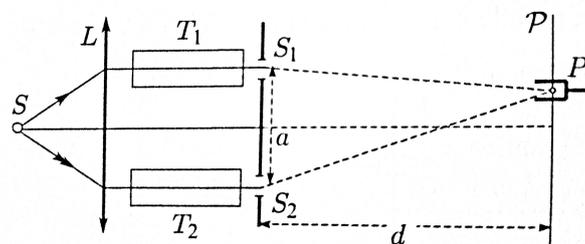


Figure 4.4 – Miroirs de Fresnel

1. **Déterminer** l'interfrange des franges observées, sachant que la distance entre les fentes vaut $a = 1 \text{cm}$ et que leur distance à \mathcal{P} est $d = .30 \text{cm}$; la longueur d'onde (dans le vide) de la lumière émise par S vaut $\lambda_0 = 632,8 \text{nm}$.

- Comme les franges sont trop fines pour être observées à l'oeil nu, on se sert d'une lentille mince comme loupe. À travers cette loupe, on voit les franges, sans accommoder, sous un angle α_i égal à $3'$. **Déterminer** la distance focale de la loupe.
- La température de T_1 augmente très légèrement de sorte que l'indice de réfraction n du fluide diminue de ε . Les franges se déplacent alors d'une distance égale à l'interfrange. **Calculer** ε .

Exercice III.5. Miroir de Lloyd ★ ★

Le dispositif interférentiel représenté ci-dessous est appelé miroir de H. Lloyd. La source ponctuelle S , située à une distance h d'un miroir plan, de côté $AB = l = 24\text{cm}$, émet dans toutes les directions une onde lumineuse, de longueur d'onde $\lambda = 0,6\mu\text{m}$. La distance $b = HA$ vaut 1cm et $h \ll b$.

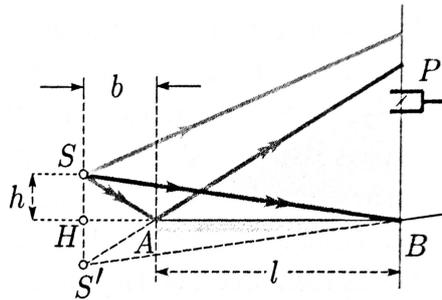


Figure 4.5 – Miroirs de Lloyd

- Déterminer** par une construction géométrique, la position de S' , image de S par M .
- Déterminer** à l'aide d'une construction géométrique, la région dans laquelle les rayons issus des sources S et S' se superposent.
- En faisant l'analogie avec l'expériences des trous d'Young, **calculer** l'interfrange, le champ d'interférence ainsi que le nombre de franges brillantes. Attention, la réflexion sur le miroir implique un déphasage supplémentaire de π sur le rayon réfléchi.