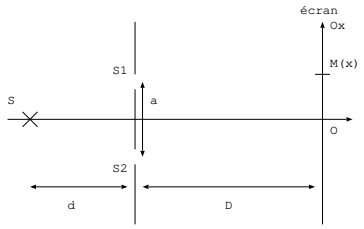
TD interférences à 2 ondes cohérentes

I. **Dispositif d'Young**

Soit deux fentes d'Young distantes de $a = 160\ \mu m$. On observe les interférences sur un écran distant de $D = 80\ cm$ des fentes. Donnée: $\lambda = 542\ nm$.



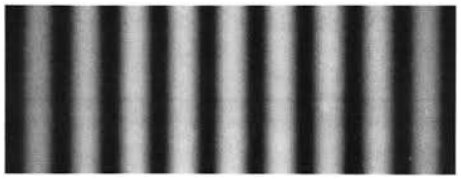
1. Donner l'expression de la différence de marche et montrer sur le schéma à quelle distance elle correspond.

2. Donner la position de la 3ième frange brillante au dessus de O.

3. On place un capteur CCD entre $x = -2\ mm$ et $x = +17\ mm$. En utilisant la notion d'ordre d'interférences, calculer le nombre de franges brillantes visibles sur le capteur.

4. L'onde passant par S_1 a pour intensité I_1 et celle passant par S_2 a pour intensité $I_2 = 0,4I_1$. Définir et calculer le contraste des franges et conclure.

5. On donne la photo de l'écran.

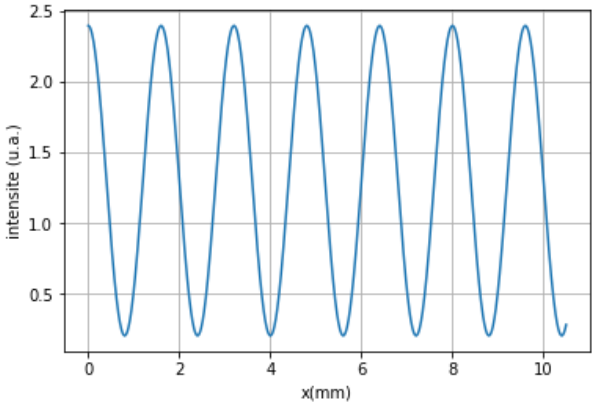


La frange brillante la plus à gauche a pour ordre d'interférences $p = -2$. Indiquer sur la photo la position des franges d'ordre 0, $+4$ et $+1,5$. Mesurer l'interfrange et donner la direction S_1S_2 des sources.

Réponses: 2- $x = 8,1\ mm$ 3- 7 franges brillantes 4- $C = 0,9$

II. **Courbe intensité de deux ondes cohérentes**

Soit un dispositif d'Young éclairé par une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 632\ nm$. Les fentes sont distantes de a et la distance écran-fentes est $D = 0,8\ m$. On donne la courbe intensité en fonction de la position x de M sur l'écran.

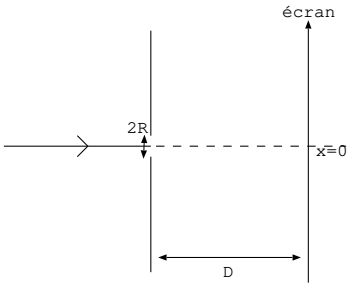


La frange centrale se trouve en $x = 0$. Donner la position des franges d'ordre d'interférences $p = 4$ et $p = 2,5$.

Déduire de la courbe les valeurs numériques du contraste et de l'interfrange. En déduire la valeur numérique de a.

Réponses: $C = 0,85$ et $a = 320\ \mu m$.

III. **Les trous d'Young**



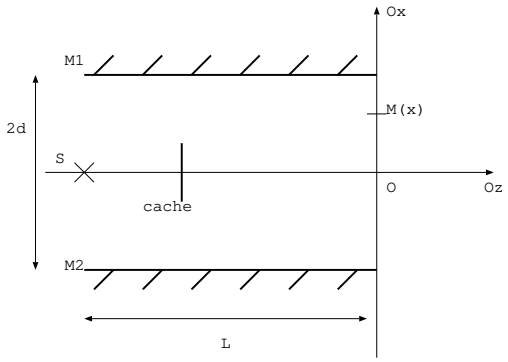
1. Soit un diaphragme circulaire de rayon R éclairé par une lumière de longueur d'onde λ. La demi-largeur angulaire de la tache centrale de diffraction est donnée par $\theta_{1/2} = \dfrac{1,22\lambda}{2R}$. Déterminer l'expression de la largeur de la tache centrale de diffraction sur l'écran à une distance D du trou. Faire l'application numérique pour $\lambda = 540\ nm$, $R = 25\ \mu m$ et $D = 1,5\ m$.

2. On place maintenant deux trous identiques de rayon R distants de a. Justifier le fait que les taches centrales de diffraction des trous sont superposées sur l'écran. On observe donc des franges d'interférences. Calculer le nombre de franges brillantes visibles dans la tache centrale de diffraction pour $a = 90\ \mu m$.

Réponses: 1- $\Delta x = 3,9\ cm$ 2- 5 franges brillantes

IV. **Deux miroirs parallèles**

Une source S monochromatique de longueur d'onde λ éclaire deux miroirs plans parallèles entre eux et distants de $2d$. La source est sur l'axe de symétrie des miroirs. Un cache est placé entre la source et l'écran afin d'empêcher la source d'éclairer directement l'écran placé perpendiculairement aux miroirs à la distance L de la source. Données : $\lambda = 700\ nm$, $d = 0,8\ mm$, $L = 1\ m$.



1. Construire les deux rayons qui interfèrent en M et montrer que ce dispositif se ramène un dispositif type trous d'Young : identifier les sources secondaires S_1 et S_2, préciser la forme des franges, calculer l'interfrange et le nombre de franges brillantes visibles sur l'écran.

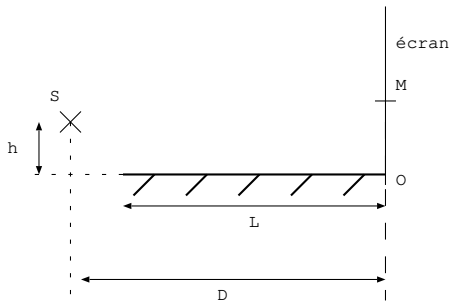
2. On note I_0 l'intensité émise par la source. On suppose ici que la réflexion sur le miroir M_1 ne s'accompagne d'aucune perte d'énergie alors que le miroir M_2 ne réfléchit que 60 % de l'énergie incidente. Ecrire la relation de Fresnel en fonction de I_0 et p l'ordre d'interférences. Exprimer les intensités des franges brillante et sombre en fonction de I_0. En déduire le contraste. Commenter.

3. Les deux miroirs ont un coefficient de réflexion en énergie de 1. En S se trouvent deux sources de longeurs d'onde différentes λ et $\lambda' = 640\ nm$. Calculer l'intensité en $M(x = d/2)$ en fonction de I_0 pour λ et l'intensité en $M(x = d/2)$ en fonction de I_0 pour λ'. En déduire l'intensité totale en $M(x = d/2)$ en fonction de I_0.

Réponses : 1- 7 franges brillantes et $i = 0,22\ mm$ 2- contraste $C = 0,97$ 3- $I = 7I_0$

V. **Miroir de Lloyd**

On dispose d'une source S monochromatique de longueur d'onde λ, d'un miroir plan de longueur L et d'un écran d'observation. La source est à une distance h du plan du miroir et l'écran est à une distance D de la source. On suppose que le coefficient de réflexion en énergie du miroir est égale à 1. Données: $\lambda = 630\ nm$, $h = 1\ mm$, $D = 40\ cm$ et $L = 30\ cm$.



1. Construire les rayons qui interfèrent en M et montrer que ce dispositif se ramène un dispositif type trous d'Young : construire les sources secondaires et le champ d'interférences. Exprimer $a = S_1S_2$ et Δx: la hauteur du champ d'interférences sur l'écran.

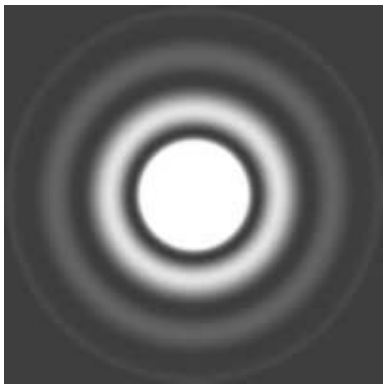
2. Déduire de l'analogie avec les trous d'Young, l'expression de la différence de marche géométrique en M. **La réflexion sur un miroir entraîne un déphasage de π de l'onde qui a subi cette réflexion. La différence de marche en M est donc égale à la différence de marche géométrique ajoutée de $\lambda/2$.** Calculer le nombre de franges brillantes visibles dans le champ d'interférences.

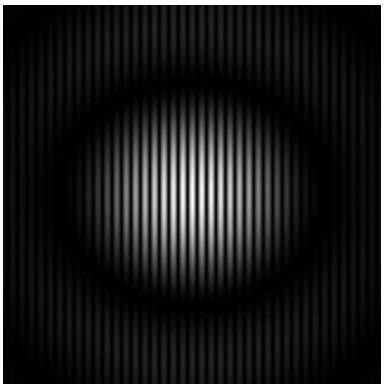
3. On suppose ici que le coefficient de réflexion en intensité du miroir est de 30 %. Les rayons qui interfèrent n'ont donc pas la même intensité. Calculer le contraste des franges.

Réponses: 1- $a = 2$ mm, $\Delta x = 3$ mm 2- 24 franges brillantes 3- $c = 0,84$

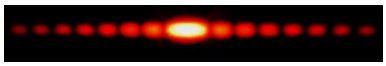
VI. **Photos de figures de diffraction ou d'interférences**

1. On donne la photo (à gauche) de la figure de diffraction à travers un trou circulaire. Mesurer sur la photo la largeur de la tache centrale de diffraction. On donne la photo (à droite) de la figure d'interférences obtenue pour deux trous d'Young identiques, mesurer la largeur de la tache centrale de diffraction et mesurer l'interfrange i.



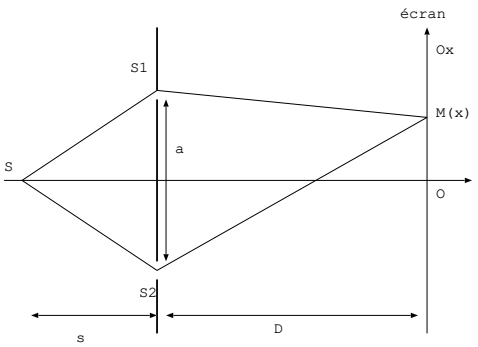


2. On donne la photo (à gauche) de la figure de diffraction à travers une fente fine. Mesurer sur la photo la largeur de la tache centrale de diffraction. On donne la photo (à droite) de la figure d'interférences obtenue pour deux fentes fines d'Young identiques, mesurer la largeur de la tache centrale de diffraction et mesurer l'interfrange i.



VII. **Déplacement des franges**

Dans les trois questions, le dispositif étudié est le dispositif d'Young avec les notations données sur le schéma.



1. On introduit une lame d'épaisseur e et d'indice n derrière une des fentes d'Young. On observe les franges défiler vers le bas, au point O ont défilé 43 franges et O se trouve sur une frange sombre. En déduire la fente derrière laquelle on a mis la lame. Calculer l'épaisseur e de la lame. Données: $\lambda = 540$ nm, $n = 1,6$.

2. On place une lame d'épaisseur e et d'indice n derrière S_1. On observe défiler en O, 22 franges brillantes et O se trouve sur une frange sombre. Préciser le sens de déplacement des franges et calculer n. Données: $e = 20$ μm et $\lambda = 632$ nm.

2. Dans le dispositif des fentes d'Young, la source principale S est translaté d'une distance h vers le haut. Calculer la position de la nouvelle frange centrale et le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point O. Données: $\lambda = 540$ nm, $D = 1,0$ m, $d = 20$ cm, $a = 170$ μm et $h = 1,1$ cm.

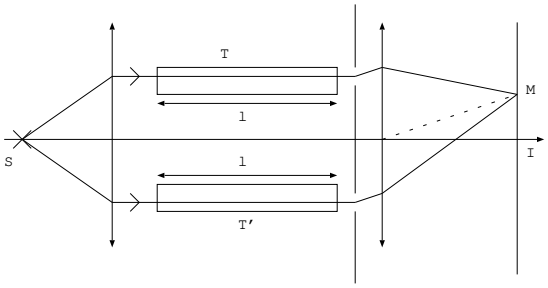
Réponses: 1- $e = 39$ μm 2- $n = 1,72$ 3- $x = -5,5$ cm et 17 franges brillantes

VIII. **Interféromètre de Rayleigh**

L'interféromètre de Rayleigh est un dérivé du dispositif d'Young. Lorsque les tubes T et T' sont remplis d'air dans les conditions normales, le montage est symétrique et l'on observe une frange brillante au centre I de l'écran.

La source S émet la radiation $\lambda = 577\ nm$, la longueur commune des tubes est $l = 0,2\ m$.

T' étant toujours rempli d'air, on fait progressivement le vide dans T.



1. Dans quel sens défilent les franges en I ?

2. Pendant le pompage, 101 franges brillantes défilent en I et, lorsque la pression dans T est quasi- nulle, on observe en I une frange sombre. En déduire l'indice de l'air dans les conditions normales.

Réponse: $n - 1 = \dfrac{101,5.\lambda}{l}$

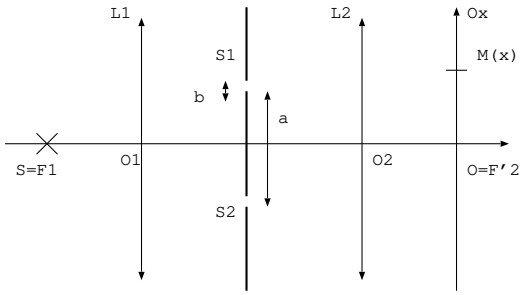
IX. **Une ou deux fentes**

On considère le dispositif interférentiel suivant où S_1 et S_2 sont les centres de deux fentes fines de largeur b avec $S_1S_2 = a$. Données: $f'_2 = 80\ cm$, $\lambda = 650\ nm$, $a = 230\ \mu m$, et $b = 40\ \mu m$.

1. On bouche la fente centrée en S_2. Tracer les rayons qui délimitent la tache centrale de diffraction observée sur l'écran et calculer sa largeur. Donnée: la demi largeur angulaire de la tache centrale de diffraction s'écrit $\theta_{1/2} = \dfrac{\lambda}{b}$.

2. On bouche la fente centrée en S_1. Tracer les rayons qui délimitent la tache centrale de diffraction observée sur l'écran et calculer sa largeur.

3. Déduire des questions précédentes la largeur du champ d'interférences lorsque les deux fentes sont présentes.



4. Exprimer la différence de marche et l'ordre d'interférences en M d'abscisse x sur l'écran. Calculer le nombres de franges brillantes visibles dans le champ d'interférences.

Réponses: 1- $\Delta x = 2,6\ cm$ *3- on voit 11 franges brillantes*

X. **Dispositif de Fraunhofer**

On considère le dispositif de Fraunhofer comprenant une source ponctuelle S de longueur d'onde $\lambda = 700\ nm$ placée au foyer objet d'une lentille convergente L_1 de focale $f'_1 = 30\ cm$ et une lentille convergente L_2 de focale $f'_2 = 50\ cm$. L'écran d'observation est dans le plan focal image de L_2. On observe les interférences à travers deux trous distants de $a = 0,8\ mm$. On place derrière l'un des trous une lame d'indice $n = 1,6$ et d'épaisseur $e = 30\ \mu m$. On observe les franges défiler vers le bas.

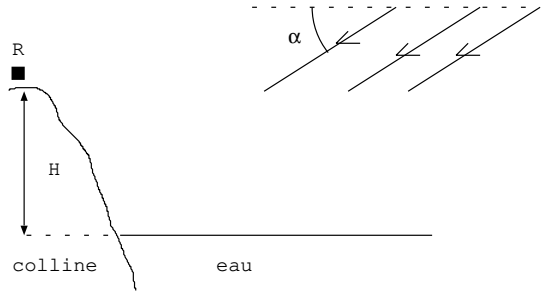
1. Préciser en justifiant votre réponse, le trou derrière lequel on a disposé la lame. Représenter les rayons qui interfèrent en O et exprimer la différence de marche puis l'ordre d'interférence en O. En déduire le nombre de franges brillantes qui ont défilé au centre de l'écran.

2. Représenter les rayons qui interfèrent en un point M avec $x > 0$. Exprimer la différence de marche $\delta_{S_2/S_1}(M)$ en présence de la lame et en déduire la position x_0 à l'écran de la frange centrale.

Réponses: 1- 25 *franges brillantes ont défilé en O 2-* $x_0 = -1,1\ cm$

XI. **Réception radar ***

Un radar reçoit une onde plane de fréquence f provenant d'une source ponctuelle à l'infini avec une orientation α par rapport à l'horizontale. Le radar est situé sur une colline à une hauteur H du niveau de la mer.



1. Représenter les deux ondes issues de la source interférant en R et montrer que la différence de marche géométrique entre ces deux ondes est $\delta = 2H \sin\alpha$. En déduire la différence de marche ondulatoire sachant que la réflexion sur la surface de l'eau crée un déphasage de π.

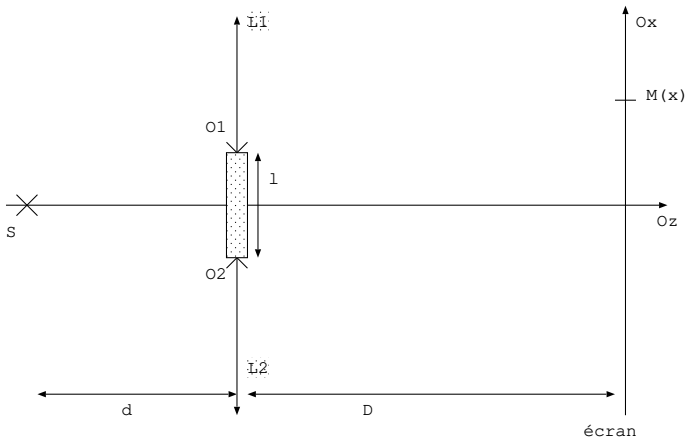
2. Déterminer les valeurs de α pour lesquelles il y a des interférences destructives au niveau du radar. Données: $\lambda = 400\ m$ et $H = 500\ m$.

3. Au niveau du radar, on détecte des puissances variant entre 2 mW (sur une frange sombre) et 15 mW (sur une frange brillante) selon les valeurs de alpha. Calculer le contraste des franges d'interférences.

Réponses : 2- $\alpha = 23,6^0$ *et* $\alpha = 53,1^0$ *3-* $C = 0,76$

XII. **Bilentilles à obturation ***

Une lentille mince convergente de distance focale $f' = 25\ cm$ a été sciée en deux demi-lentilles L_1 et L_2. Ces deux demi-lentilles sont écartées symétriquement par rapport à l'axe optique d'une distance $O_1O_2 = l = 1,2\ mm$ et donnent respectivement de images réelles d'une source S située à la distance $d = 50\ cm$ des deux demi-lentilles. L'intervalle ainsi créé entre les demi-lentilles est obturé par un cache opaque. La source est monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 550\ nm$. On observe sur un écran placé à une distance $D = 1,5\ m$ des lentilles.



1. Ajouter sur le schéma les axes optiques des deux demi-lentilles L_1 et L_2 et placer leurs foyers objet et image: F_1, F_2, F_1' et F_2'. Construire les images S_1 et S_2 de S par les demi-lentilles L_1 et L_2. Vérifier sur le schéma que la distance S_1S_2 est égale à $2l$.

Compléter les phrases: Tout rayon issu de S passe par le point ..... après avoir traversé L_1. Tout rayon issu de S passe par le point ..... après avoir traversé L_2.

2. On observe dans le plan situé à $D = 1,5\ m$ des lentilles.

2.a. Construire les rayons issus de S et allant jusqu'à M après avoir traversé L_1 et L_2. Montrer que ce système est équivalent à un dispositif de type Young. Exprimer sans calcul, la différence de marche en $M(x)$, l'ordre d'interférence et l'interfrange.

2.b. Construire sur le schéma, la zone d'interférences. Vérifier que le champ d'interférences a pour hauteur $4l$. Calculer le nombre de franges brillantes visibles dans le champ d'interférences.

Réponses: 2a- $\delta = \dfrac{4l^2}{(D-d)}$ *2b-* 21 *franges brillantes*