

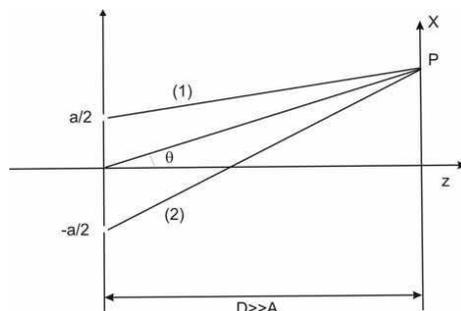
Optique physique

T.D N° 1

Interférences entre deux ondes totalement cohérents

★ Exercice 1 :les trous d'Young

On considère une onde plane monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 656,3nm$, se propageant le long de l'axe Oz. On intercale sur le trajet de cette onde un écran percé de deux trous de dimension négligeables, écartés d'une distance a , comme représenté sur la figure ci-contre. Chaque trou peut être considéré comme une source ponctuelle émettant un champ électrique d'amplitude E_0 . On place un écran à une distance D . On observe la figure d'interférence au point P situé sur l'écran, à la côte x . La distance D est beaucoup plus grande que l'écart a et que la côte x .



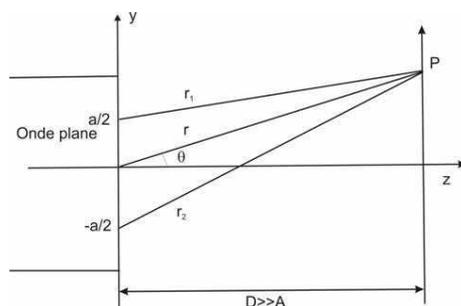
1. Ecrire l'expression de la différence de marche, ainsi que la différence de phase du trajet (2) par rapport au trajet (1) en fonction de D , a , x , λ .

- (a) la source S est sur la médiatrice de S_1S_2
- (b) la source S est déplacée dans un plan parallèle à OXY d'une quantité x_s , parallèlement à OX.
- (c) la source S est déplacée dans un plan parallèle à OXY d'une quantité y_s , parallèlement à OY.

- 2. Calculer l'interfrange.
- 3. Faire les applications numériques pour $D=2m$, $a=2mm$ et $x=10cm$.

★ Exercice 2 :Interférences à 3 ondes

On considère une onde monochromatique plane de longueur d'onde $\lambda = 656,3nm$ se propageant le long de l'axe Oz avec une polarisation rectiligne. On place un écran percé de trois trous de dimensions négligeables disposés symétriquement, comme montré sur la figure ci-contre. Chaque trou peut être considéré comme une source ponctuelle d'amplitude E_0 du champ électrique. On place un écran à la distance D , que l'on prendra beaucoup plus grande que l'écartement a des trous. $D= 2m$ et $a= 1mm$.

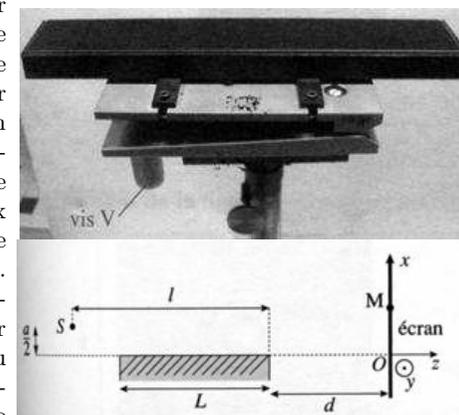


- 1. Ecrire l'expression de la différence de marche entre le rayon passant par le trou en $+a/2$ et le rayon passant par le trou en $-a/2$ et le rayon passant par le centre. De même, calculer la différence de marche entre le rayon passant par le trou en $-a/2$ et le rayon passant par le centre. En déduire les différences de phase des trajets (1) et (2) par rapport à celui issu du trou central O.

- 2. Calculer l'expression du champ électrique E observé au point P.
- 3. Déduire l'expression de l'éclairement lumineux E au point P. Tracer l'éclairement E en fonction de la position Y.
- 4. Décrire la figure d'interférences obtenue. Définir l'interfrange i et donner son expression pour le cas étudié ici. Valeur numérique de i .

★ Exercice 3 :Miroir de Lloyd

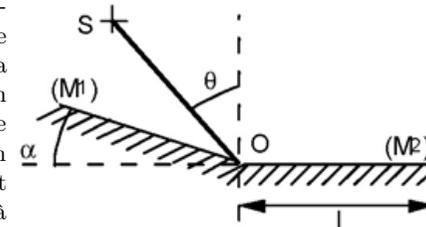
Le miroir de Lloyd est constitué d'une lame de verre plane opaque utilisée comme un miroir plan. La surface de ce miroir est un rectangle de côtés 15 cm et 5 cm environ ; la planéité de ce miroir est parfaite. Ce miroir épais (pour éviter les déformations), donc lourd, est placé sur un support rigide, installé sur un banc optique indéformable. Il est possible à l'aide de la vis V de régler l'inclinaison de ce miroir par rapport aux rayons incidents. La source S ponctuelle éclaire sous incidence rasante un miroir de Lloyd AB. Cette source est placée à distance $a/2$ du miroir et la distance source-bord droit du miroir est noté l . L'écran est placé à une distance d au bout du miroir, et permet d'observer les interférences entre le faisceau d'éclairage direct et le faisceau réfléchi par le miroir.



- 1. Est-ce un dispositif à division du front d'onde ou à division d'amplitude ?
- 2. Quelles sont les sources secondaires S_1 et S_2 associées à ce dispositif ? Représenter le champ d'interférences.
- 3. Déterminer la différence de marche géométrique et la différence de phase. Les sources secondaires sont-elles cohérentes ? synchrones ? en phase ?
- 4. En déduire l'expression de l'éclairement sur l'écran. Quelle est la forme des franges obtenues ? Peut-on remplacer la source ponctuelle par une fente fine ?
- 5. On élargit maintenant la fente source. Sa largeur est b répartie également de part et d'autre de la position $a/2$. En prenant un modèle de fente source qui émet uniformément, exprimer le nouvel éclairement.

★ Exercice 4 :Miroirs de Fresnel

Une source lumineuse ponctuelle S, monochromatique de longueur d'onde λ_0 éclaire deux miroirs plans (M_1) et (M_2) faisant un petit angle α . Le rayon incident SO fait l'angle θ avec la normale au miroir (M_2). On pose $SO = L$ et on appelle l la largeur de chaque miroir (on suppose $l \ll L$). On observe les interférences sur un écran normal à la médiatrice de S_1S_2 (ou S_1 et S_2 sont les images de S par les deux miroirs) et situé à la distance $D \gg S_1S_2$ du point O.



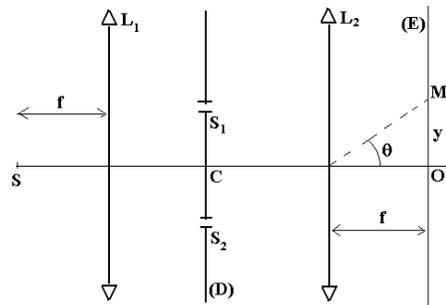
1. Construire les faisceaux réfléchis. Justifier qualitativement quand positionnant correctement l'écran d'observation on observe un phénomène d'interférence dont la largeur est proportionnelle à D.
2. Calculer l'interfrange i_0 pour la radiation λ_0 .

AN : $\alpha = 12,5 \text{ mrad}$; $D = 2,5 \text{ m}$; $L = 0,5 \text{ m}$; $\lambda_0 = 0,5 \mu\text{m}$.

*** Exercice 5 : Fentes d'Young, source étendue et source polychromatique**

On considère le montage de la figure, où $S_1 S_2 = 2a = 1 \text{ mm}$ et $f = 50 \text{ cm}$. On appellera I_0 l'intensité des vibrations lumineuses issues de S_1 et S_2 .

1. Dessiner les deux rayons R_1 et R_2 qui interfèrent au point M de l'écran E (avec $OM = y$) après être passés par les deux fentes S_1 et S_2 du diaphragme D. La source S est idéale, donc ponctuelle et monochromatique, de longueur d'onde $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$.
2. Calculer la différence de marche δ au point M de l'écran. En déduire l'interfrange i . AN. Conclusion ?
3. Calculer l'intensité lumineuse $I(y)$. Allure de la courbe ?
4. Calculer le contraste des franges. Le résultat était-il prévisible ?



*** source étendue**

La source reste monochromatique, mais n'est plus ponctuelle : elle a une largeur s , S étant au centre de s . Calculer les nouvelles valeurs de la différence de marche, de l'intensité, du contraste Γ des franges. Donner l'allure des courbes $\Gamma(s)$ et $I(y)$. Calculer la première valeur s_1 de s qui annule le contraste des franges. Quelle valeur maximale peut-on donc accepter pour s ? AN. Quelle est alors la variation de la ddm δ quand on parcourt la source ?

**** source polychromatique**

La source reste ponctuelle, mais n'est plus monochromatique. Elle émet des radiations de nombre d'onde vérifiant :

$$\sigma_0 - \frac{\Delta\sigma}{2} \leq \sigma \leq \sigma_0 + \frac{\Delta\sigma}{2}$$

, avec les valeurs numériques : $\sigma_0 = \frac{1}{\lambda_0} \lambda_0 = 600 \text{ nm}$ et $\Delta\lambda = 6 \text{ nm}$. Calculer les nouvelles valeurs de la différence de marche, de l'intensité, du contraste Γ des franges. Donner l'allure des courbes $\Gamma(y)$, $I_{\text{max}}(y)$, $I_{\text{min}}(y)$ et $I(y)$. Calculer numériquement, puis la première valeur y_1 de y qui annule le contraste des franges. En déduire la largeur du champ d'interférences.

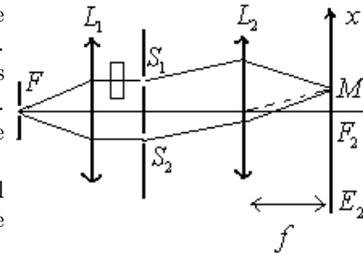
*** Exercice 6 : introduction d'une lame d'indice n**

On considère le dispositif interférentiel des fentes d'Young ci-contre où L_1 et L_2 sont deux lentilles minces, convergentes, de même axe optique.

On désigne par $f' = 50 \text{ cm}$ la distance focale de la lentille L_2 .

Au foyer objet de la lentille, on place un écran percé d'une fente très fine, éclairée par une lampe située en amont (fente source F). L'écran situé entre les lentilles L_1 et L_2 est muni de deux ouvertures rectangulaires S_1 et S_2 identiques très fines, distantes de $e = 1 \text{ mm}$. Les grands cotés de ces rectangles sont parallèles à la fente source F. Le dispositif est dans l'air d'indice $n = 1$.

On examine les phénomènes qui se produisent dans le plan focal image E_2 de la lentille. On appelle x l'abscisse d'un point M de ce plan par rapport au foyer image F_2 .



1. La source émet une radiation de longueur d'onde $\lambda_0 = 0,6 \mu\text{m}$. Qu'observe t'on dans le plan E_2 ?
2. On intercale, sur le trajet de l'un des faisceaux, une lame à faces parallèles (épaisseur $e = 0,5 \text{ mm}$; $n = 1,5$). Déterminer le nombre N de franges qui ont défilé en F_2 .
3. A partir de cette position on tourne la lame d'un angle θ . Sachant que l'on peut apprécier au mieux le déplacement de 0,1 frange, avec quelle précision peut-on régler la position de la lame ?