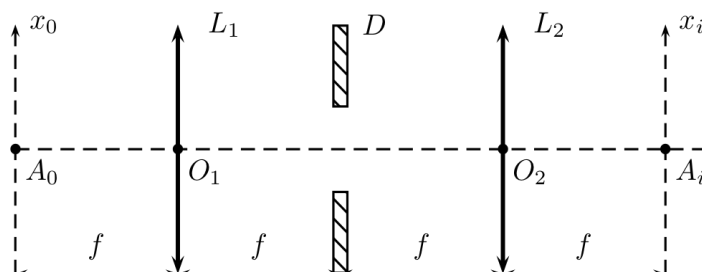


Exercice 1 : Evolutions de la fente qui diffracte

Un système optique, composé de deux lentilles minces convergentes identiques, est éclairé par un faisceau de lumière monochromatique provenant d'un point source A_0 placé au foyer objet de la 1^{ère} lentille. On place, entre les deux lentilles et à mi-distance, un écran opaque D percé d'une fente rectangulaire de largeur a (selon un axe parallèle à (A_0x_0)) et de longueur $b \gg a$.



1. Calculer l'éclairement diffracté et décrire la taille de la tache centrale du phénomène observé sur l'écran situé dans le plan focal image de la 2^{ème} lentille.

On donne $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$, $a = 50 \mu\text{m}$ et $f' = 1,0 \text{ m}$.

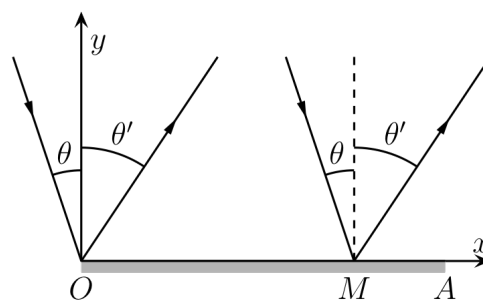
2. Que se passe-t-il si on fait subir à la fente diffractante :

- une translation suivant la direction x ?
- une rotation dans son propre plan ?
- une dilatation ?

3. La fente étant placée comme l'indique la figure, que se passe-t-il si on fait subir à la source A_0 un petit déplacement selon l'axe des x_0 ?

Exercice 2 : Diffraction de Fraunhofer par un miroir

Un miroir métallique de largeur $OA = a$ et de longueur selon (Oz) $b \gg a$ est éclairé par une onde plane monochromatique de longueur d'onde λ sous l'angle d'incidence θ .



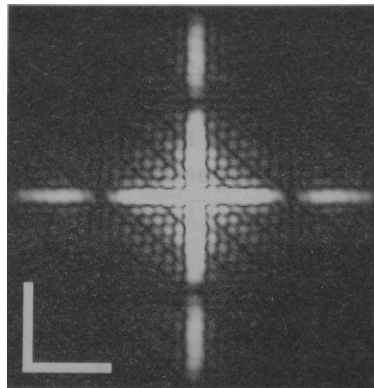
1. Justifier le fait qu'on restreigne l'étude du phénomène de diffraction au plan xOy

2. Etablir l'expression de la différence de marche optique entre les deux ondes qui interfèrent à l'infini dans une direction quelconque θ' , l'une étant diffractée au point O et servant de référence, l'autre étant diffractée au point M de coordonnée x .

3. En déduire l'éclairement de la lumière diffractée par le miroir à l'infini dans la direction θ' en notant I_{max} sa valeur maximale.

Dans quelle direction l'éclairement est-il maximal ? Commenter ce résultat.

Exercice 3 : Figures de diffraction d'un « L » et d'un « Z »



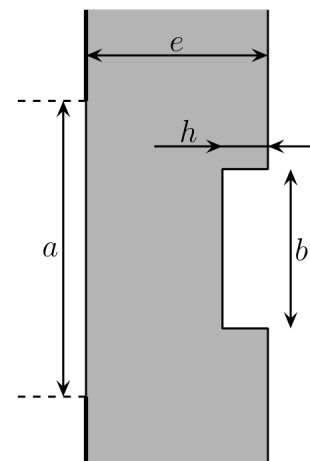
1. La photo ci-dessus, obtenue par simulation numérique, représente la figure de diffraction à l'infini de l'ouverture en forme de « L » représentée dans le coin inférieur gauche.

Décrire et interpréter cette figure.

2. Quelle serait l'allure de la figure de diffraction d'une ouverture analogue en forme de « Z » ?

Exercice 4 : Diffraction par une lame présentant un défaut

Une source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde λ est placée au foyer objet d'une lentille convergente. On observe la figure de diffraction dans les conditions de Fraunhofer donnée par une fente de largeur a obstruée par une lame de verre d'indice n , d'épaisseur e et présentant un défaut : un creux de largeur b et d'épaisseur h avec $b \gg h$.



1. Justifier que cela revient à considérer que la face « de sortie » possède une

$$\text{transparence } \underline{t} = \begin{cases} 1 & \text{sur } \left[-\frac{a}{2}; -\frac{b}{2}\right] \text{ et } \left[\frac{b}{2}; \frac{a}{2}\right] \\ e^{i\varphi} & \text{sur } \left[-\frac{b}{2}; \frac{b}{2}\right] \end{cases}.$$

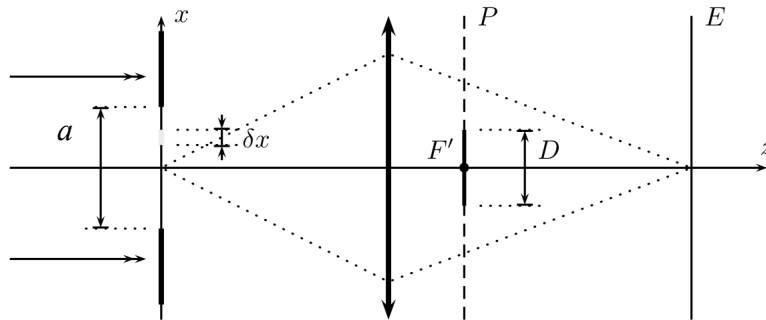
Déterminer l'expression du déphasage φ .

2. Déterminer l'amplitude diffractée dans le plan d'observation (situé dans le plan focal image d'une lentille convergente de focale f).

3. Linéariser cette expression lorsque h est suffisamment petit devant la longueur d'onde ?

Que vaut alors l'éclairement diffracté ?

4. On place dans le plan focal image de la lentille un rectangle opaque de grandes dimensions selon Oy et de largeur $D = \frac{2\lambda f'}{a}$.



Décrire ce qu'on observe alors sur un écran E disposé dans le plan conjugué à celui de la lame par rapport à la lentille.

Exercice 5 : Apodisation

Une fente de centre O, de largeur a suivant Ox et de longueur $b \gg a$ suivant l'axe Oy, porte une diapositive de fonction de transparence réelle $t(x) = 1 - \frac{2|x|}{a}$. Elle est éclairée sous incidence normale par une onde plane monochromatique de longueur d'onde λ .

1. Etablir l'expression de l'éclairement $I(\theta)$ diffracté dans une direction θ par rapport à la normale.

On donne :
$$\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} t(x) e^{2i\beta x} dx = 2a \sin^2(\beta a)$$

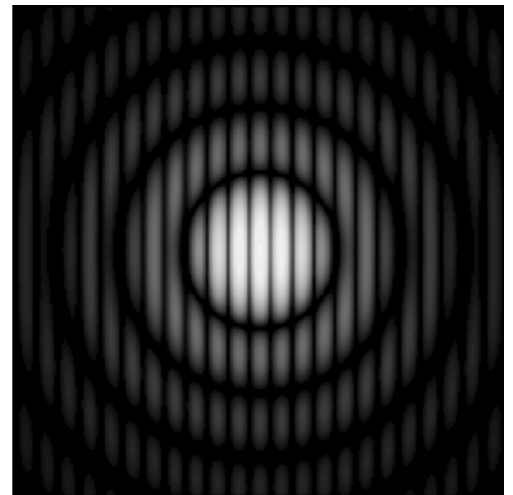
2. Tracer la courbe $I(\theta)$.

3. Comparer avec l'éclairement sans diapositive et commenter.

Exercice 6 : Diffraction par deux trous

La figure ci-contre représente l'intensité diffractée dans le plan focal image d'une lentille de focale $f' = 50$ cm par une pupille constituée de deux ouvertures identiques éclairées par une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 633$ nm.

Interpréter cette figure. Déterminer en particulier la forme des ouvertures, leur dimension et la distance les séparant.

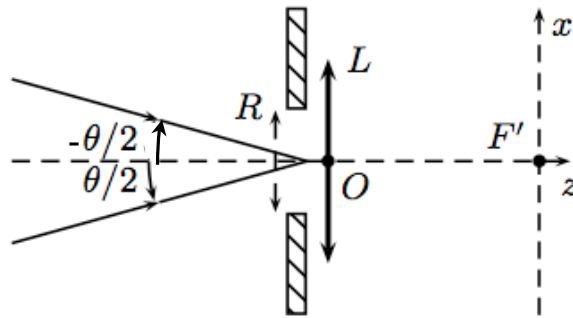


5 mm

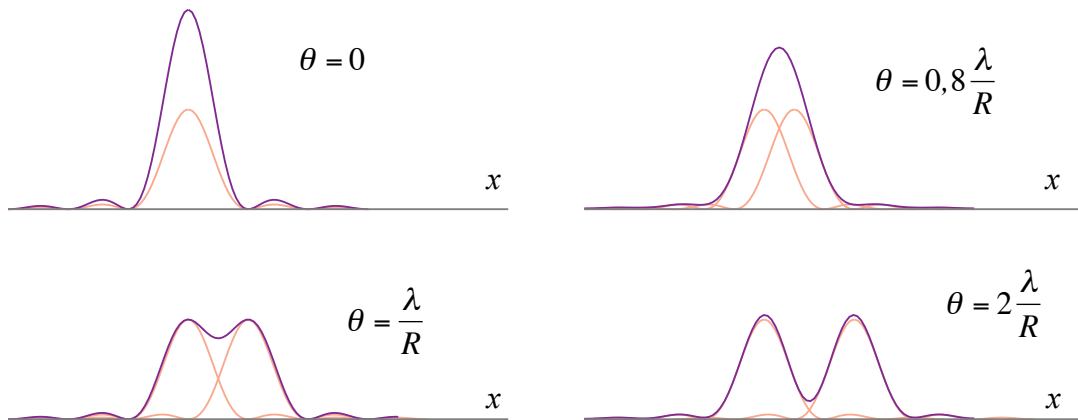
Exercice 7 : Pouvoir séparateur d'un télescope

On modélise un télescope pointé sur deux étoiles proches par un diaphragme (F) suivi d'une lentille mince convergente (L) de focale f . Les étoiles sont assimilées à deux sources ponctuelles S_1 et S_2 , monochromatiques de même longueur d'onde λ , situées à l'infini dans le plan de la figure dans les directions faisant avec l'axe (Oz) les petits angles $\theta/2$ et $-\theta/2$. Le diaphragme est une fente de grande longueur selon $\vec{e}_y$ et de largeur R selon $\vec{e}_x$ qui rend compte de manière simplifiée de la diffraction par les bords du télescope.

On observe l'éclairement en un point M de l'axe $F'z$ du plan focal image de la lentille.



1. Etablir l'expression de l'éclairement $E(M)$ en fonction de θ , R , λ , f , x et des valeurs maximales E_{01} et E_{02} des éclairements sur l'écran en présence d'une seule des deux étoiles.
2. La figure ci-dessous donne l'allure du graphe $E(x)$ pour différentes valeurs de θ lorsque les deux étoiles ont même luminosité.



Evaluer grâce au calcul et aux courbes un ordre de grandeur du pouvoir séparateur du télescope, défini comme la plus petite valeur de θ permettant au détecteur de distinguer les deux étoiles. Comment faut-il choisir R ?

En réalité, le pouvoir séparateur est aussi limité par la turbulence atmosphérique, équivalente à la diffraction sur un diaphragme de largeur environ égale à 50 cm. Comment expliquer qu'on utilise malgré tout des télescopes de rayons de 10 m ?

Exercice 8 : Poudre de Lycopode

Un faisceau laser élargi de longueur d'onde $0,65 \mu\text{m}$ arrive sous incidence normale sur une plaque de verre sur laquelle on a déposé aléatoirement des grains de dimension a obtenus en broyant un champignon séché, le lycopode. On observe dans le plan focal image d'une lentille de focale $f' = 1 \text{ m}$ un disque lumineux de rayon $R = 10 \text{ cm}$, entouré d'une alternance d'anneaux brillants et sombres.

1. Interpréter ce qui est observé dans le plan focal image de la lentille et déduire on ordre de grandeur de la taille des grains. Quelle information apporte le fait que la répartition soit aléatoire ?
2. Justifier pourquoi la présence de N grains dans le faisceau, tant que N n'est pas trop élevé, ne fait globalement que multiplier l'éclairement observé par N .
3. Si on reprend l'expérience en lumière blanche, on observe toujours un disque lumineux entouré d'une alternance d'anneaux brillants et sombres. Le disque est blanc, bordé de rouge. Interpréter qualitativement.