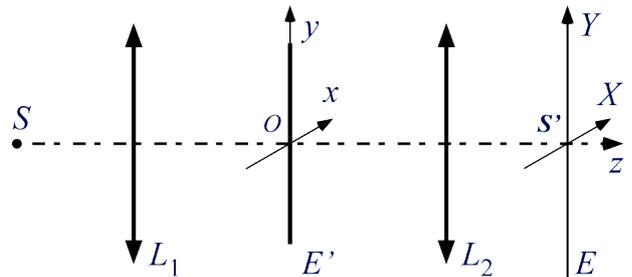


T.D. Optique Physique
Série 2

Exercice 1. (Contrôle – automne 2010) *Il s'agit d'une méthode expérimentale de mesure du diamètre d'un fil de soie d'araignée*¹.

On réalise le montage représenté ci-contre : L_1 et L_2 sont deux lentilles minces convergentes de même distance focale f' . S est une source ponctuelle monochromatique (de longueur d'onde λ_0) située au foyer objet de L_1 . E est un écran d'observation qui est confondu avec le plan focal image de L_2 , et S' est l'image géométrique de S . E' est l'objet diffractant perpendiculaire à l'axe optique Oz .



On note $T(x, y)$ la fonction de transfert en amplitude de l'objet diffractant. On utilise les lentilles dans l'approximation de Gauss. Considérons les deux diaphragmes suivant :

1. E' est une pupille fente de largeur a et infiniment longue dans la direction y . Sa transparence $T_1(x) = 1$.

1.1. Calculer l'amplitude complexe $A_1(M)$ de l'onde diffractée par cette pupille en un point M de l'écran. Tracer la courbe $A_1(X)$.

1.2. Donner l'expression de l'intensité lumineuse $I_1(M)$.

1.3. Quelle est l'expression permettant de calculer la largeur L du pic central ?

2. E' est maintenant un fil fin tendu dans la direction y et dont le diamètre est a .

La transparence de cette pupille est $T_2(x)$, et les diaphragmes 1 et 2 sont dits «complémentaires²».

2.1. Déterminer la relation de l'amplitude complexe $A_2(M)$. Tracer la courbe $A_2(X)$.

2.2. En déduire la figure de diffraction observée $I_2(M)$. Tracer la courbe $I_2(X)$.

2.3. Quel théorème avez-vous démontré ?

3. Applications numériques : $\lambda_0 = 633 \text{ nm}$, $f' = 50 \text{ cm}$ et $L = 8,1 \text{ mm}$.

3.1. Quel est le diamètre typique du fil de soie ?

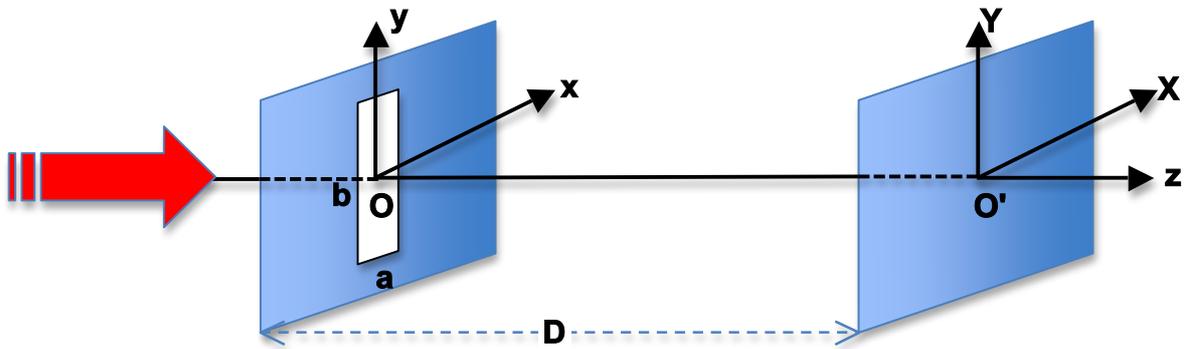
3.2. Avec les incertitudes suivantes : $\Delta\lambda_0 = \pm 0,02 \text{ nm}$; $\Delta f' = \pm 1 \text{ mm}$; $\Delta L = \pm 100 \text{ mm}$, calculer l'incertitude sur le diamètre mesuré.

¹ à diamètre équivalent, ces fils sont plus durs que de l'acier.

² De manière générale, deux diaphragmes sont complémentaires si : $T_1(x) + T_2(x) = 1$ en tout point du plan de la pupille.

Exercice 2

On considère une fente transparente de centre O , de longueur b et de largeur a (voir figure) éclairée en incidence normale par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . La fente, contenue dans le plan (O, x, y) , est munie d'un filtre de coefficient de transmission en amplitude $t(x) = \cos\left(\frac{\pi}{a}x\right)$ pour $|x| = \frac{a}{2}$ et $t(x) = 0$ ailleurs.



1. Donner, sous forme intégrale, l'expression du champ électrique (en notation complexe) associé à l'onde diffractée dans le plan (O, x, z) , dans une direction faisant un angle θ faible avec l'axe Oz .
2. Calculer le champ en fonction de $u = \frac{a\pi \cdot \sin(\theta)}{\lambda}$.
3. Quelle est l'expression de l'éclairement observé sur un écran placé très loin à la distance D de la fente diffractante ?
4. Comparer avec l'éclairement qu'on observerait sans le filtre. Conclure.

Exercice 3

1. Expliquer le critère de Rayleigh à partir des images de diffraction ci-dessous, figures de deux points objets visualisés par un système optique d'ouverture D .
2. La distance angulaire est $1,83 \frac{\lambda}{D}$ dans l'image résolue et de $0,61 \frac{\lambda}{D}$ dans l'image non résolue. Compléter par un schéma présentant le profil énergétique des images des 2 points juste à la limite de résolution.
3. Donner sur le schéma la distance angulaire θ_{lim} lorsque les deux points sont à la limite de résolution.

