

Licence 3 de PSVP

LP343 Lumière et couleurs 1

Epreuve du 7 décembre

Durée : 2 heures

*Les documents et les calculatrices ne sont pas autorisés
De nombreuses questions sont indépendantes*

Rappels : - l'amplitude d'une onde sphérique à une distance r de la source est $(E_0/r)\exp(ikr)$
- $\text{Sinc}(x) = \sin(x)/x$

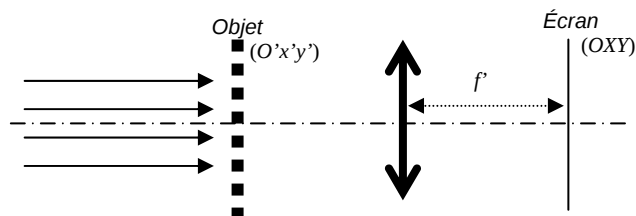
I – Questions de cours - Diffraction

- 1 - Soit le champ au point M d'amplitude $E(M) = \iint_{P(x',y') \in \Sigma} \frac{E_0 \exp(ik PM)}{PM} dx' dy'$, où Σ est une surface plane. Expliquez cette équation. Faites un schéma et donnez le nom du principe qu'elle traduit.
- 2 - Quelles sont les conditions d'application du principe de Fraunhofer ?
Rappelez et expliquez la formule décrivant le phénomène de diffraction dans ces conditions. Redémontrez cette formule à partir de l'équation de la question 1 en expliquant les approximations faites.

Dans la suite nous éclairerons des objets plans (fente, double fente...) par une onde plane monochromatique. Dans ces conditions, lorsque l'objet plan est placé dans le plan focal objet ($O'x'y'$) d'une lentille convergente, le champ diffracté dans le plan focal image (OXY) s'écrit :

$$E(X,Y) \propto E_0 \iint_{\Sigma} \tau(x',y') \exp\left[\frac{-2i\pi}{\lambda f'}(x'X + y'Y)\right] dx' dy'$$

où E_0 est l'amplitude de l'onde plane dans le plan de l'objet, λ la longueur d'onde, f' la focale de la lentille et τ le facteur de transmission de l'objet (transparence complexe).



II – Diffraction par une fente

- 1 - Calculez l'intensité du champ diffracté sur l'écran par une fente rectangulaire centrée sur O' de dimension a (selon l'axe x') et b (selon l'axe y'). Que se passe-t-il lorsque cette fente est décentrée ? lorsqu'on la tourne dans le plan ($O'x'y'$) ?

- 2 - Calculez l'intensité lorsque la longueur b de la fente devient très grande. Pour quelles valeurs de X l'intensité est-elle nulle ?

A.N : l'expérience a été réalisée en utilisant un laser He-Ne ($\lambda=632,8$ nm) et une lentille de focale 20 cm. Le maximum du signal est au centre de l'écran et la première zone sombre est observée à 4 mm du centre. En déduire la largeur de la fente.

III – Diffraction par deux fentes parallèles

- 1 - Montrez que l'intensité du champ diffracté en un point M de l'écran par deux fentes de largeur a (selon l'axe x') séparées d'une distance d ($> a$) s'écrit :

$$I(M) = I_0 \operatorname{sinc}^2(\pi a u) \cos^2(\pi d u) \text{ avec } u = \frac{X}{\lambda f'}$$

u est appelée fréquence spatiale. Pourquoi ?

- 2 - Représentez cette fonction pour $d=3a/2$.

A.N. $\lambda=632,8$ nm $f'=20$ cm. Le maximum du signal est au centre de l'écran et la première zone sombre est observée à 1 mm du centre. En déduire la distance entre les deux fentes.

- 3 - Devant une des fentes nous plaçons une lame semi-réfléchissante. Quel est le facteur de transmission $\tau(x')$ du système ? Calculez l'intensité sur l'écran.

- 4 - Devant une des fentes nous plaçons une lame de phase. Le facteur de transmission de cette fente devient donc complexe : $\tau(x') = \exp(i\phi)$ (x' appartenant à la fente).

Qu'observe-t-on expérimentalement ?

IV – Diffraction et polarisation

- 1 - Devant chacune des fentes nous plaçons un polariseur de type Polaroid®. Les axes des deux polariseurs sont orthogonaux. Nous ferons l'hypothèse que la polarisation ne modifie pas les figures de diffraction. Donnez et expliquez la fonction qui décrit l'intensité sur l'écran. Comparez-la à celle obtenue avec une seule fente (question II-2).

Que se passe-t-il si les axes des polariseurs ne sont plus orthogonaux ?

- 2 - Les axes des deux polariseurs sont orthogonaux. Nous plaçons un analyseur (également de type Polaroid®) derrière la lentille. Son axe fait un angle de 45° avec celui de chacun des polariseurs. Sans faire de calcul, donnez l'intensité sur l'écran.