Université des Antilles et de la Guyane
Licence de Sciences Physiques
UE05.5

Epreuve d'Optique Ondulatoire : durée 1h30

I- Questions préliminaires

1°) Donner un ordre de grandeur des paramètres suivants :

- Fréquence d'une onde électromagnétique dans le domaine du visible
- Durée d'un train d'onde pour une source ordinaire et pour un laser
- Temps de réponse de l'œil et d'un photo détecteur classique

2°) Soient deux sources S_1 et S_2, émettant des trains d'ondes quasi monochromatiques dont les champs électriques en un point M de l'espace ont pour expression :

$$E_1(M) = E_0.\cos(w_1t-k_1.S_1M+\phi_1(t))$$
$$E_2(M) = E_0.\cos(w_2t-k_2.S_2M+\phi_2(t))$$

1°) A quelles conditions ces deux sources sont elles cohérentes ?
2°) Montrer que l'éclairement de deux sources cohérentes au point M s'écrit alors :

$$\varepsilon(M) = \mathcal{E}_0\left\{1+\cos\frac{2\pi\delta}{\lambda_0}\right\}$$

Que représentent les termes δ et λ_0?

II- Fentes d'Young.

Soit un dispositif de fentes d'Young (fentes F_1 et F_2) éclairé à l'aide d'une source ponctuelle, monochromatique de longueur d'onde λ et située à l'infini sur l'axe de symétrie des fentes d'Young. On se propose d'étudier l'éclairement sur un écran situé à la distance focale f d'une lentille convergente L. Les fentes F_1 et F_2 sont supposées identiques, distantes de a et symétriques par rapport à l'axe optique oz de L. On désigne par $\varepsilon(M)$ l'éclairement produit en un point M par le dispositif.

1°) Faire un schéma du dispositif en indiquant le trajet des rayons qui interfèrent au point M.

2°) On supposera pour cette question que les fentes sont infiniment fines.

- Calculer l'éclairement ε (M) en un point M(x,y,f) de l'écran et tracer la figure d'interférence.
- Déterminer l'interfrange i.
- Faire l'application numérique

(on pourra utiliser l'expression de l'éclairement donné en I-2 ou utiliser la transformée de Fourier)

3°) On supposera que les fentes sont infiniment longues (direction y) mais qu'elles possèdent une largeur b dans la direction x.

- Exprimer la fonction pupille (transparence) du diaphragme
- A l'aide de la transformée de Fourier, calculer l'éclairement en un point M de l'écran.
- Tracer l'évolution de l'éclairement en fonction de x, on prendra soins d'indiquer variations de l'éclairement liées aux paramètres a et b.

4°) On remplace les fentes d'Young un trou circulaire de rayon b et on s'intéresse à l'éclairement en un point M de l'écran distant de r de l'axe optique. L'écran est toujours situé à la distance focale de la lentille L. On rappelle que l'amplitude de l'onde est proportionnelle à la fonction $J_1\left(\frac{2\pi r b}{\lambda f}\right)$, fonction de Bessel d'ordre 1.

- Qu'observe t-on sur l'écran ?
- Quel est le diamètre de la tache d'Airy ?
- On se propose d'étudier deux sources ponctuelles situées à l'infini et séparées d'un écart angulaire θ. En utilisant le critère de Raleigh quelle est la valeur minimale de l'écart angulaire pour que l'on puisse observer distinctement les deux étoiles ?
- Peut-on séparer les deux étoiles constituant Sirius et écartées d'un angle $\varepsilon=10^{-5}$ rd.

Données :

$\lambda_0 = 632$ nm ; a= 3mm ; f=5 m; b=0.5 mm; n=1

Définition de la Transformée de Fourier.

Soit f(x) une fonction bornée et intégrable, on appelle la transformé de Fourier de f(x), la fonction F(u) est définie par :

$$\mathrm{TF}\,(f(x)) = F(u) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\exp\{-2\pi jxu\}dx$$

Propriétés de la Transformée de Fourier.

- $\mathrm{TF}(\delta(x))=1$
- $\mathrm{TF}(\delta(x-x_0))=\exp(2\pi j u x_0)$
- $\mathrm{TF}(ax)=\frac{1}{a}F(\frac{u}{a})$
- $\mathrm{TF}\{\mathrm{rect}_a(x)\}= a.\mathrm{sinc}(\pi ua)$
- $\mathrm{TF}(f(x-x_0))= \exp(-2\pi u x_0).F(u)$
- $\mathrm{TF}\{\exp(2\pi\nu_0)f(x)\}=F(u-\nu_0)$

Définition du produit de convolution

On appelle produit de convolution de la fonction f(x) et g(x) la fonction h(x) définie par :

$$h(x)=f(x)*g(x)= \int_{-\infty}^{\infty} f(x-v)g(v)dv$$

- $\delta((x-x_0)*f(x)) = f(x-x_0)$
- $\mathrm{TF}\{f(x)*g(x)\}=\mathrm{TF}(f(x)).\mathrm{TF}(g(x))$
- $\mathrm{TF}\{f(x).g(x)\}=\mathrm{TF}(f(x))*\mathrm{TF}(g(x))$

Définition et quelques propriétés de la fonction de Bessel.

On définit la fonction de Bessel d'ordre 1 par l'expression :

$$X_0.J_1(X_0)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{X_0}\int_0^{2\pi}\exp(-jX\cos\theta)XdXd\theta$$

Cette fonction s'annule pour X_0 =3,83 ; 7,32….