

OPHY CHAPITRE 6 : DIFFRACTION

9/12/2011

1 Introduction

Diffingere : casser en morceaux.

Diffraction : éparpillement de la lumière qui apparaît quand on essaie de contraindre latéralement sa propagation (exemple : trous de Young).

Elle a toujours lieu mais n'est pas forcément observable. Effets notables quand la taille caractéristique de l'obstacle est de l'ordre de la longueur d'onde.

2 Principe de Huygens-Fresnel

Idée de Huygens : pour trouver ce qui se passe au delà d'une surface, on peut remplacer la source primaire S par un ensemble de sources secondaires émettant des ondelettes sphériques réparties sur cette surface.

Idée de Fresnel : toutes ces sources secondaires, dans le cas de la lumière, sont cohérentes entre-elles. L'état vibratoire en un point M résulte d'une interférence entre les ondes émises par ces sources.

Énoncé du principe : Chaque élément de surface dS_P centré sur P , de la pupille diffractante atteint par l'onde incidente se comporte comme une source secondaire émettant une ondelette, de même fréquence, de même phase que l'onde incidente et dont l'amplitude est proportionnelle à dS_P . Toutes ces sources sont cohérentes entre-elles.

3 Diffraction de Fraunhofer

3.1 Cadre de l'étude

Pupille diffractante : ouverture transparente dans un plan.

Dans le cadre de la diffraction de Fraunhofer, la source d'ondes planes S_∞ est à l'infini et l'observation se fait en un point M_∞ , à l'infini.

But déterminer l'éclairement dans la direction de M_∞ dû à la diffraction par la pupille de l'onde venant de S_∞ .

Remarque : pour coder une éventuelle modification de l'onde incidente par la pupille, on introduit la transparence complexe $\underline{t}(P)$, en P , l'amplitude « ressentie » de l'onde incidente. $\underline{s}(P, t) = \underline{t}(P)\underline{s}_i(P, t)$.

3.2 Formulation mathématique

Soient $\vec{k}_i$ le vecteur d'onde associé une onde émise par S_∞ et $\vec{k}$ le vecteur d'onde associé au rayon résultant. $\underline{s}_o$ l'amplitude complexe de la source.

$$S(M_\infty, t) = \iint_{\Sigma} K \underline{s}_o \underline{t}(P) e^{j\omega t} e^{-j\vec{k}_i \cdot \vec{S}_\infty P} \cdot e^{-j\vec{k} \cdot \vec{P} M_\infty} dS_P$$

On introduit un point O de référence dans le plan de la pupille (si possible le centre de symétrie).

$$\underline{s}(M_\infty) = K \underline{s}_0 \iint_{\Sigma} \underline{t}(P) e^{j(\vec{k} - \vec{k}_i) \cdot \vec{OP}} dS_P$$

$$\vec{k}_i = \frac{2\pi}{\lambda} \begin{pmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \\ \gamma_i \end{pmatrix} \quad \vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{pmatrix}$$

$$\underline{s}(M_\infty) = K \underline{s}_0 \iint_{X,Y} \underline{t}(P) e^{j \frac{2\pi}{\lambda} ((\alpha - \alpha_i)X + (\beta - \beta_i)Y)} dX dY$$

3.3 Autre forme opérationnelle avec des différences de chemins optiques

On pose $\delta_{P/O} = (S_\infty P M_\infty) - (S_\infty O M_\infty)$

$$\underline{s}(M_\infty) = K \underline{s}_0 \iint_{\Sigma} \underline{t}(P) e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} \delta_{P/O}} dS_P$$

4 Diffraction par une ouverture rectangulaire

4.1 Calcul de l'éclairement

Soit une fente rectangulaire centrée en O , de hauteur b et de largeur a .

$$\mathcal{E}(M_\infty) = \frac{1}{2} K s_0^2 a^2 b^2 \text{sinc}^2 \left(\frac{\pi(\alpha - \alpha_i)a}{\lambda} \right) \text{sinc}^2 \left(\frac{\pi(\beta - \beta_i)b}{\lambda} \right)$$