

TD d'Optique 3

Diffraction (1)

25/09/2019



EXERCICE I RAPPELS

On considère une source lumineuse monochromatique ponctuelle S éclairant un objet, dans le plan Oxy , situé à une distance d de la source et de transmittance complexe $t(x, y) = |t(x, y)|e^{i\varphi(x, y)}$. On note s_0 l'onde source et s l'onde transmise à travers l'objet. On observe l'éclairement obtenu dans un plan $(O'XY)$ situé à une distance D de l'objet.

1. Énoncer le principe de Huygens-Fresnel.
2. Calculer l'amplitude diffractée dans la limite où les distances objet-écran et source-objet sont grandes devant toutes les autres dimensions.
3. Qu'est-ce que la diffraction de Fraunhofer ? Quelles sont ses conditions de validité ? Qu'est-ce que la diffraction de Fresnel ?
4. Décrire quantitativement la figure de diffraction de Fraunhofer d'une fente rectangulaire de longueur a et de largeur b éclairée par une onde plane monochromatique de vecteur d'onde \vec{k}_0 , observée dans le plan focal d'une lentille de focale f .
5. À l'aide de la question précédente, estimer la largeur de la tache d'Airy dans le cas où l'objet diffractant est un trou.
6. Énoncer et démontrer le théorème de Babinet.

EXERCICE II DIFFRACTION PAR UN ENSEMBLE DE STRUCTURES

On considère un ensemble de petites structures diffractantes, ou motifs, réparties dans un objet de petite dimension devant la distance D à l'écran sur lequel on observe la figure de diffraction.

On éclaire cet objet par une onde plane monochromatique, de longueur d'onde λ_0 , de direction quelconque, et on étudie la figure de diffraction obtenue sur l'écran, dans l'approximation de Fraunhofer.

1. Cas général

- 1.1 Utiliser le principe de Huygens-Fresnel pour obtenir l'amplitude diffractée en un point $M(X, Y, D)$ de l'écran d'observation.
- 1.2 Montrer que l'on obtient la figure de diffraction d'un motif, modulée par une fonction caractéristique de la répartition de ces motifs dans l'objet.

2. Structures réparties de façon aléatoire

Que nous donne cette formule dans le cas de motifs répartis de façon aléatoire ?

3. Structures périodiques : réseau

On considère maintenant une répartition périodique des structures diffractantes : un réseau de N fentes de largeur e , réparties sur une longueur $L = Na$ où a est la période de ce réseau.

La fonction de transparence de chaque fente est $t_0(x)$, avec $t_0(x) = 1$ pour $-e/2 < x < e/2$ et $t_0(x) = 0$ sinon. On étudie la figure de diffraction obtenue en transmission.

- 3.1 Déterminer les directions privilégiées dans lesquelles se concentre l'intensité lumineuse.
- 3.2 Calculer l'intensité diffractée par l'ensemble du réseau dans une direction donnée en fonction de l'intensité I_0 , intensité mesurée au centre de la figure pour une fente unique.