

Diffraction par des structures périodiques

7 juin 2025

Référence

Expérience : Diffraction acousto-optique

Livre :

— Optique, une approche expérimentale et pratique, S. Houard, DeBoeck

— Optique, Perez, Dunod

Prérequis :

— Diffraction de Fraunhofer

— Optique géométrique

—

Niveau : Licence

Introduction

Diffraction d'un objet quelconque (genre fente) Que se passe-t-il quand j'éclaire plusieurs fentes espacées régulièrement ? -> manip qualitative de diffraction d'un réseau

1 Réseau de diffraction

1.1 Relation fondamentale

Définition d'un réseau (avec définition de a , le pas du réseau)

Schéma des rayons lumineux arrivant sur un réseau

Calcul de la différence de marche pour deux rayons passant par des fentes successives (Houard p.317)

Généralisation pour obtenir la relation des réseaux

ODG de grandeur pour le nombre d'ordre de diffraction d'un réseau Exemple du Houard p.318 : pour une incidence normale, $|m| < \frac{a}{\lambda}$. Pour un réseau à 600 traits/mm, on peut observer 5 ordres de diffraction pour le doublet du sodium ($\lambda_m = 589\text{nm}$)

1.2 Intensité diffractée par un réseau

Calcul par superposition de la figure de diffraction d'une fente. Entre deux rayons successifs, la différence de phase est de $\Delta\phi = \frac{2\pi a}{\lambda}(\sin\theta - \sin\theta_i)$.

Les amplitudes complexes s'écrivent donc en prenant la référence de phase pour la fente 1 :

$$\underline{E}_{m1} = \underline{E}_{m0} \quad \underline{E}_{m2} = \underline{E}_{m0} e^{-j\Delta\phi} \quad \underline{E}_{m3} = \underline{E}_{m0} e^{-2j\Delta\phi}$$

La somme de toutes les amplitudes s'écrit donc :

$$\underline{E}_m = \underline{E}_{m0} \sum_{k=1}^N e^{-j(k-1)\Delta\phi}$$

On reconnaît une suite géométrique de raison $e^{-j\Delta\phi}$, on obtient donc :

$$\underline{E}_m = \underline{E}_{m0} \frac{1 - e^{-Nj\Delta\phi}}{1 - e^{-j\Delta\phi}} \Leftrightarrow \underline{E}_m = \underline{E}_{m0} e^{-(N-1)j\Delta\phi/2} \frac{\sin(\frac{\Delta\phi}{2}N)}{\sin(\frac{\Delta\phi}{2})}$$

Ainsi l'intensité lumineuse s'écrit :

$$I_{tot} = I_0 \left(\frac{\sin(\frac{\Delta\phi}{2}N)}{\sin(\frac{\Delta\phi}{2})} \right)^2$$

Montrer un script Python avec l'intensité diffractée en fonction du nombre de fentes (disponible sur le site de l'agreg)

1.3 Spectroscopie en astrophysique

À voir en fonction du temps restant Voir le Houard p.323

2 Applications pour d'autres structures périodiques

2.1 Diffraction acousto-optique

Sert pour faire du traitement du signal des rayons lumineux (modulation, filtrage, décalage de fréquence...)

Expérience quantitative de mesure de la vitesse du son dans l'eau

Si ondes sonores stationnaires, fréquence de l'onde lumineuse reste inchangée Sinon, décalage de fréquence des rayons diffractés par effet Doppler en fonction de l'ordre de diffraction et de la fréquence de l'onde sonore.

Voir page Wikipédia du modulateur acousto-optique pour des infos supplémentaires

2.2 Étude des matériaux

Parler de la DRX pour l'étude des monocristaux ou des contraintes résiduelles et l'étude des poudres dans un second temps.

Expérience quantitative

Objectif de l'expérience

Mesurer la célérité du son dans l'eau

Matériels

- Générateur HF
- Cuve à diffraction acousto-optique
- Laser + accessoire à laser
- Support élévateur
- Thermocouple
- Pieds d'optiques + tige + pince 3 doigts
- Oscilloscope
- Écran
- Fils de sécurité x3
- Câble BNC-banane
- CCD
- Mètre

Protocole

Précautions expérimentales