

LP35 : Diffraction par des structures périodiques dans différents domaines de la physique

Alizée Dubois
correcteur : Xavier Ducros

Résumé



Prérequis :

- optique ondulatoire
- Diffraction de Fraunhofer
- Cristallographie, rudiments de physique du solide
- Transformée de Fourier

Table des matières

1	Introduction	2
2	Diffraction par des structures périodique 1D	2
2.1	Le phénomène de diffraction	2
2.2	Diffraction par un réseau à une dimension	2
2.3	Influence du motif de la structure périodique	2
3	Applications à d'autres domaines de la physique	3
3.1	La couleur des solides	3
3.2	Diffraction de rayons X : Détermination de la structure de l'ADN	3
3.3	Diffraction de noyaux d'Hélium	3

4	Application à l'étude de structures périodique 3D	3
4.1	Diffusion cohérente	3
4.2	Expérience : étude du cristal à l'aides des ondes centimétriques	3
4.3	Diffraction des rayons X, perspectives et ouverture	4
5	CONCLUSION	4
6	Questions et bilan	4
6.1	Remarques :	4
6.2	Alternative de plan	4
	Références	4

1 Introduction

Petit point historique (cf ref 13 dont on peut facilement s'inspirer en intro)

2 Diffraction par des structures périodique 1D

2.1 Le phénomène de diffraction

origine de la diffraction cf ref 4 paragraphe 2.2

- Propagation de l'onde plane
- Condition aux limites imposées à la vibration qui fixent la structure de l'onde se propageant
- Modification de la distribution d'amplitude de l'onde par un dispositif quelconque placé sur son trajet
- Modification du vecteur de propagation \vec{k} de l'onde

Principe de Huygens Fresnel

2.2 Diffraction par un réseau à une dimension

Facteur de transmission et amplitude de sortie cf ref 4 paragraphe 3.1.1,

Définition du facteur de transmission du réseau $t(x)$ comme une fonction comprise entre 0 et 1 décrivant le réseau ou l'obstacle rencontré par l'onde.

Décomposition de l'amplitude de sortie

- Utilisation de la diffraction de Fraunhofer pour exprimer l'amplitude diffractée en fonction de l'amplitude incidente et de la transmission du réseau.
- Le calcul de Feynman ref 2 chapitre 30 paragraphe 1, est pratique et concis
- Point sur la résolution du réseau (cf ref 2 chap 30.3 ainsi que ref 2 chap 38.2 (lien avec la relation d'incertitude))

2.3 Influence du motif de la structure périodique

- Exploiter les dessin du SEXTANT ref 2 de la page 114 à 119 sur transparents
- Mettre en évidence facteur de forme et facteur de structure. (ref 8 paragraphe 2.1.2)

cas où le motif est réparti de façon aléatoire cf Feynman ref 2 chap 32 paragraphe 5 (premières lignes de ce paragraphe)

Possibilité de faire un point sur la poudre de lycopode pour montrer que même si le motif n'est pas périodique, on retrouve alors la figure de diffraction par un seul élément du motif mais plus lumineuse. cf sextant p 122.

Remarque : c'est aussi pour cette raison que les nuages sont blancs cf Feynman ref 2 chap 32 paragraphe 5 (un peu plus loin après les calculs de diffusion, cas de N atomes dans un amas qui forment une goutte d'eau); C'est de la diffusion diriez vous mais bon, la diffraction n'est rien que de la diffusion cohérente.

La ref 5 montre les figures obtenue pour des motifs divers tel que des triangles ou autres c'est sympa.

La ref 6 présente le principe de l'holographie qui pourrait être une application

La ref 12 au chapitre Transformées de Fourier et Distribution fait un point très clair et facilement exploitable sur l'Optique Physique et donc en particulier la diffraction en utilisant la transformée de Fourier

3 Applications à d'autres domaines de la physique

Remarque : pas possible de traiter les trois, ce sont juste des possibilités

3.1 La couleur des solides

Couleur des ailes de papillons, du cou des pigeons, de certains minéraux etc ...
cf reference 9 paragraphe sur la diffusion cohérente

3.2 Diffraction de rayons X : Détermination de la structure de l'ADN

Cf le site suivant :

<http://didel.script.univ-paris-diderot.fr/claroline/backends/download.php?url=L1BQVF9DT1VSUy9TUE1CX0NNM0IucGRm&cidReset=true&cidReq=32U1BS41>

Pour des détails sur la production et la mesure des rayons X, ref 3 (début du livre)

3.3 Diffraction de noyaux d'Hélium

cf exos de diffraction de différents isotopes de l'hélium par un réseau 1D permettant ainsi de remonter à la masse de chacune des particules (ref 7)

4 Application à l'étude de structures périodique 3D

4.1 Diffusion cohérente

- Pouvoir diffusant de la matière pour un rayonnement quelconque cf ref 3
- Retrouver par le calcul a partir de la TF la condition de von Laue puis de Bragg cf ref 3 pour faire le lien $TF(\rho_{réseau} * \rho_{motif})$ et la condition de von Laue. Cf ref 10 pour le lien condition de von Laue, condition de Bragg
- si pas le temps donner directement la condition de Bragg

4.2 Expérience : étude du cristal à l'aides des ondes centimétriques

<http://www.physique.ens-cachan.fr/laboratoire/materiel/show?id=92&action=show>

4.3 Diffraction des rayons X, perspectives et ouverture

cf ref 11, BUP n°955 qui contient diverses articles sur la diffraction cohérentes des rayons X au synchrotron soleil

Problème de détermination de la phase cf article du BUP sur la diffraction cohérente des rayons X

diffraction magnétique des rayons X polarisés cf article du BUP n°955 Les rayons X éclairent le magnétisme des multiferroïques.

5 CONCLUSION

6 Questions et bilan

6.1 Remarques :

- Trop long
- Le choix d'un traitement avec les TF est trop lourd et on s'éloigne du contenu physique
- L'influence du nombre d'éléments diffractants doit être discuté, éventuellement avec l'approche géométrique de Feynmann (ref 2 chapitre 30 paragraphe 1)
- Monter absolument la formule des réseau
- Garder du temps pour faire au moins une application
- L'exercice sur l'échographie peut être une bonne alternative
- L'expérience de diffraction d'électrons sur une poudre présente dans le labo est une bonne expérience à montrer comme alternative à la diffraction des ondes centimétriques par un cristal

6.2 Alternative de plan

- 1-Introduire les calculs
- 2-Application à l'optique (spectroscopie, réseau blazé ...)
- 3-Application à d'autres domaines (réseau d'antennes, échographie (cf : le Garing d'optique))
- La diffraction par des cristaux risque d'être trop longue à traiter

Références

- [1] Feynman. *Mécanique 2*
- [2] Sextant. *Optique expérimentale*
- [3] J-P Eberhart. *Méthodes physique d'études des minéraux et des matériaux solides*
- [4] André Boussié *La diffraction pour les nuls ... et pour les forts* BUP n°889
- [5] R. JOUANISSON *Interférences lumineuses à n sources* BUP n°659
- [6] *Holographie* BUP n°516
- [7] Claude Aslangul *Mécanique quantique : Tome 3, Corrigés détaillés et commentés des exercices et problèmes*
- [8] Cédric MULET-MARQUIS *Reconstitution du motif d'un réseau de diffraction.* BUP n° 882
- [9] Jean-Pierre JOLIVET *La couleur des solides.* BUP n°785
- [10] Ashcroft *Physique du solide.*
- [11] BUP n°955

- [12] Walter Appel *Mathématiques pour la physique et les physiciens*
- [13] Sylvain Houard *OPTIQUE, Une approche expérimentale et pratique*