

L35 : DIFFRACTION PAR DES STRUCTURES PÉRIODIQUES DANS DIFFÉRENTS DOMAINES DE LA PHYSIQUE

Prérequis

- diffraction de Fraunhofer
- acoustique
- cristallographie
- notion élémentaire de mécanique quantique

Idées directrices à faire passer

- le phénomène est propre aux ondes en général, c'est indépendant de leur nature
- identifier et illustrer facteur de forme et de structure
- ne pas faire la leçon en TF, même s'il faut garder l'idée en tête

Bibliographie

- [1] Ondes mécaniques et diffusion, Garing, Ellipses
- [2] Optique, Sextant, Hermann
- [3] Cap Prépa physique PC-PC*, Pearson
- [4] physique des électrons dans les solides, Alloul, Ecoles Polytechnique
- [5] physique des solides, Ashcroft, EDP Sciences

Introduction On a vu la diffraction par une fente, puis la figure associée à deux fentes ; maintenant on met N objets identiques et on regarde ce qu'il se passe.

I Réseau plan en optique

1 Position du problème [3]

- définition d'un réseau -> N motifs répétés à 1D ici (le cas 2D n'apporte pas de richesse)
- condition d'éclairement et d'observation -> à l'infini
- les fentes sont supposées infiniment fines. pas d'effet du motif
- ODG pas du réseau, longueur d'onde. Nature des ondes.

2 Calcul de l'intensité diffractée [2] et [3]

- étude géométrique de la différence de marche entre deux sources puis condition d'interférence constructive -> formule des réseaux donnant la position des maximums
- mener le calcul d'éclairement du Cap prépa avec somme discrète
- commenter la formule obtenue : largeur des pics en fonction de N
- montrer qualitativement l'influence du motif (dire sans justification que les effets se multiplient, c'est inclus dans la somme faite directement sur les amplitudes de chaque motif) -> introduire alors facteur de forme et de structure. S'aider du Sextant pour les schémas

Faire le calcul montrant la limite en épaisseur d'un réseau pour qu'il puisse être considéré 1D. Condition : diffraction n'a pas le "temps" d'avoir de l'effet sur l'épaisseur du réseau

Ne pas utiliser Huygens-Fresnel ici. On part directement d'une somme discrète sur l'éclairement associé à chaque motif.

3 Application : spectroscopie [3]

- formule des réseaux, ODG pour des réseaux classiques
- pouvoir de résolution, critère de Rayleigh (sans justification)
- le faire expérimentalement si assez de temps

II Ondes mécaniques : technologie de l'échographie

1 Principe de l'échographie [1]

- principe de fonctionnement (ondes acoustiques), donner des ODG
- pour un transducteur unique, l'effet de la "diffraction" donne une très mauvaise directivité

Insister sur le fait que ce n'est pas de la diffraction au sens strict, mais un effet de la taille du transducteur. Cependant l'analogie est parfaite.

2 Réseau de transducteurs en phase [1]

Réutiliser les calculs de la section précédente (problème identique). Montrer qu'alors la directivité est fortement améliorée -> amélioration de la résolution et de la puissance locale

3 Balayage par déphasage [3]

très bien fait dans le Garing, il suffit de reprendre cela

On peut citer certains réseaux d'antennes terrestres utilisant le même principe.

III Etude des cristaux par diffraction

1 Position du problème

- rappel de cristallographie : introduire la notion de plans réticulaires
- ODG : pourquoi faut il utiliser des X
- nouvelle difficulté : réseau 3D -> les conditions d'interférence constructives sont beaucoup plus strictes.

2 Manipulation de diffraction sur poudres

- faire la manipulation (documentation associée)
- indiquer le protocole, le dispositif
- donner les résultats bruts
- ne pas interpréter

3 Condition de Bragg

- les introduire
- commenter le résultat de l'expérience armé de cet outil (on travaille sur poudre donc toutes les familles de plans sont sollicitées)
- 2 anneaux pour deux familles de plans réticulaires. Les autres familles ont des distances trop faibles, si bien que l'angle de diffraction est trop élevé pour être détecté.
- si assez de temps on peut remonter au paramètre de maille

conclusion Parler des interférences par un film (savon, Fabry-Pérot, filtre interférentiel...). Montrer rapidement que c'est équivalent aux considérations précédentes, en introduisant le concept de sources virtuelles après N réflexions...