

**LP n° 36 Titre :** Diffraction par des structures périodique

**Présentée par :** Jules FILLETTE

**Rapport écrit par :** Alexandra & Gloria

**Correcteur :** Agnès Maitre

**Date :** 27/11/2018

### Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Optique	Pérez		
Optique Physique et électronique	Daniel Maura	PUF	2001
Optique et Physique ondulatoire	BFR	Dunod	1987
Physique des solides	Ashcroft	EDP Sciences	

### Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : Licence 3

Pré-requis :

- Diffraction de Fraunhofer (Lien avec le formalisme de Fourier, Diffraction par une fente)
- Physique du solide (Réseau de Bravais, Réseau réciproque)

Intro : 2 phénomènes diffraction et interférence, ici on va multiplier ces figures et on va pouvoir l'utiliser pour déterminer des structures diffractantes.

**2 min**

I. **Intensité diffractée par une structure périodique**

**Slide :** presentation du montage de diffraction de Fraunhofer, des notations, explications

1) **Translation de la pupille dans son plan**

**Slide :** Translation de pupille dans son plan

Montrer que l'intensité diffractée est la même pour les deux lentilles, mais la vibration lumineuse est différente.

**5min20**

2) **Pupilles composées**

Nouvelle pupille obtenue par translation de pupilles précédentes, N fois. **Slide :** Notation et Schéma

Calcul de la vibration lumineuse pour une pupille P puis vibration totale pour les N pupilles. Et de

l'intensité finale :  $I(M) = I_0 \left| N + \sum_{p, p \neq q} e^{i(\varphi_p - \varphi_q)} \right|^2$

Donc des pupilles réparties aléatoirement donnent  $I(M) = I(O) \cdot N$

**10 min**

3) **N pupilles réparties périodiquement**

calcul de la phase pour la pupille seule puis de la pupille totale, constituée des P autres :  
 $\varphi_p = p * \varphi$

Calcul de l'intensité pour les N pupilles, introduction du facteur de forme et du facteur de structure.

Remarque pour les petits angles.

On remarque que  $\varphi$  dépend de  $\lambda$ , est ce qu'on est capable de résoudre le spectre d'une source inconnue ?

**14min30**

## II. Etude de la source

### 1) Le réseau

**Slide** : réseau de fentes d'Young

Calcul de l'intensité pour une fente puis de l'intensité pour les N fentes.

**Python** : Pour une fente,  $\text{sinc}^2$ , pour deux fentes : enveloppe + interférences à l'intérieur pour N fentes : on observe le motif de diffraction à l'intérieur du sinus cardinal.

Calcul de la position des pics principaux, largeur des pics principaux.

Influence des paramètres du réseau sur la diffraction

**23 min 30**

### 2) Propriétés des réseaux

Dispersion angulaire : quantifie la manière dont l'angle de diffraction dépend de la longueur d'onde. Pour avoir une grande dispersion angulaire : il faut un grand ordre p et minimiser la taille a de la fente

Pouvoir de résolution : distance entre les pics  $\lambda$  et  $\lambda + \delta\lambda$  doit être plus grande que l'écart entre le pic  $\lambda$  et le premier minimum :  $R = pN$ .

Application numérique : on trouve une taille de fente de  $2 * 10^{-8} \text{m}$  : Très petit -> augmenter l'ordre

On veut donc augmenter l'ordre de d'interférence. Cependant avec l'image de l'intensité on voit que on perd en luminosité. Quel compromis ? Réseau blazé qui permet de focaliser le maximum d'intensité dans un ordre supérieur à 0.

Connaissant la figure de diffraction de l'objet peut on remonter à la structure de cet objet ?

**31min30**

## III. Etude de la structure diffractante

### 1) Diffraction pas une structure périodique 3D

Rappel du réseau de Bravais, pourquoi le solide cristallin diffracte ?

La lumière passe partout sauf dans des lieux très particuliers de l'espace. Énoncé du Théorème de Babinet.

Comment ? Taille de la pupille 1 Å, travailler avec des ondes de longueur d'onde de l'ordre de 1 Å : donc il faut des rayons X.

Expression de l'intensité diffractée. Pics d'intensité = appartenir au réseau réciproque

**Slide** : Construction Ewald

**38min30**

### 2) Méthodes expérimentales

**Slide** : Méthode de Laue et méthode du cristal tournant.

**CCI** : Explorer les possibilités de la diffraction des structures périodiques : Ouverture sur les facteurs de forme et de structure permettant de sonder la matière notamment de structures non périodiques.

### Questions posées par l'enseignant

- Comment mesurer l'écart du doublet du sodium ? Utiliser la diffraction ou interférences et regarder la perte de cohérence /Michelson.
- Qu'est ce qu'on a à disposition comme objet spectroscopique ?
- Comment mesurer des écarts de fréquences très petits ?
- Comment mesurer un spectre ? Comment caractériser une source lumineuse ?
- Qu'est ce qu'un spectromètre ? Comment ça marche ?
- Pourquoi on met des miroirs courbes ? Assure l'onde plane qui est la bonne condition d'utilisation du réseau
- C'est quoi un réseau réciproque ?
- Comment ça se passe si on a un système non périodique ? Exemple ?

### Commentaires donnés par l'enseignant

Très bonne leçon.

Approche formelle, ajouter une image de diffraction.

Enlever structure aléatoire ?

Début rapide ?

Faire une expérience à la place de python ?

Exemples de diffraction par différents cristaux (image) ?

Propriétés des réseaux c'est bien, parler ou connaître le spectromètre

Diffusion : dans tous les sens

diffraction : concentré dans les rayons lumineux.

Ajouter la diffraction avec d'autres ondes que la lumière.

## Partie réservée au correcteur

### **Avis sur le plan présenté**

Bon plan avec une approche assez formelle ; bien structuré.

### **Concepts clés de la leçon**

Reseau à fente

Fraunhofer+ interference= diffraction par un réseau

Ordre d interference, pouvoir dispersif, pouvoir de resolution

Diffraction dans un autre domaine que l'optique

### **Concepts secondaires mais intéressants**

Le monochromateur, spectroscopie

Diffraction des electrons, neutrons, rayon X pour sonder la matière (en traiter un absolument)

### **Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)**

Diffraction d un laser par 1, 2, N fentes

Diffraction des electrons sur du graphite

### **Points délicats dans la leçon**

Pas de pbs conceptuels compliqués, mais calculs lourds

### **Bibliographie conseillée**