Diffraction par des structures périodiques

Niveau : Licence

Pré-requis :
- Principe de Huygens-Fresnel
- Diffraction à l'infini
- Optique géométrique
- Fentes d'Young

Bibliographie :

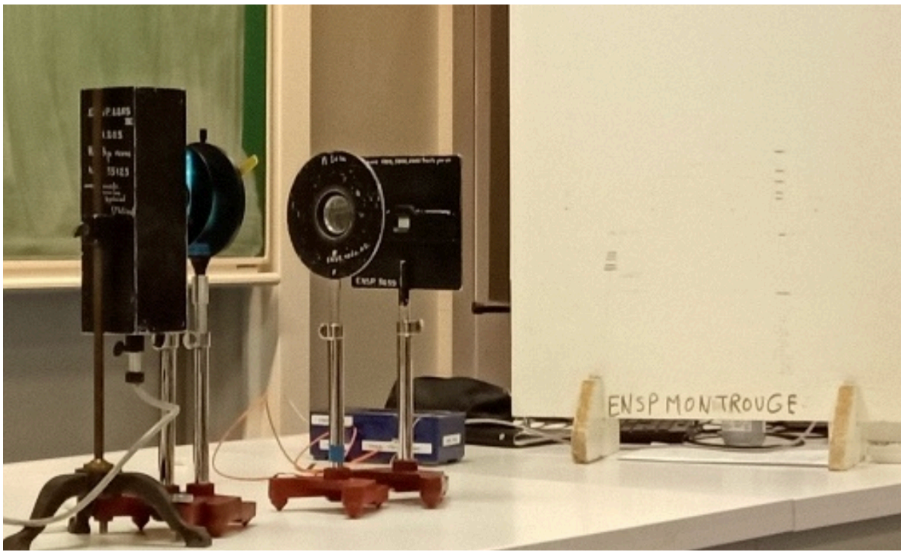
- Cours de physique générale : Optique, G. Bruhat, Masson (6e édition)
- Optique MP-PC-PSI-PT, P.BRENDERS & M. SAUZEIX, Bréal les nouveaux précis
- Optique : Une approche expérimentale et pratique, S. HOUARD, De Boeck

Introduction

Experience qualitative : Diffraction par un réseau

HOUARD p.320

Manip : Lampe à mercure, condenseur, fente, lentille, réseau, Ecran



On voit des raies de différentes couleurs, en changeant le paramètre du réseau on peut observer des ordres supérieurs

C'est la diffraction de la lumière par un réseau
Réseau= plein de fentes espacées d'un pas

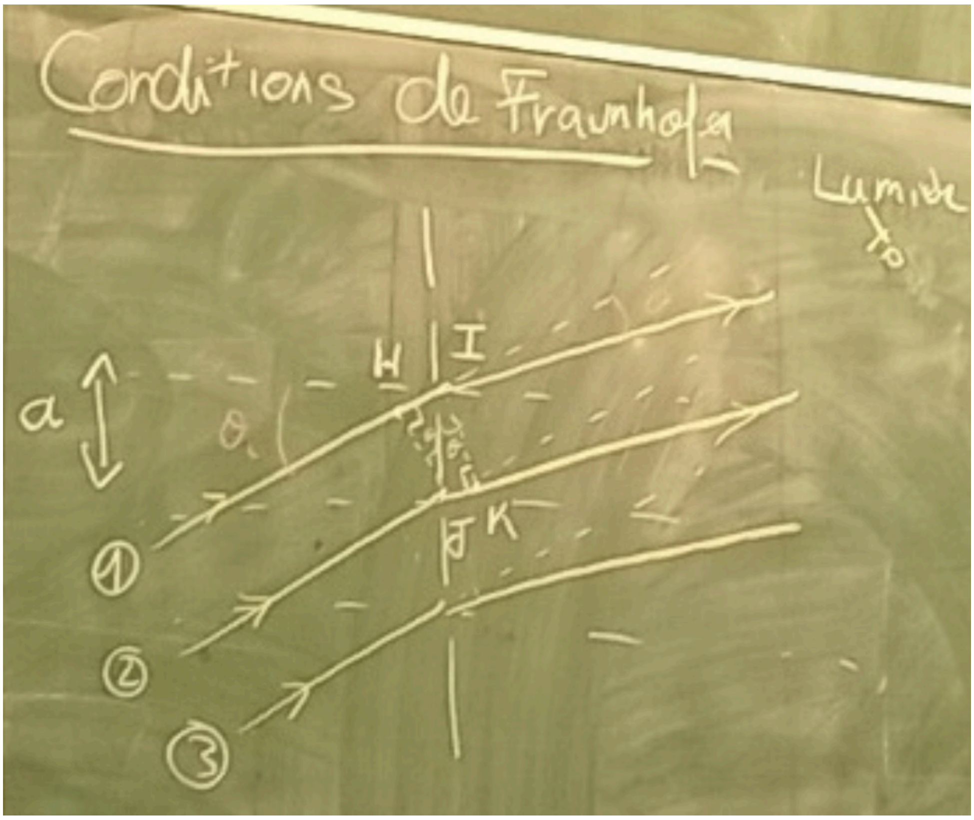
I. Réseau de diffraction

A. Principe

Définition : Pupille composée de N pupilles diffractantes régulièrement espacées d'une distance a appelée pas du réseau

→ Permet une analyse spectrale de la lumière

n=1/a le nombre de traits/mm
pour le montage : similaire aux fentes d'young



On se place dans les conditions de Fraunhofer
Lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0

B. Relation fondamentale

Différence de marche : $\delta = JK - HI = a\,sin(\theta) - a\,sin(\theta_i)$
On a la même différence de marche entre deux fentes successives
$\Delta\phi = k\delta = \dfrac{2\pi\delta}{\lambda_0} = m2\pi$ pour des interférences constructives

$$a\,sin(\theta) - a\,sin(\theta_i) = m\lambda_0$$

On réécrit : $sin\theta = \dfrac{m\lambda_0}{a} + sin\theta_i$

Si $m = 0 \rightarrow sin\theta = sin\theta_i$, $\theta = \theta_i$ la lumière incidente n'est pas déviée
Si $m \neq 0$ la position du maximum d'intensité dépend de λ_0
→ Système optique dispersif
$-1 \leq sin\theta \leq 1$

$\rightarrow -\frac{a}{\lambda_0}(1+sin\theta) \leq m \leq \frac{a}{\lambda_0}(1-sin\theta)$

$\rightarrow -\frac{a}{\lambda_0} \leq m \leq \frac{a}{\lambda_0}$

Exemple : pour un laser λ0=632 nm, pour n=140 traits/mm
a=7 µm => -11 ≤ m ≤ 11
on observe 23 ordres différents

C. Intensité diffractée par le réseau

Numérotons les fentes de 1 à N, en prenant 1 la référence pour notre retard de phase
Donc 2 présente un retard de phase Δϕ= kδ=2πa(sin(θ)-sin(θi))/ λ0

3	$2\Delta\phi$
…	….
N	$(N-1)\Delta\phi$

Les amplitudes complexes s'écrivent

$\underline{Em}_1 = Em_0$

$\underline{Em}_2 = Em_0 e^{-i\Delta\phi}$

$\underline{Em}_3 = Em_0 e^{-i2\Delta\phi}$

Sommons toutes les amplitudes :

$$\underline{Em} = Em_0 \sum_{p=1}^{N} e^{-(p-1)\Delta\phi}$$

$$\underline{Em} = Em_0 \frac{1-e^{-iN\Delta\phi}}{1-e^{-i\Delta\phi}}$$

$$\underline{Em} = Em_0 e^{-i(N-1)\Delta\phi} \frac{sin(N\Delta\phi/2)}{sin(\Delta\phi/2)}$$

L'intensité s'écrit : $I(\Delta\phi) = \underline{Em}\underline{Em}* = Em_0^2 \left(\frac{sin(N\Delta\phi/2)}{sin(\Delta\phi/2)}\right)^2$

II. Exploitation de la diffraction du réseau

A. Répartition angulaire de l'intensité

La fonction I(Δϕ) est 2π-périodique et paire
On va étudier [0,π]
Aux bornes $\Delta\phi \rightarrow 0 \;\; I \rightarrow Em_0^2 N^2$

$\Delta\phi = 0$ donc $I(\pi) = 0$ si N pair et $I(\pi) \neq 0$ si N impair

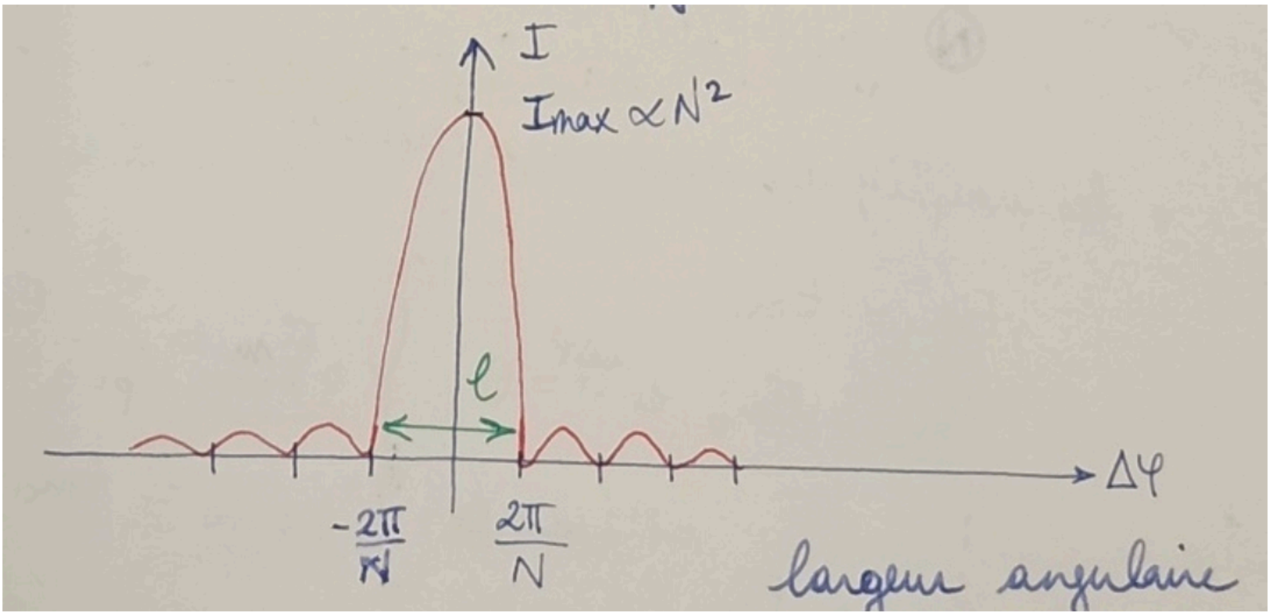
$I(\Delta\phi) = 0 \rightarrow sin(N\Delta\phi/2) = 0 \rightarrow N\Delta\phi/2 = p\pi$

$\Delta\phi = p2\pi/N$

Si $sin(\Delta\phi/2) = 0$

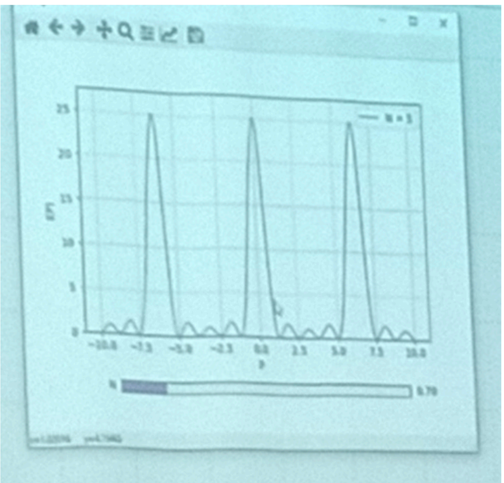
On a l'allure suivante

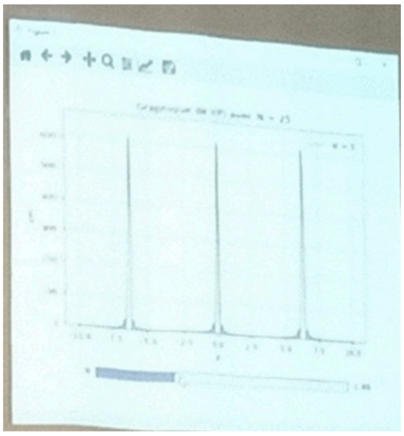
On appelle la largeur angulaire L=2*2π/N
On a I_{max} proportionnel à N^2
Et $\Delta(\Delta\phi)$ proportionnel à $1/N$

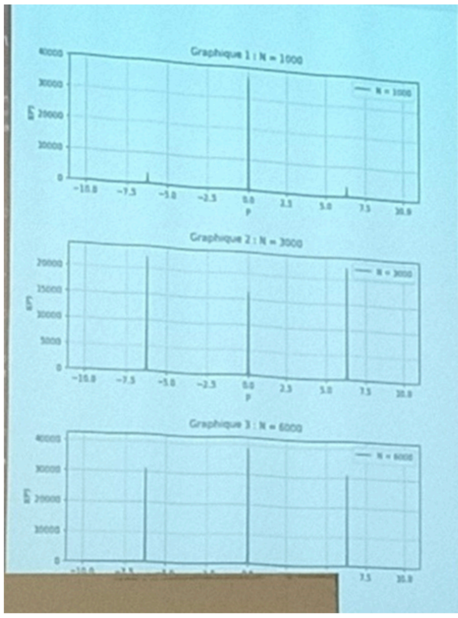


→ Les maximas sont de plus en plus intenses et de plus en plus piqués à mesure que N augmente

On peut tracer sur python l'intensité selon N







Quand on augmente N on voit apparaître le 2e et 3e ordre expérimentalement

Quelle influence a la largeur d'une fente ?

$$I(\Delta\phi) = I_{1\,fente} + I_{N fentes} = I_0\, sinc^2\left(\frac{b}{2a}\Delta\phi\right)\left(\frac{sin(N\Delta\phi/2)}{sin(\Delta\phi/2)}\right)^2$$

Avec b= largeur d'une fente
On voit apparaître le contraste (terme en sinus cardinal)

B. Condition d'analyse spectrale

Comment choisir son réseau pour séparer 2 raies très proches à λ_0 et $\lambda_0 + \Delta\lambda$ tel que $\Delta\lambda_0 \ll \lambda_0$?
a(sinθ-sinθi)=m λ0

$acos\theta d\theta = md\lambda_0 d\theta = m\dfrac{d\lambda_0}{acos\theta}$ en dérivant on a $d(\Delta\phi) = 2\pi/N$ donc $d\theta = \dfrac{\lambda_0}{N a\, cos\theta}$

On résout les deux raies si $\dfrac{\lambda_0}{d\lambda_0} \leq mN$
Equivalent au critère de Rayleigh

Utilisation : spectromètre à réseau
A l'intérieur : réseau qui va diffracter la lumière, séparer les longueurs d'ondes
Autre façon : goniomètre
Calquer ces principes pour d'autres réseaux périodiques comme cristaux et poudres

Titre : **LPO5 – Diffraction par des structures périodiques**

Présentée par : Mohamed TIGRA **Rapport écrit par** : Julien CATALA

Correcteur : Jean Hare **Date** : 03/02/2023

Bibliographie		
Titre	**Auteurs**	**Éditeur**
Cours sur les ondes (polycopié niveau L2 à SU)		

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : L3

Prérequis : Electromagnétisme / Physique des ondes / Optique géométrique

INTRODUCTION (0'00'')

Définition de la diffraction, exemples et aspects historiques.

Expérience qualitative de diffraction par un réseau.

I – DIFFRACTION PAR UN RESEAU (4'30'')

1) CALCUL DE L'INTENSITE (5'00'')

Schéma du dispositif : N fentes séparées d'une distance a/N + onde plane sous incidence normale.

Calcul de l'amplitude complexe de l'onde lumineuse en fonction de l'angle d'observation ϑ.

2) CARACTERISTIQUES DE L'INTENSITE (15'16'')

Intensité maximale pour $\vartheta = 0$ et minima d'intensité pour $\sin(\vartheta) = (n*\lambda)/a$.

Attention, la formule obtenue était un sinus cardinal mais ce n'était pas la bonne formule !

II – DIFFRACTION PAR DES CRISTAUX (24'46'')

1) LONGUEUR D'ONDE DES ELECTRONS (25'30'')

Calcul de la quantité de mouvement des électrons accélérés par la tension U, puis de leur longueur d'onde via la relation de de Broglie.

Expérience qualitative de diffraction des électrons.

2) LOIS DE BRAGG (28'37'')

Etablissement de la loi de Bragg.

CONCLUSION (35'50'')

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

1) Quand est-ce que la diffraction se manifeste ?

Quand la longueur d'onde est du même ordre de grandeur que l'obstacle ou l'ouverture.

2) Peut-on interroger cette affirmation ?

C'est effectivement le cas, mais toute la théorie qu'on utilise pour faire des calculs de diffraction (Huygens-Fresnel) n'est valable que si a est sensiblement grand devant λ (typiquement a > 10 λ).

3) Pouvez-vous expliquer l'intérêt de calculer δ et sa signification ?

Il s'agit de la différence de marche entre deux ondes consécutives observées à l'infini, autrement dit l'écart entre les temps de propagation de celles-ci. Le fait que δ soit constant nous permet de factoriser la somme obtenue et d'obtenir une expression analytique.

4) A quoi correspondent les traits bleus sur votre schéma ?

Ils correspondent aux surfaces d'onde et donc aux surfaces équiphases, ce qui justifie le calcul de δ.

5) Pourquoi y'a-t-il un signe moins devant δ ?

C'est une des deux conventions possibles lorsqu'on utilise la notation complexe. On aurait pu choisir la convention inverse, cela n'aurait pas eu de conséquence sur les grandeurs physiquement mesurables.

6) A quoi correspond ψ ?

Elle correspond à l'amplitude complexe de l'onde lumineuse (modèle scalaire).

7) En quelle unité vous l'exprimeriez ?

Il s'agit d'un champ électrique, elle s'exprime donc en V/m.

8) En mécanique quantique, à quoi correspond la fonction d'onde ψ et quelle est son unité ?

Elle caractérise l'état d'une particule et elle est liée à sa densité de probabilité de présence. Puisque son carré est homogène à l'inverse d'un volume, son unité est le $m^{-3/2}$.

9) La fonction d'onde que vous avez obtenu est-elle périodique ?

Oui elle est périodique.

10) Après le développement limité, est-elle toujours périodique ?

Non elle ne l'est plus.

12) Quelle différence y'a-t-il entre votre expérience et celle de Davisson et Germer ?

L'objet diffractant n'est pas un morceau de cristal mais de la poudre de graphite ici.

13) Vous avez dit que les électrons n'étaient pas relativistes. Quel calcul simple aurait-on pu faire pour le montrer ?

On sait que le facteur γ *est égal à* $E/mc^2 = 1 + T/mc^2$*. On sait par ailleurs que l'énergie de masse des électrons vaut environ 511 keV (en unités naturelles) et que leur énergie cinétique vaut environ 4 keV (U = 4 kV). La conclusion est alors immédiate.*

14) Dans la dernière partie, pourquoi n'avez-vous considéré que deux plans réticulaires ?

C'était juste pour simplifier le raisonnement, mais en réalité il y'en a un très grand nombre.

Commentaires lors de la correction de la leçon

Ca commençait plutôt bien, mais après il y'a eu quelques erreurs.

La plus grosse erreur est probablement le développement limité que vous avez fait et qui conduit à une formule des réseaux inexacte (sinus cardinal au lieu d'un rapport de deux sinus). En faisant ce DL, vous avez perdu la périodicité et donc toute la physique des réseaux.

Il aurait aussi fallu prendre le temps de mieux expliquer les raisonnements et expliciter les hypothèses qui ont été faites (conditions de Fraunhofer par exemple).

Exemples de « passages obligés » sur cette leçon

Titre : **LP O5 Diffraction par des structures périodiques**

Présentée par : Gilles Collette — **Rapport écrit par** : Benoit Beliard

Correcteur : Jean Hare — **Date** : 04/03/2024

Bibliographie		
Titre	**Auteurs**	**Éditeur**
Physique de l'état solide	C.Kittel	Dunod
Optique, fondements et applications	Pérez	Dunod
Tout en un PC/PC*	Sanz	Dunod
Dictionnaire de physique	Taillet	
TP Diffraction		

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : CPGE
Pré-requis : diffraction de Fresnel et de Fraunhofer, optique géométrique, relation de de Broglie

Introduction : expérience : réflexion d'un laser sur un réglet métallique. Mesure de la hauteur de de deux points consécutifs. (Référence : Montages de physique, optique, mécanique, statique des fluides, calorimétrie, Jean Bellier, Christophe Bouly, Daniel Guéant, Dunod)

I Diffraction sur un réseau

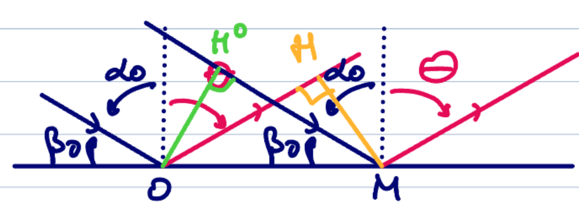
1)Définition d'un réseau

Schéma avec ses trois longueurs caractéristiques : la fente, le pas et la longueur d'éclairement

2)Approximation de Fraunhofer

Formule du réseau dans le cas du réglet.

Schéma



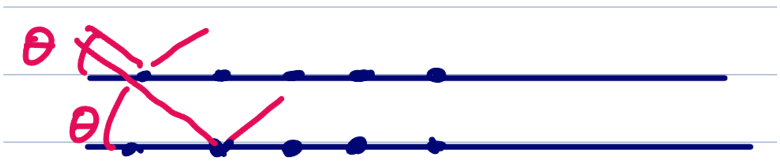
$$MH^o - OH = a(\sin\alpha_0 - \sin\theta)$$

$$a = \frac{n\lambda}{\cos\beta_0 - \cos\beta_1}$$

et calcul du pas du réglet à partir des mesures de l'introduction.

II Diffraction de Bragg

1) Relation de Bragg
Schéma



$$2d\sin\theta\ (theta) = n\,\lambda$$

Ordre de grandeur pour un cristal : il faut des rayons X.

2)Relation de de Broglie

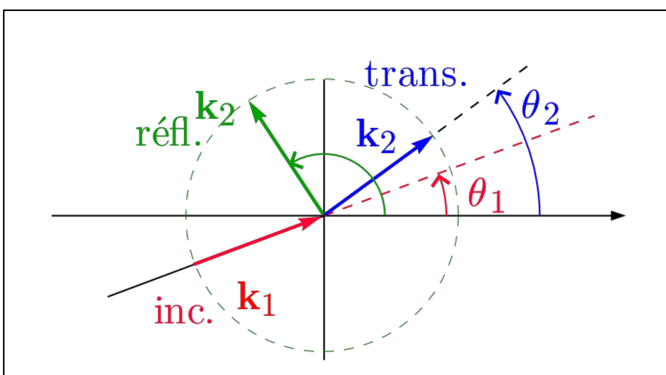
$$p = h/\lambda$$

Electron accéléré par 5kV : 5keV d'énergie cinétique très inférieure à mc^2 = 511keV ⇒ l'électron n'est pas relativiste.
Longueur d'onde de de Broglie : 17pm ⇒ on peut sonder des structures cristallines ⇒ manip de la diffraction des électrons par des cristaux de graphite.
Mesure des anneaux pour retrouver la distance interréticulaire du bon ordre de grandeur

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

<u>Dans l'expérience d'introduction, il y a un écart entre la valeur obtenue et la valeur attendue, d'où vient elle ?</u>
Après réflexions, la mesure de la hauteur était faite à partir du sol alors qu'elle devrait être faite à partir de la hauteur de la table.

<u>Refaite le dessin du réseau en incidence normale puis quelconque, comment orienter les angles ?</u>



Si tous les angles sont orientés dans le sens trigonométrique avec origine sur la normale sortante (contrairement à ce que l'on fait usuellement pour les lois de Snell-Descartes) on a $\delta = a\,(\sin\theta_2 - \sin\theta_1)$ et la loi de réseaux est $\boxed{\sin\theta_1 - \sin\theta_2 = p\lambda/a}$ où $p \in \mathbb{Z}$, aussi bien en transmission (cas $\theta_2 \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$) qu'en réflexion (cas $|\theta_2| > \frac{\pi}{2}$).

Pour un ordre $p = 0$, a soit $\theta_2 = \theta_1$ (transmission simple), ou bien $\theta_2 = \pi - \theta_1$ (réflexion simple).
La convention qui conduit à introduire un plus **+** à la place du moins − correspond à un changement de l'orientation et/ou de l'origine des angles. La convention usuelle pour les lois de Descartes (conisant à $i_{refl} = i_{inc}$) est de plus incohérente avec celle qui donne la lois des réseaux sous la forme on trouve $\delta = a\,(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)$.
Dans les bouquins, on trouve toutes les conventions possibles, faire très attention.

Dans la formule du réseau, n peut être aussi grand qu'on veut ?
Non, à cause du sinus, n est compris entre $-2a/\lambda$ et $2a/\lambda$.

Et si $2a/\lambda$ et plus petit que 1 ?
Il n'y a que l'ordre $p = 0$, donc pas de de diffraction, lumière seulement dans la direction de la réflexion spéculaire (=miroir). ~~Cela correspond à la limite de diffraction.~~ Il est attendu que pour une structure petite devant λ, la lumière ne fasse pas de différence avec un plan continu. Toutefois, ATTENTION, le principe de Huygens-Fresne ln'est valide que pour a signifativement plus grand que quelques λ.

La relation de Bragg est énoncée pour 2 plans réticulaires successifs. Est-ce que la distance entre les atomes à l'intérieur de ces plans joue un rôle ?
Dans ce modèle trop NAÏF non, mais dans la réalité, oui elle joue en fait un rôle ESSENTIEL. On étudie en fait l'interférence non pas entre des *miroirs* mais entre des *réseaux*. La loi de réseaux (plans) doit toujours être vérifiée, et la structure 3D ajoute simplement une condition supplémentaire. On a donc des extinctions si les relations ne sont pas simultanément vérifiées.

Dans l'expérience de la diffraction des électrons, les anneaux sont élargis. Pourquoi ?
La largeur des anneaux dépend de la ~~longueur d'éclairement~~ dimension sur laquelle on éclaire de façon cohérente. Comme les cristaux sont petits, cette longueur est faible et donc en passant à la transformée de Fourier (Fraunhofer), la largeur est grande.

Commentaires lors de la correction de la leçon

Il est satisfaisant d'avoir régulièrement des ordres de grandeur et de voir 2 expériences (toutefois , améliorer leur exploitation). En leçon une expérience bien exploitée vaut mieux que deux au détriment de la qualité et/ou de la théorie.
Sur ce plan, il me semble que cette leçon reste à un niveau un peu trop élémentaire.
Bien sûr en CPGE, la TF et le produit de convolution ne sont pas au programme et on ne peut pas tout faire bien, mais il faut quand même aller dans ce sens (A moins ce placer au niveau L3, si on maîtrise).
Pour la partie sur le réseau plan, il ne faudrait pas de limiter à la loi des réseaux, mais on peut (et je pense, on doit) exhiber la fonction des réseaux : $\sin(N\phi/2)/\sin(\phi/2)$ où $\phi = 2\pi a\, x'/\lambda D$,
dans lequel x' est une coordonnée sur l'écran et $\mathrm{D} \gg$ a la distance entre le réseau et l 'écran (tels que $x'/D = \tan\theta \approx \theta$), et montrer manuellement la factorisation de cette fonction (facteur de forme) et le figure de diffraction d'une fente individuelle (facteur de structure).

Pour le réseau 3D, il est naturel et simple de traiter la loi de Bragg (à condition de l'interpréter correctement) mais il faudrait aller jusqu'à la construction de Bloch—Von Laue. Pour ce faire sans se compliquer la vie avec la structure du réseau réciproque, on peut se limiter à un réseau cubique.

Exemples de « passages obligés » sur cette leçon

- Pour voir dispersif et limite de résolution diffractive d'un spectro à réseau
- Montage de Littrow
- Réseau blasé, et réseau à échelette
- Miroir de Bragg

Titre : LP05 Diffraction de structures périodiques

Elément imposé : Présenter le spectromètre à réseau

Présentée par : Rudi VOGLER **Rapport écrit par** : Aurélie BERGEM

Correcteur : Jean Hare **Date** : 10/02/2025

Bibliographie		
Titre	**Auteurs**	**Éditeur**
Cours de physique générale : Optique	**G. Bruhat**	**Masson (6e édition)**
Optique MP-PC-PSI-PT	P.BRENDERS & M. SAUZEIX	Bréal, les nouveaux précis
Optique : Une approche expérimentale et pratique	S. HOUARD	De Boeck

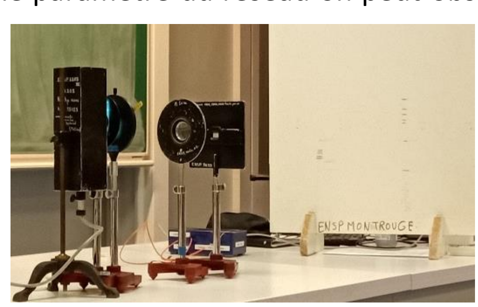
Compte-rendu détaillé de la leçon

Pas de photographies de brouillons ! Le compte-rendu doit être rédigé, pour que l'enseignant puisse corriger si nécessaire.

Niveau choisi pour la leçon **: Licence**

Pré-requis **:**
- **Principe de Huygens-Fresnel**
- **Diffraction à l'infini**
- **Optique géométrique**
- **Fentes d'Young**

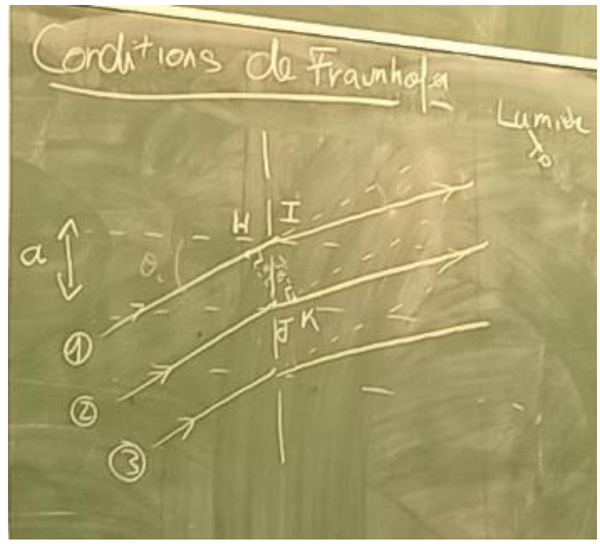
Présentation manip :
Lampe à mercure, condenseur, fente, lentille, réseau, Ecran
On voit des raies de différentes couleurs, en changeant le paramètre du réseau on peut observer des ordres supérieurs
C'est la diffraction de la lumière par un réseau
Réseau= plein de fentes espacées d'un pas



I / Réseau de diffraction

A] Principe

Définition : Pupille composée de <u>N pupilles diffractantes</u> <u>régulièrement</u> espacées d'une distance a appelée <u>pas du réseau</u>



→ Permet une analyse spectrale de la lumière

n=1/a le nombre de traits/mm

pour le montage : similaire aux fentes d'young

On se place dans les conditions de Fraunhofer

Lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0

B] Relation fondamentale

Différence de marche
δ= JK-HI=a $\sin(\theta)$-a$\sin(\theta_i)$

on a la même différence de marche entre deux fentes successives

$\Delta\phi = k\delta = 2\pi\delta/\lambda_0 = m2\pi$ pour des interférences constructives
$a(\sin(\theta)-\sin(\theta_i))=m\lambda_0$

On réécrit
$\sin(\theta) = m\lambda_0/a + \sin(\theta_i)$

Si m=0 → $\sin\theta=\sin\theta_i$, $\theta=\theta_i$ la lumière incidente n'est pas déviée
m ≠ 0 la position du maximum d'intensité dépend de λ_0
➔ Système optique dispersif
$-1 \leq \sin\theta \leq 1$
$\Rightarrow -\frac{a}{\lambda_0}(1+\sin\theta) \leq m \leq \frac{a}{\lambda_0}(1-\sin\theta)$
$\Rightarrow -a/\lambda_0 \leq m \leq a/\lambda_0$

Exemple : pour un laser λ_0=632 nm, pour n=140 traits/mm
a=7 µm => $-11 \leq m \leq 11$
on observe 23 ordres différents

C] Intensité diffractée par le réseau

Numérotons les fentes de 1 à N, en prenant *1* la référence pour notre retard de phase
Donc *2* présente un retard de phase $\Delta\phi = k\delta = 2\pi a(\sin(\theta)-\sin(\theta i))/\lambda_0$

3	$2\Delta\phi$
…	…
N	$(N-1)\Delta\phi$

Les amplitudes complexes s'écrivent

$\underline{Em_1} = Em_0$
$\underline{Em_2} = Em_0\, e^{-i\Delta\phi}$
$\underline{Em_3} = Em_0\, e^{-i2\Delta\phi}$

Sommons toutes les amplitudes

$\underline{E_m} = E_{m0} \sum_{p=1}^{N} e^{-(p-1)\Delta\varphi}$
$\underline{E_m} = E_{m0} \frac{1-e^{-iN\Delta\varphi}}{1-e^{-i\Delta\varphi}}$
$\underline{E_m} = E_{m0} e^{-i(N-1)\Delta\varphi} \frac{sin(N\Delta\varphi/2)}{sin(\Delta\varphi/2)}$

L'intensité s'écrit

$$\boxed{I(\Delta\varphi) = \underline{E_m E_m{}^*} = E_{m0}{}^2 \left(\frac{sin(N\Delta\varphi/2)}{sin(\Delta\varphi/2)}\right)^2}$$

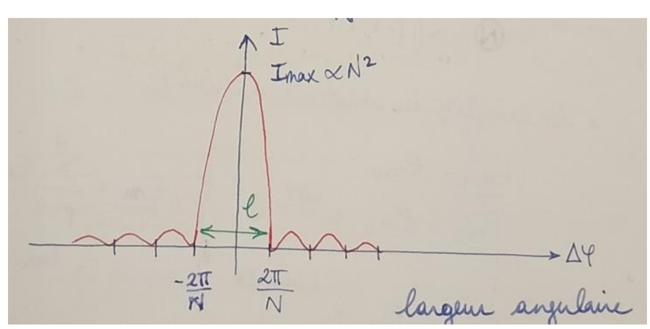
II / Exploitation de la diffraction du réseau

A] Répartition angulaire de l'intensité

La fonction $I(\Delta\phi)$ est 2π-périodique et paire
On va étudier $[0,\pi]$
Aux bornes $\Delta\phi \rightarrow 0$ $I \rightarrow Em_0{}^2 N^2$
$\Delta\phi = 0 \Leftrightarrow I(\pi)=0$ si N pair
$I(\pi) \neq 0$ si N impair

$I(\Delta\phi)=0 \Leftrightarrow \sin(N\,\Delta\phi/2)=0 \Leftrightarrow N\,\Delta\phi/2 = p\pi$
$\Delta\phi = p2\pi/N$

Si $\sin(\Delta\phi/2)=0$
On a l'allure suivante

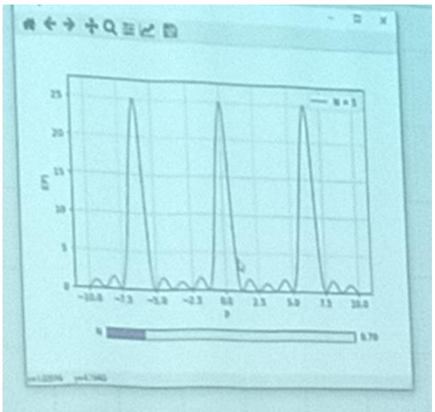
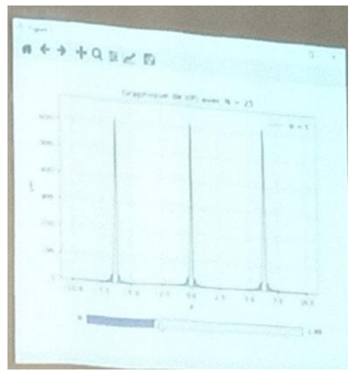
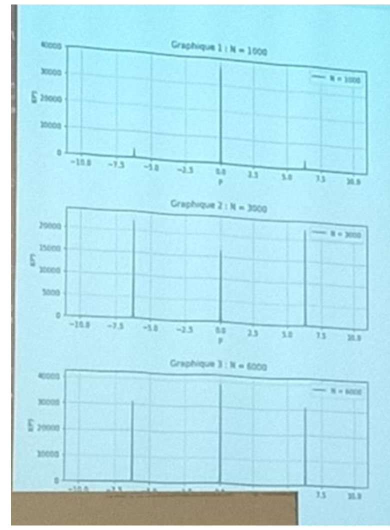


On appelle la largeur angulaire $L = 2*2\pi/N$

On a I_{max} proportionnel à N^2
Et $\Delta(\Delta\phi)$ proportionnel à $1/N$

➔ Les maximas sont de plus en plus intenses et de plus en plus piqués à mesure que N augmente

On peut tracer sur python l'intensité selon N

Quand on augmente N on voit apparaître le 2e et 3e ordre expérimentalement

Quelle influence a la largeur d'une fente ?

$I(\Delta\phi)=I_{1fente}+I_{Nfentes}= I_0 sinc^2(\frac{b}{2a}\Delta\varphi)(\frac{sin(N\frac{\Delta\varphi}{2})}{sin(\frac{\Delta\varphi}{2})})^2$

Avec b= largeur d'une fente
On voit apparaître le contraste (terme en sinus cardinal)

B] Condition d'analyse spectrale

Comment choisir son réseau pour séparer 2 raies très proches à λ_0 et $\lambda_0+\Delta\lambda_0$ tel que $\Delta\lambda_0 << \lambda_0$?

$a(\sin\theta-\sin\theta_i)=m\,\lambda_0$

- $a\cos\theta\, d\theta=m\, d\lambda_0$ $d\theta = m\frac{d\lambda_0}{a\cos\theta}$ en dérivant

on a $d(\Delta\phi)=2\pi/N$ => $d\theta = \frac{\lambda_0}{N\ a\ cos\theta}$ => on résout les deux raies si $\frac{\lambda_0}{d\lambda_0} \leq mN$

Equivalent au critère Rayleigh

Utilisation : spectromètre à réseau
A l'intérieur : réseau qui va diffracter la lumière, séparer les longueurs d'ondes

Autre façon : goniomètre
Calquer ces principes pour d'autres réseaux périodiques comme cristaux et poudres

Expérience(s) réalisée(s) :

- *Manip : dispersion en lumière polychromatique_spectroscopie à réseaux*
  Référence : HOUARD p.320

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

C'est au binôme de prendre en note les questions posées par l'enseignant. Et autant que possible de prendre en note les **bonnes** réponses (donc pas nécessairement celles données par l'étudiant au tableau)

L'enseignant pourra compléter les questions et bien sûr les réponses.

Merci de respecter le format ci-dessous autant que possible.

Question : Que sont les « couleurs élémentaires » qu'on voit ?

Réponse : les couleurs du spectre de la lumière

Question : Qu'est-ce qui explique/limite la largeur des taches dans l'expérience ?

Réponse : largeur spectrale des raies, la largeur angulaire est liée au nombre de trait par mm, l'ouverture de la fente vient réduire l'étalement mais on perd en luminosité

Question : Choix des lentilles ?

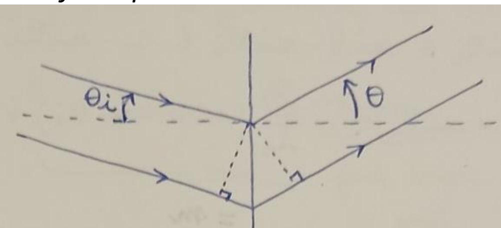
Réponse : On veut avoir la diffraction de Fraunhofer et donc des rayons parallèles, lentille à courte focale

Question : Si on enlève le réseau où est l'image ?

Réponse : sur l'écran, on ne focalise pas sur le réseau mais sur l'écran à travers le réseau

Question : Loi des réseaux, comment oriente-t-on les angles ? et donc quid du signe ?

Réponse : ϑ_i défini à partir de la normale au réseau



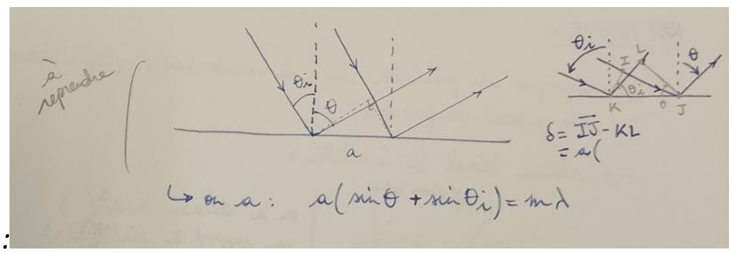
↳ on somme les deux différences de marche

↳ on a : $a(\sin\theta - \sin\theta_i) = m\lambda$

Question : choix des points pour le calcul de la loi des réseaux ?

Réponse : H et J sont sur un même front d'onde ou plan équi-phase, de même pour I et K, I et J sont sur le réseau
 # ne pas dire « au même instant » mais on a effectivement des points en phase

Question : réseau en réflexion : est-ce que la réflexion se fait toujours avec un angle qui se conserve ?

Réponse : 

Question : comment s'appelle le nombre m ?

Réponse : l'ordrede diffraction, c'est-à dire le numéro des maxima principaux

Question : encadrement de l'ordre d'interférence : éclaircir (erratum)

*Réponse : on ajoute -sin(ϑi) puis *a, on fait apparaître $m\lambda_0$*

Question : quelle hypothèse sur θi ?

Réponse : incidence normale

Question : Refaire le calcul sur le nombre d'ordres visibles

Réponse : $-1 \leq \sin\theta \leq 1$

$-1-\sin\theta_i \leq \sin\theta - \sin\theta_i \leq 1-\sin\theta_i$

$-a/ \lambda_0 (1+\sin\theta_i) \leq a/ \lambda_0 (\sin\theta-\sin\theta_i) \leq a/ \lambda_0 (1-\sin\theta_i$

$=m$

Question : pourquoi on met un – en argument de la phase ?

Réponse : une question de convention

Question : que désigne Em_1 ?

Réponse : en fait il ne sert à rien de préciser m

Question : I(Dphi) 2π-périodique ou π-périodique ?

Réponse : plutôt π-périodique

Question : que veut dire des pics « resserés » ?

Réponse : attention ça peut vouloir dire des pics fins ou rapprochés entre eux : imprécis

Question : quand on change N comment évolue la position des ordres ?

Réponse : on sépare plus les ordres

Commentaires lors de la correction de la leçon

Le binôme prend en note les commentaires de l'enseignant liés au contenu de la leçon : choix des thématiques abordées, plan choisi, notions hors-programme, expériences, respect du format de la leçon. **L'enseignant ajoute ou modifie abondamment des commentaires à posteriori.**

Les commentaires relatifs à la prestation de l'étudiant (rapidité, élocution, enthousiasme, niveau disciplinaire, etc.) sont à remplir sur la fiche « Évaluation » par l'enseignant, qui sera mis à disposition de l'étudiant passé à l'oral uniquement.

- Manque de précision sur le vocabulaire (traduit des confusions)

- Ouverture : on peut parler de diffractions par d'autres structures périodiques, pour d'autres ondes que la lumière (diffraction de Bragg des rayons X), du réseau blazéà l'échelette

- On doit faire apparaître l'idée que si notre pupille diffractante est décrite par le produit de convolution entre une fonction de structure (répétition tous les a, dirac) et une fonction de forme (fente de largeur b, porte) alors la figure de diffraction, c'est-à-dire la transformée de Fourier, sera le produit d'un terme d'interférence à N fentes et du terme de diffraction d'une fente (sinc²)

Exemples de « passages obligés » sur cette leçon