

LPS20 Diffraction par des structures périodiques

R. de Guiran - A.Pricoupenko

Niveau : L2

Commentaires du jury

Commentaires du jury

- 2017 : Il faut traiter de diffraction par des structures périodiques et pas seulement d'interférences à N ondes.
- 2015 : Il est important de bien mettre en évidence les différentes longueurs caractéristiques en jeu.
- 2012, 2013, 2014 : Cette leçon donne souvent l'occasion de présenter les travaux de Bragg; malheureusement, les ordres de grandeur dans différents domaines ne sont pas toujours maîtrisés.
- 2009, 2010 : La notion de facteur de forme peut être introduite sur un exemple simple. L'influence du nombre d'éléments diffractants doit être discutée.
- 2008 : Diffraction par des structures périodiques dans différents domaines spectraux.
- 2007 : Le jury souhaite que la diffraction d'ondes autres que les ondes électromagnétiques soit envisagée. C'est pourquoi l'intitulé 2008 précise dans différents domaines de la physique.
- 2005 : On peut admettre que l'expression mathématique du principe de Huygens-Fresnel est acquise, ainsi que son application au cas d'une ouverture unique, plus particulièrement d'une fente fine.
- 2004 : Il faut veiller au bon équilibre de l'exposé : il est inutile de faire l'étude de la diffraction de Fraunhofer qui doit être supposée connue et il est souhaitable de consacrer plus de cinq minutes à l'étude de la diffraction des rayons X par les cristaux par exemple.
- 2003 : La leçon ne peut pas se limiter à une étude du réseau plan en optique. Il faut donc pouvoir dégager les idées importantes assez rapidement pour pouvoir passer à l'étude d'autres domaines.
- 2002 : Cette leçon doit être illustrée expérimentalement de manière efficace. Le pouvoir de résolution d'un réseau est toujours présenté, mais la détermination de son expression théorique pose systématiquement des problèmes aux candidats.

Prérequis

- Principe de Huygens-Fresnel
- Diffraction de Fraunhofer
- Transformée de Fourier
- Matière condensée (cristallographie)
- Longueur d'onde de De Broglie

Expériences

- ☞ **Mesure du pas d'un réseau** avec lampe Hg, goniomètre et réseau. Ou inversement mesure d'une longueur d'onde connaissant le pas du réseau.

Bibliographie

Optique, **Houard**

→ très bien pour le cours, un peu moins pour le calcul des fentes

Optique, **Perez**

→ Moins bien que le Houard mais le calcul des fentes est bien

Physique des solides, **Aschcroft**

→ Diffraction par rayons X

optique physique, **Taillet**

→ Plein d'infos et de figures intéressantes

TD d'optique, **Clément Sayrin**

→ TD montrouge au top <http://www.lkb.upmc.fr/cqed/teaching/teachingsayrin/>

Remarque

Niveau : la diffraction n'est plus faite en prépa. A priori difficile de ne pas mettre la leçon niveau L3, d'autant que le jury semble attendre qu'on ne parle pas que des réseaux...

A Lyon la formule des réseaux est donnée avant le calcul de l'intensité diffractée... pas convaincu de la logique, on part sur le début de leçon de Hugo Roussi de Montrouge.

Leçon inspirée de : H.Roussi, B.Monnet, Tristan et Julie, Sylvio

Préliminaire : intensité diffractée par un ensemble de structures

• Schéma à faire ou à projeter

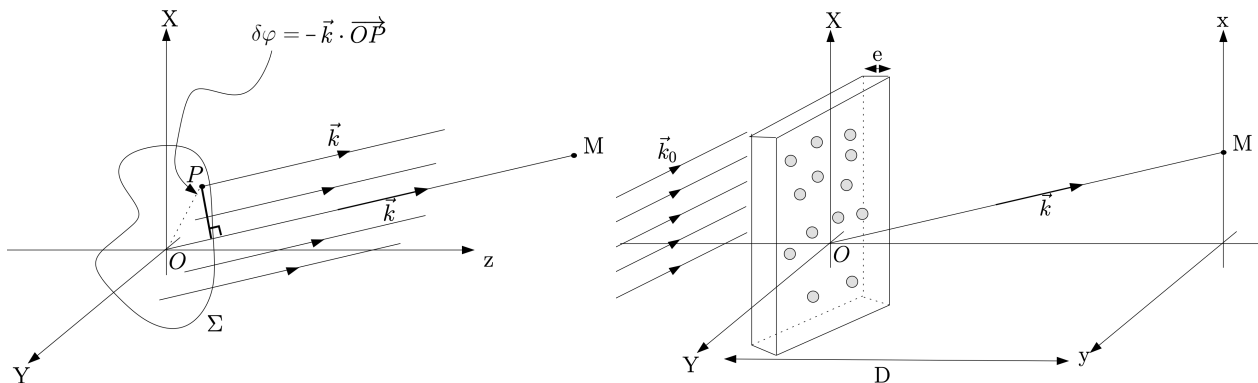


FIGURE 1 – Crédit : Clément Sayrin (LKB)

• Hypothèses

- Structures diffractantes identiques. Chaque structure est s'obtient par **translation** d'une structure de référence (arbitraire).
- OPPH de vecteur d'onde $\vec{k}_0$ incidente
- direction émergente $\vec{k}$ (notation $\Delta \vec{k} = \vec{k} - \vec{k}_0$)
- Approximation de Fraunhofer valide

→ dérouler le calcul de Montrouge (TD diffraction 1) et arriver à :

$$I(M) = I_0 \underbrace{\left| \sum_m e^{-i\Delta \vec{k} \cdot \vec{R}_m} \right|^2}_{|S|^2} \underbrace{\left| \int_{\Sigma} t_0(\delta \vec{r}) e^{-i\Delta \vec{k} \cdot \delta \vec{r}} d\Sigma \right|^2}_{|F(M)|^2}$$

où $S(M)$ (ie $S(\vec{k})$) se nomme le facteur de structure et $F(M)$ (ie $F(\vec{k})$) est le facteur de forme.

Transition

Calcul un peu indigeste mais très général. On va l'appliquer à un réseau 1D

1 Réseau unidimensionnel

- Ref : → Perez Ch18 p221 et p355
- On considère → **schéma qui va bien**
 - N motifs régulièrement espacés
 - position de chaque motif $\vec{R}_m = m\vec{a}$ avec $m \in [-n, n]$
 - $N = 2n + 1$
 - on pose $\phi = \Delta \vec{k} \cdot \vec{a}$

1.1 Formule des réseaux en transmission

- On s'intéresse ici au **facteur de structure**.

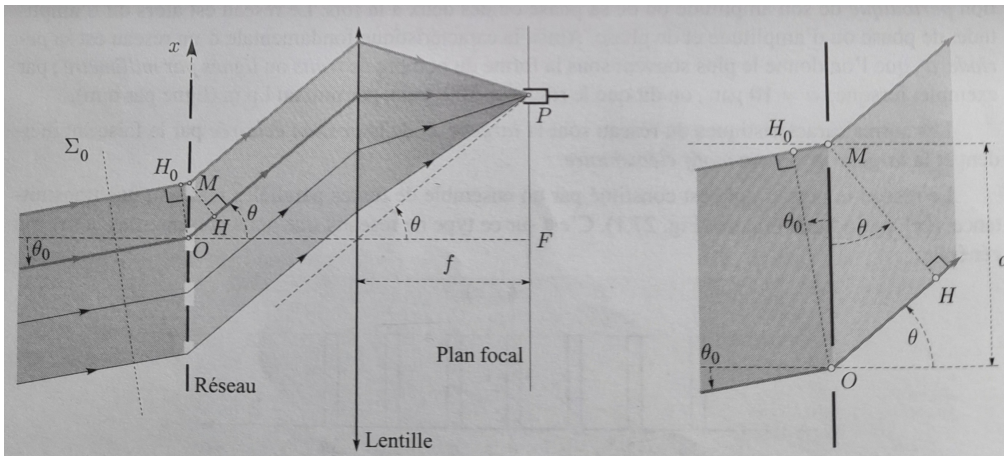


FIGURE 2 – Crédit : J-P.Perez Optique

- La figure (à projeter ou dessiner) montre bien que ϕ correspond au déphasage entre les rayons convergeant sur le capteur et qui sont issus de 2 motifs "consécutifs". Il peut aussi s'écrire $\frac{2\pi}{\lambda}a(\sin \theta - \sin \theta_0)$ (ça doit commencer à vous rappeler qqch). Pour S on a :

$$S = \sum_{m=-n}^n e^{-im\phi} = e^{-in\phi} \sum_{m=0}^{N-1} e^{-im\phi} = e^{-in\phi} \frac{1 - e^{-iN\phi}}{1 - e^{-i\phi}}$$

ce qui donne :

$$|S|^2 = \frac{1 - \cos(\phi)}{1 - \cos(N\phi)} = \underbrace{\left(\frac{\sin(N\phi/2)}{\sin(\phi/2)} \right)^2}_{R(\phi)}$$

où $R(\phi)$ contient l'information du réseau et vérifie :

- $R(\phi)$ max pour $\phi = 0 [2\pi]$ ce qui équivaut à $\sin \theta - \sin \theta_0 = \frac{p}{a}$ c'est qui correspond à la formule des réseaux ! **Le facteur de structure traduit la condition d'interférence constructive entre les structures (identiques) du réseau.**
- largeur d'un pic : possibilité de chercher le premier zéro autour d'un pic d'intensité.

1.2 Formule des réseaux

1.3 Les réseaux de fentes

Types de réseaux : il en existe 2 types

- Réseau de phase

Conclusion

Compléments

Questions

- Question 1 : Réponse 1.
- Question 2 : Réponse 2.

Commentaires

-