Diffraction par des structures périodiques

Plan de la présentation

Prérequis

- Interférence à deux ondes / N ondes
- Diffraction de Fraunhofer
- Transformée de Fourier
- Cristallographie (réseau direct, réseau réciproque. . .)

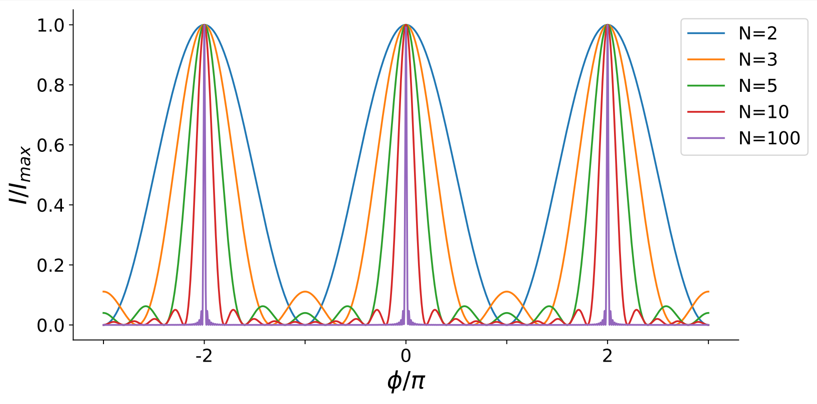
Sommaire

- Diffraction par un réseau
- Utilisation d'un réseau en spectrométrie
- Réseau blazé
- Diffraction cristalline

Diffraction par un réseau : interférence a N ondes

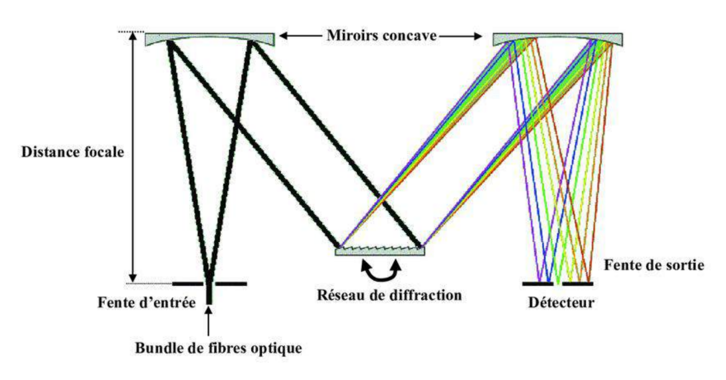
N ondes déphase de ϕ et d'amplitude $\underline{A}_0$:

$$\underline{A} = \underline{A}_0 \sum_{m=0}^{N-1} \exp(im\phi) \propto \frac{\sin(\phi N/2)}{\sin(\phi/2)} \qquad I = I_0 N^2 \left(\frac{\sin(\phi N/2)}{N \sin(\phi/2)}\right)^2$$



Applications: monochromateur

Un monochromateur est un dispositif optique qui sélectionne une seule longueur d'onde (ou une bande étroite de longueurs d'onde):



Une fente de sortie mobile ou un détecteur positionné permet de capter seulement une longueur d'onde à la fois.

Réseau blazé

Un réseau blazé permet d'éviter la dispersion de la lumière sur plusieurs ordres (et notamment le pic de luminosité à l'ordre 0) et augmente la sensibilité du spectromètre par rapport à un spectromètre qui fonctionnerait avec un réseau "classique".

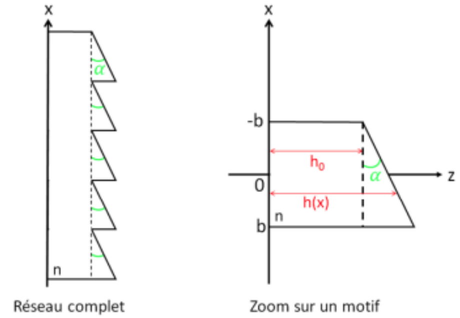
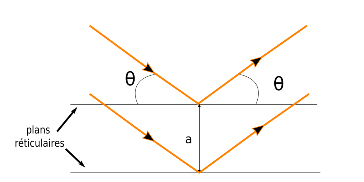


FIGURE 4 – *Réseau blasé*

Diffraction cristalline : formulation de Bragg

Bragg suppose en 1913 que la lumière incidente se réfléchit sur les plans réticulaires.

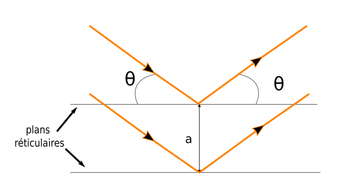


Condition de Bragg: Les interférences sont constructives dans la direction où:

$$\delta = 2d\sin(\theta) = p\lambda$$

Diffraction cristalline : formulation de Bragg

Bragg suppose en 1913 que la lumière incidente se réfléchit sur les plans réticulaires.



Condition de Bragg: Les interférences sont constructives dans la direction où:

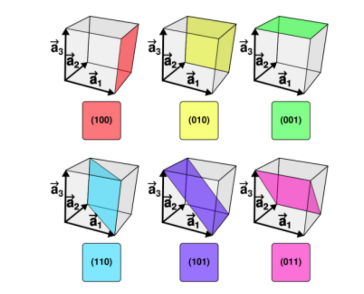
$$\delta = 2d\sin(\theta) = p\lambda$$

- Dans un cristal, la distance interatomique typique est de l'ordre de quelques angströms, et il faut $\lambda \approx d$
- Il faut donc utiliser des rayons X ($\lambda \approx$ angström)
- La répartition des pics de diffraction permet de remonter à d
- Pour cela, on peut faire varier λ ou l'angle d'incidence θ

Diffraction cristalline: réseau de Bravais

On définit le réseau de Bravais $\vec{R} \subset \mathbb{R}^3$ comme l'ensemble des vecteurs :

$$\vec{R} = n_1\vec{a}_1 + n_2\vec{a}_2 + n_3\vec{a}_3, \quad \text{avec } n_i \in \mathbb{Z} \quad \text{et} \quad (\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3) \quad \text{base de } \mathbb{R}^3.$$



Formulation de von Laue

Von Laue ne fait pas d'hypothèses sur les plans réticulaires mais stipule que deux atomes voisins vont réfléchir l'onde incidente.
La condition vectorielle d'interférences constructives est:

$$\vec{a}_1 \cdot (\vec{k} - \vec{k_0}) = \delta \frac{\pi}{\lambda}$$

On a noté $\vec{a}$ le vecteur reliant deux atomes voisins et $\vec{k_0}$ et $\vec{k}$ les vecteurs d'ondes des ondes incidentes et réfléchies.
Or $\vec{a} \in (RD)$, on peut donc étendre la relation à tout $\vec{R} \in R$

$$\vec{R} \cdot (\vec{k} - \vec{k_0}) = p\pi$$

On reconnaît la définition du réseau réciproque (RR), d'où (condition de Von Laue):

$$\vec{k_0} - \vec{k} = \vec{G} \in RR$$

Réseau réciproque

On définit le réseau réciproque (RR) comme l'ensemble des vecteurs $\vec{G}$ tels que :

$$e^{i\vec{G}\cdot\vec{R}} = 1 \quad \text{pour tout } \vec{R} \in R$$

Les vecteurs du réseau réciproque s'écrivent :

$$\vec{G} = m_1\vec{b}_1 + m_2\vec{b}_2 + m_3\vec{b}_3, \quad \text{avec } m_i \in \mathbb{Z}$$

Les vecteurs $\vec{b}_i$ sont définis à partir des $\vec{a}_i$ de telle sorte que :

$$\vec{a}_i \cdot \vec{b}_j = 2\pi\delta_{ij}$$

où δ_{ij} est le symbole de Kronecker.