

TP 16 : Mesure de paramètres de mailles grâce à l'optique ondulatoire

Les points du programme :

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser et caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes.
- Utiliser les sources laser de manière adaptée.

Contexte

En 1801, au cœur de la controverse sur la nature de la lumière (onde ou particules ?), le scientifique britannique Thomas Young réalise une expérience historique en faveur de la nature ondulatoire de celle-ci. Cette expérience consiste à faire se superposer deux faisceaux de lumière issus d'une même source, en les faisant passer à travers deux ouvertures et en observant le résultat sur un écran.

Un peu plus d'un siècle plus tard, en 1912, le physicien allemand Max von Laue utilise le principe des interférences pour mesurer l'espacement entre les atomes des cristaux.

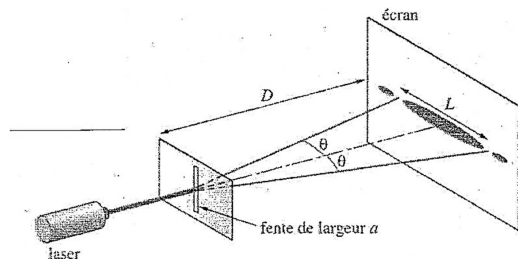
Problématique

Comment les interférences peuvent permettre de déterminer le paramètre de maille d'un cristal ?

1. Mise en évidence du phénomène d'interférences (Approche qualitative)

Protocole :

- Réaliser le montage suivant en utilisant un laser rouge ($\lambda = \dots\dots\dots$ nm) avec $D = 150$ cm. Utiliser la diapo « fentes simples » et prendre la dernière fente après la plus petite ($a = 70 \mu\text{m}$).



- Relever l'allure de la figure obtenue sur l'écran.
- Remplacer la fente simple par des fentes d'Young (dont la largeur est la même que celle de la fente simple) ayant l'écartement le plus petit possible.
- Relever l'allure de la figure obtenue sur l'écran pour les fentes d'Young.

Questions :

- Q1.** Quel phénomène est responsable de la figure obtenue avec la fente simple ?
- Q2.** Quelle(s) différence(s) constate-t-on lors de l'utilisation de fentes doubles ?

2. Influence de l'écartement des fentes

La distance séparant les milieux de deux franges sombres consécutives est appelée l'interfrange i .

On a montré dans le SF6 que l'interfrange pouvait se calculer à partir de la distance D entre les fentes et l'écran, la longueur d'onde λ de l'onde utilisée et l'écartement e entre les fentes :

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{e}$$

Protocole :

- Reprendre le montage précédent avec $D = 150$ cm et déterminer le plus précisément possible l'interfrange i pour trois valeurs différentes de l'écartement e entre les fentes.

Écartement e (en)			
Interfrange i (en)			
Inverse de l'écartement $1/e$ (en)			

Questions :

- Q3.** La relation théorique est-elle en accord avec vos points ? Justifier à l'aide d'une courbe bien choisie et d'une modélisation à l'aide de Python (programme à récupérer sur cahier de prépa).
- Q4.** En déduire une estimation de la valeur de la longueur d'onde. Est-elle en accord avec la valeur indiquée sur le laser ?

3. Etude d'un réseau

Un réseau est un support transparent sur lequel sont gravés des traits parallèles et équidistants. Ces traits parallèles se comportent comme des fentes : éclairés par un laser de longueur d'onde λ , ils donnent une figure d'interférence. Le pas du réseau, noté e , est la distance entre deux traits consécutifs. Le fabricant indique souvent nombre de traits par millimètre. On peut montrer que la distance x entre deux tâches sur un écran situé à une distance D est approximée par la relation :

$$x = \frac{\lambda \cdot D}{e}$$

- Proposer un protocole permettant de déterminer le pas du réseau.
- Après validation par l'enseignant, mettre en œuvre ce protocole.

Questions :

- Q5.** Le réseau est le plus souvent caractérisée par une valeur en traits/mm. Donner la relation entre le pas théorique du réseau e_{theo} et le nombre de traits par millimètre indiqué par le fabricant (vous pouvez vous aider d'un schéma). Quel devrait être le pas e_{theo} du réseau que vous avez utilisé ?
- Q6.** La valeur obtenue grâce à la mesure est-elle conforme à la donnée fournie par le fabricant ? La longueur d'onde du laser a une incertitude-type de 3 nm.

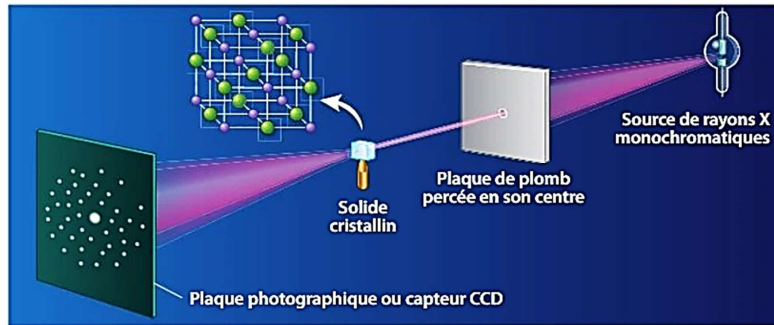
Pour rappel : la **loi de propagation des incertitudes** qui permet de calculer l'incertitude-type $u(m)$ d'une grandeur issue d'un calcul du type $m = \frac{n \cdot o}{p}$:

$$\frac{u(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{u(n)}{n}\right)^2 + \left(\frac{u(o)}{o}\right)^2 + \left(\frac{u(p)}{p}\right)^2}$$

- Q7.** Lorsque de la lumière blanche est envoyée sur un réseau, celui-ci décompose la lumière comme le ferait un prisme. Comment expliquer ce phénomène ?

4. Retour sur la problématique

La **radiocristallographie** utilise des rayons X afin de mesurer les paramètres de maille des cristaux grâce aux figures d'interférences. Les différents plans atomiques jouent ici le rôle des traits du réseau.



Questions :

- Q8.** Sachant que les plans atomiques sont en général séparés de moins de 1 nm, pourquoi n'est-il pas envisageable d'utiliser les lasers disponibles lors du TP ?
- Q9.** Pourquoi faut-il avoir recours à des rayons X ?

Pour aller plus loin

Interférences :

<https://www.youtube.com/watch?v=zPolTp0ddRg> (jusqu'à 7 minutes au moins !)

Diffraction des rayons X (en anglais sous-titré) :

<https://www.youtube.com/watch?v=QHMzFUo0NL8>