

Travaux Pratiques N°6

La transformée de Fourier en optique

On se propose d'étudier la diffraction de la lumière dans les conditions dites de Fraunhofer où le champ diffracté est la transformée de Fourier de la transparence de l'objet diffractant. L'œil étant sensible à l'intensité lumineuse on observe sur l'écran le module au carré du champ, et donc de la transformée de Fourier. Pour être dans les conditions de Fraunhofer, il faut soit observer à l'infini, soit dans le plan de l'image géométrique de l'objet source par un système de lentille.

Le TP commence par des expériences déjà réalisées dans d'autres UE, la réalisation devra être rapide mais l'attention devra être portée surtout sur l'interprétation qui devra être soignée et bien préparée avant la séance.

1. Diffraction par un objet simple

1.1 Diffraction par une fente :

On utilisera comme source une diode laser dont le faisceau est élargi. On fait converger le faisceau sur un écran blanc avec une lentille. En réalisant cette image sur l'écran on se met dans les conditions de Fraunhofer pour la diffraction. Interposer une fente fine sur le trajet du faisceau lumineux et observer la figure de diffraction.

- Faire le schéma de l'expérience.
- Rappeler l'expression de l'intensité diffractée sur l'écran en définissant les paramètres utilisés.
- Quelle est la fonction transparence dont la transformée de Fourier a comme module au carré cette expression ?
- Mesurer sur l'écran la taille de la tache centrale et des taches latérales. En déduire la largeur de la fente diffractante et comparer avec les caractéristiques de la fente diffractante.

1.2 Propriétés de la transformée de Fourier

Pour toutes les questions de cette partie, faire l'étude expérimentale puis justifier votre réponse en utilisant la transformée de Fourier.

- Comment varie la figure de diffraction quand on ferme la fente ?
- Comment varie la figure de diffraction quand on translate la fente dans son plan ?
- On remplace la fente par un cheveu, expliquer la figure obtenue.

2. Diffraction par des objets circulaires

2.1 Diffraction par un trou

On reprend la même expérience que précédemment en remplaçant la fente par un trou. Observer et décrire la figure obtenue. Elle est dite figure d'Airy.

- Mesurer le diamètre de la tache centrale d_T .
- Estimer le rapport $\frac{d_T d}{\lambda D}$, où λ est la longueur d'onde de la lumière, D la distance objet diffractant-écran et d le diamètre du trou.

2.2 Diffraction par des spores de lycopode

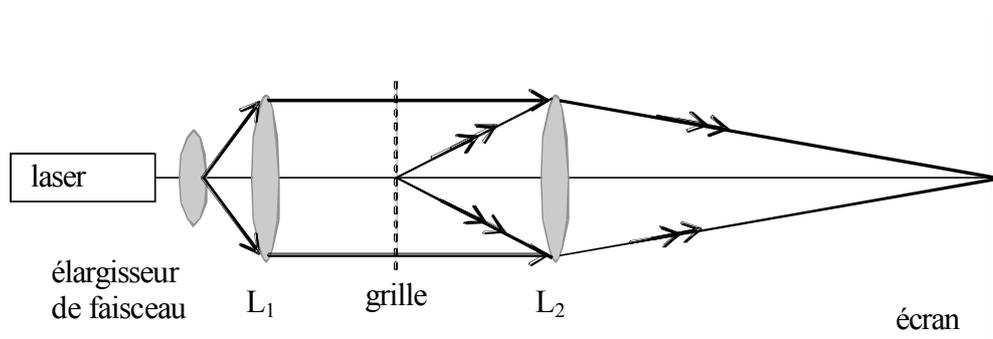
Ce sont les spores d'une mousse qui ont la particularité d'avoir une dimension bien déterminée et une forme à peu près circulaire. On réalise donc la diffraction par un grand

nombre d'objets identiques en répandant sur une lame de microscope un peu de poudre de lycopode (prendre soin de souffler sur la lame avant de mettre la poudre pour que la buée fasse adhérer la poudre, éliminer l'excès de poudre).

- Comparer la figure obtenue à la figure précédente.
- Utiliser la transformée de Fourier pour expliquer pourquoi on observe une figure semblable à celle de la diffraction par un trou.
- Dédire des caractéristiques de la figure de diffraction la taille d'un spore de lycopode.
- Comparer cette situation à celle de la diffraction par un réseau (grand nombre d'objets identiques répartis régulièrement).

3. Expérience d'Abbe : filtrage

On réalise le montage suivant :



Elargir le faisceau du laser avec l'élargisseur puis ajouter une lentille L_1 de manière à réaliser un faisceau parallèle. Eclairer une grille (fine mais dont le pas est visible à l'œil) avec ce faisceau. Réaliser avec la lentille L_2 l'image de cette grille sur l'écran placé le plus loin possible pour avoir une grande image. Ne plus déplacer cet écran.

Utiliser le petit écran portatif pour localiser le plan où se trouve la transformée de Fourier de la grille, dit « plan de Fourier ».

- Faire un schéma pour le représenter.
- Préciser ce que ce plan a de particulier pour la lentille L_2 .

Pour filtrer l'image de la grille on intervient sur sa transformée de Fourier directement : placer une fente fine dans le plan de Fourier. La régler très soigneusement pour qu'elle soit parallèle à la figure de diffraction et la fermer progressivement.

- Décrire ce que vous observez sur l'écran.

Pour visualiser mieux l'intensité de la transformée de Fourier, prendre une troisième lentille et faire l'image du plan de Fourier sur un écran.

- Reproduire la figure obtenue et expliquer son allure en considérant la grille comme superposition de deux réseaux croisés.
- Expliquer le filtrage réalisé par l'expérience d'Abbe.

Matériel nécessaire :

Ecran blanc fixe et de grande taille
Petit écran blanc qu'on peut promener sur le banc
Fente étalonnée et support
Trou étalonné de 3,35 mm et support
Diode laser avec élargisseur de faisceau
Lentille de focale 15 cm
Poudre de lycopode
Lame de microscope et support
Grille pour expérience d'Abbe
2 lentilles de 20 cm