

LP35 : Diffraction de Fraunhofer. Applications

Remarque jury :

- Les conditions de l'approximation de Fraunhofer doivent être clairement énoncées. Pour autant, elles ne constituent pas le coeur de la leçon.
- Les conditions de Fraunhofer et leurs conséquences doivent être présentées, ainsi que le lien entre les dimensions caractéristiques d'un objet diffraction et celle de sa figure de diffraction.

Bibliographie:

[1] Optique : Fondements et applications, José-Philippe Pérez, Dunod.

[2] Optique, Farault-Renault, Dunod.

[3] Optique physique, Richard Taillet, De Boeck

https://uhincelin.pagesperso-orange.fr/LP35_2015.pdf

<https://femto-physique.fr/optique/diffraction-de-fraunhofer.php>

Niveau : L2

Pré-requis:

- Optiques géométrique et ondulatoire
- Transformée de Fourier
- Interférences
- Principe Huygens-Fresnel

Introduction [1]

-Phrase historique

-Manip introductive (laser par une fente réglable)

→ fente large : optique géométrique : point lumineux

→ si fente + en + petite → éparpillement de la lumière : diffraction (décrire la figure observée : intensité, taille..)

- Pourquoi diffraction? lien entre taille longueur d'onde + diaphragme

- Contextualisation : rôle de la diffraction dans la formation des images

I - Diffraction de Fraunhofer

1) Rappel du principe d'Huygens-Fresnel [2]

-Brève définition du principe de Huygens-Fresnel

-Schéma

-Expression de l'onde diffracté par une pupille quelconque

2) Diffraction de Fraunhofer

-Expression de l'onde diffractée par l'ouverture à l'infini en calculant les distances en faisant les approximations [2]

-Condition d'obtention de la diffraction de Fraunhofer (terme quadratique negl → valeur D minimale + lentille : image finie dans le plan focal image). [1]

II - Formation des images

1) Rôle du diaphragme sur la diffraction

-But du diaphragme : image affectée par la diffraction, schéma [3]

-Transmittance définition [1]

2) Transformée de Fourier [1] (discussion dans le [3])

-Introduction fréquences spatiales u et v

(faire un exemple pour montrer la fréquence spatiale?)

-Réécrire l'onde diffractée à l'infini

-Introduire transformée de Fourier

-Définition de l'intensité

-Exemple fente rectangulaire (calcul + schéma + discussion de l'image (taille ouverture..))

II- Application de la diffraction Fraunhofer.

1) Diffraction par une ouverture circulaire [3]

-Schéma allure image de diffraction

-Tache d'airy (formule)

2) Critère de Rayleigh [2] et [3]

-Analogie avec les instruments (lentille = monture circulaire → diffraction)

-Énoncé du critère de Rayleigh → limite de résolution des instruments optiques

-Schéma

-Application numérique

3) Théorème de Babinet [3]

-Énoncé théorème

-Schéma

-Exemples

Conclusion :

- Nous avons étudié la diffraction au sens de Fraunhofer
- Elle intervient en majeure partie du temps dans les instruments optiques.
- Ouverture sur filtrage optique (si on maîtrise bien)

Questions :

-Que se passe-t-il si l'ouverture diffractante est plus petite que la longueur d'onde ?
connaissiez-vous un exemple de la vie de tous les jours où c'est le cas ?

-Est-ce qu'au niveau où vous avez mis la leçon, on peut attendre des élèves qu'ils maîtrisent la transformée de Fourier ?

Je dirais que maîtriser est un bien grand mot mais qu'ils l'aient déjà utilisé avec des formules.

-Conséquence d'une translation de la fente ?

En soit rien, d'après les propriétés de transfo de Fourier (peut être que ça décale aussi la figure)

-Que se passe-t-il en incidence non normale ?

Cela décale la figure de diffraction

-Fraunhofer, c'est pour n'importe quelle onde incidente ?

-Comment retrouver la forme de la figure de diffraction par un rectangle sans calcul (et bien sûr sans dire que c'est une TF) ?

-A quoi sert de faire un développement limité au second ordre ?

- Quelle est la condition sur le nombre de Fresnel pour être en complètement en Fraunhofer?
- Peut on démontrer le principe de Huyghens-Fresnel ou est ce une formule empirique ?
Ca serait démontrable à partir des équations de Maxwell mais c'est difficile (bcp de math)
- Expliquez concrètement comment est réalisé le filtrage spatial dans votre expérience ?
- Connaissez vous d'autres domaines où l'on réalise de la diffraction ?
- Quelles conditions faut-il respecter pour avoir diffraction entre la longueur de l'onde et la taille de l'obstacle ?
Même ordre de grandeur
- Dans un cristal, quelle est la taille de l'obstacle ? 1Å Quelles sont les ondes utilisées ?
rayon X. Quelles particules fait-on diffracter ? électrons.
- Donnez une condition sur la longueur d'onde de De Bröglie en vous aidant de l'incertitude d'Heisenberg pour avoir diffraction.