

Niveau : L3

Prérequis : Optique géométrique, interférences, TF

Biblio :

[1] Optique et physique ondulatoire, optique géométrique et optique physique, phénomènes de propagation, Cours de physique classes prépa 1<sup>er</sup> cycle universitaire, Dunod université, BFR, 1986

[2] Optique physique et électronique, 2<sup>ème</sup> année, cours et exercices, Physique Chimie Prépa, Daniel Mauras, 2001

[3] Ondes lumineuses, propagation, optique de Fourier, cohérence, L3 et Master de physique, Champeau, Carpentier, Lorgère, de Boeck

[4] Poly Optique Jérôme Leygnier – 1<sup>ère</sup> partie

[5] TD Clément Sayrin – corrigé diffraction (1) et (2)

**Intro** : **Exp** : mise en défaut expérimentale de l'optique géométrique pour des diaphragmes de petite taille (laser + fente réglable + écran)

**[1] p. 209** Comme le faisceau est parallèle en sortie du laser, on obtient une tache de largeur  $a$  sur l'écran (ok optique géo). Quand on ferme la fente,  $a$  diminue : la tache sur l'écran s'élargit  $\rightarrow$  tache centrale + 2<sup>nd</sup>aires : DIFFRACTION.

On est plus dans la limite de l'optique géo : on doit considérer l'aspect ondulatoire de la lumière

Transition : Avec quels principes expliquer ce phénomène ?

## I. Phénomène de diffraction

### 1) Principe d'Huygens-Fresnel

**[1] p.213** chaque point atteint par la lumière est une source 2<sup>nd</sup>aire. Ex : vagues qui arrivent sur une baie : l'état vibratoire en (M) est affecté par la présence du trou et ne dépend que des sources passant par ce trou.

**[1] p. 215** Énoncé du principe d'H-F  $\rightarrow$  ramener l'étude de la diffraction à un phénomène d'interférences. Expression mathématique ?

**[5, (1)]** Faire le schéma avec les 3 repères  $(x_0, y_0)$  ;  $(X, Y)$  ;  $(x, y)$ . Définir le facteur de transmission du diaphragme diffractant (**[4] p.20**). Écrire l'état vibratoire au point M, sachant que les sources secondaires émettent une onde sphérique. Exprimer chacun des termes et arriver à la formule de diffraction de Fresnel. **[4] p.24**

Transition : On a trouvé l'expression mathématique du principe de H-F, quel est le lien avec la diffraction de Fraunhofer ?

### 2) Approximation de Fraunhofer

**[5, (1)] p.2** Diffraction de Fraunhofer = diffraction de l'infini à l'infini = diffraction à l'infini d'une onde plane  $\rightarrow 1/D = 0$  et  $1/d = 0$ , le terme quadratique est négligeable. On arrive à la formule de Fraunhofer. **[4] p.31** On reconnaît la transformée de Fourier du facteur de transmission.

Comment faire en pratique ? **[1] p.224** Montage au tableau, arriver au montage à une seule lentille avec le diaphragme accolé. La figure de diffraction est dans le plan de formation de l'image géométrique de la source  $\rightarrow$  la diffraction est un phénomène qui accompagne la formation des images lorsqu'on diaphragme les faisceaux.

Transition : on a maintenant tous les outils pour comprendre la diffraction, on va s'intéresser aux figures de quelques objets.

## II. Figure de diffraction

### 1) Fente rectangulaire

**PWP** position du problème : diaphragme et sa fonction de transmittance.

**[4] p.45 et [3] p.166** on calcule l'amplitude puis l'intensité de l'onde lumineuse dans le plan de l'écran, au point M. Dessin au tableau d'un sinus cardinal carré. On cherche les annulations de la fonction : on a la taille de la tache centrale

**Animation Gastebois + expérience en direct** : taille de la tache centrale inversement proportionnelle à la largeur de la fente.

### 2) Diaphragme circulaire

**PWP** position du problème : diaphragme et sa fonction de transmittance.

**[4] p.43 et [3] p.172** on calcule l'amplitude puis l'intensité de l'onde lumineuse dans le plan de l'écran, au point M. introduire une longueur adimensionnée : variable de la fonction de Bessel, à dessiner au tableau. On cherche les

annulations de la fonction : on a la taille de la tache centrale (84% luminosité) : tache d'Airy, taille inversement proportionnelle à la taille du diaphragme. **Animation Gastebois.**

Transition : Comment exploiter la diffraction pour modifier les images ?

### III. Filtrage spatial

#### 1) Principe

**[3] p.401 et [4] p.71.** On a vu qu'une petite taille caractéristique de l'objet diffractant donnait une grande tache de diffraction. En fait il y a un lien : les fréquences spatiales. On observe la figure de diffraction dans le plan de Fourier. Un objet de hautes fréquences spatiales donne une figure de diffraction de basse fréquence spatiale dans le plan de Fourier.

La répartition de l'éclairement dans le plan de Fraunhofer donne une illustration de la répartition des fréquences spatiales de l'objet. Modifier la figure de diffraction, modifie les fréquences spatiales de l'objet et inversement.

#### 2) Expérience d'Abbe

**Exp** : Monter l'expérience d'Abbe en laser ou en lumière blanche avec comme objet diffractant une grille.

Faire le schéma explicatif au tableau avec les TF. Couper les fréquences avec une fente verticale, horizontale puis diagonale.

#### 3) Propriétés du filtrage

**[4] p.75** On montre sur le schéma l'enchaînement HF, BF puis HF dans les différents plans. Propriétés à énoncer avec le **PWP**

- Intensité diffractée indépendante de la position du diaphragme dans son plan mais dépend de sa forme
- Toutes les fentes horizontales contribuent à la tache de diffraction verticale et inversement
- Détail étroit : figure large de diffraction.

**Conclusion** : on a défini la diffraction comme des interférences avec le principe d'HF, permettant d'obtenir un moyen facile d'expliquer les figures de diffraction de différents objets. Ce phénomène est important d'un point de vue théorique et pratique : la diffraction joue un rôle dans la formation des images et peut-être utilisée comme pour l'expérience d'Abbe.

Pour aller plus loin dans l'utilisation, on peut penser à la strioscopie qui consiste à placer un objet de phase à la place du diaphragme. Cette méthode permet d'isoler dans une image des petits détails ou des variations d'indice comme lors de la compression de l'air ou d'autres fluides. **[4] p.70 image**

Commentaires :

- si on trouve que c'est trop de calcul alors faire l'approximation de Fraunhofer avant de commencer le calcul et arriver directement sur la formule de Fraunhofer.
- Bien relire tout le corrigé de Clément Sayrin
- Si on a un diaphragme circulaire assez petit c'est mieux de faire l'expérience avec pour illustrer le II.2) car avec la fente on ne voit pas le croix de mills, seulement une diffraction horizontale.
- On a diffraction aussi avec les lentilles car ce sont des diaphragmes circulaires : on voit la tâche d'Airy de la lentille en fait. Pb : astro : distinction des tâches, en microscopie : ouverture numérique limitant.