

MP09: Diffraction des ondes lumineuses

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

Introduction, cf [4]

Point de Poisson. En 1818, Augustin Fresnel propose sa théorie ondulatoire de la physique à l'académie. Initialement rejetée par Siméon Denis Poisson car elle prédit un point brillant derrière un objet occultant, ce qui est absurde. Mais François Arago décida de tout de même effectuer la manip pour le vérifier et a constaté que ça marchait. C'était le début de la théorie de la diffraction.

1 Pouvoir séparateur

1.1 Principe

Matériel :

- lampe QI + filtre AC + jeu de filtres interférentiels (roulette nova)
- doublet L_1 de 200mm, doublet L_2 de 500 mm
- capteur CCD (ovio) et densités (lames partiellement réflechissantes pour éviter la saturation sur le capteur)
- bifente
- fente réglable (avec vis micrométrique)

On réalise une source monochromatique incohérente avec l'ensemble (lampe QI + filtre AC + filtre interférentiel). On l'envoie sur une bifente (qui ne déclenche pas d'interférence car incohérente). On place cette bifente au foyer d'une lentille L_1 . Il en sort donc un faisceau parallèle, qu'on envoie sur une fente d'épaisseur e qui va diffracter (et donc élargir) l'image des bifentes. On reconstitue l'image sur un écran par une lentille L_2 .

1.2 Exploitation

- L'idée ici est de voir que si e est fin, les deux images vont se chevaucher.
- On se donne un critère où les deux pics sont "confondus" si la somme des deux taches (sinus cardinal) présente une amplitude entre eux deux qui vaut la moitié de leur amplitude max. C'est à dire où chaque sinus cardinal au carré normalisé vaut $1/4$. On a alors $\text{sinc}^2\left(\frac{\pi e \Delta}{\lambda f_2'^2}\right) = \frac{1}{4}$. Expérimentalement, cela correspond à chercher le moment où le creux de la superposition des deux figures de diffraction a une intensité deux fois moindre que celle des pics (cf [3]).
- On en déduit le critère :

$$e = 1.206 \frac{\lambda f_2'}{\Delta}$$

- (Se refaire un petit tour sur le critère de Rayleigh, pas utilisé ici car le manque de luminosité l'empêche)
- On va, pour différents filtres (et donc différents λ), à Δ constant, mesurer les e tels que l'on a non séparation au CCD, et essayer de valider notre modèle.

1.3 Remarques

- Pour le choix de la focale de L_2 et les considérations de compromis luminosité/observation du recouvrement, voir [3]
- Pour le capteur ovio, débrancher puis rebrancher le câble usb à l'ordi. Dans la liste d'actions à exécuter, choisir celle qui permet de lancer le logiciel.
- La mesure est fastidieuse :
 - prendre un grand temps d'intégration (1000 ms) pour avoir suffisamment d'intensité ;
 - régler la ligne de base (pour éliminer le bruit) avec l'ajustement vertical ;
 - Utiliser le zoom pour mesurer précisément les intensité du maximum des pics et de leur intersection ;
 - par dichotomie entre les mesures à l'écran et le réglage de la largeur de la fente, se rapprocher au mieux du critère [3]
- L'erreur typique sur la valeur de e est de l'ordre de 5%
- Prendre des fentes dont on connaît la largeur et l'espacement, sinon s'efforcer d'y remonter (trous d'Young)

2 Diffraction d'une grille à l'infini [1] p.323-330, [2] p.327-336

2.1 Principe

Matériel :

- Laser épuré
- Lentille L_1 de focale $f'1 = 200mm$
- Lentille L_2 de focale $f'2 = 1000mm$
- Fente de $70 \mu m$
- Grille de pas 0.3 mm
- CCD (ovio) et densités

On règle le laser épuré histoire d'avoir un beau truc. On en fait un faisceau parallèle avec L_1 . On place une fente, puis une autre lentille L_2 pour envoyer dans le CCD.

2.2 Exploitation

- On commente la forme du signal: sinus cardinal. On retrouve bien la transformée de Fourier d'une porte, signe que la théorie marche bien.
- Qualitativement, faire varier la largeur de la fente et vérifier que ça affecte inversement la largeur du sinus cardinal.
- On remplace la fente par la grille, on montre les différentes fréquences spatiales dans le plan de fourier. L'espacement entre deux points est donné par $\delta x = \frac{\lambda f'_2}{a}$. On en déduit la valeur de a par la mesure de δx au capteur CCD.

3 Filtrage optique [1]p.331-336 [2] p.327-336

3.1 Principe

Matériel :

- QI + filtre anticalorique + condenseur
- Diaphragme
- Grille précédente
- Fente simple réglable étalonnée (voir Remarques)

- Lentille L_1 de focale $f'1 = 200mm$
- Lentille L_2 de focale $f'2 = 200mm$

On fait un objet avec QI + AC + condenseur + diaphragme, qu'on place au foyer objet de L_1 , on place la grille, puis L_2 assez proche, puis l'écran qu'on conjugue avec la grille par L_2 . Pour finir, on repère le plan de Fourier et on y place la fente.

L'idée est de diminuer e l'épaisseur de la fente jusqu'à faire disparaître les fréquences spatiales d'ordre 1 selon une direction, et au final faire disparaître certains traits de la grille à l'image.

3.2 Exploitation

- On commente et explique la figure bien évidemment.
- On sait qu'on a $e_{lim} = \frac{\lambda_{bleu}f'_2}{a}$. Le vérifier en s'y placant.
- Potentiellement faire tourner la fente.

3.3 Remarques

- On place L_2 proche de la grille et on lui choisit une relativement courte focale, tout ça pour qu'en plaçant l'écran au loin, la figure ait un grandissement imposant et que la figure en jette !
- Pour vérifier la valeur de e_{lim} , il est nécessaire d'étalonner le vernier de la fente ; le (faire) faire sur une manip de diffraction avec la mesure de la largeur de la tâche de diffraction principale pour différentes valeurs de largeur de fente à λ fixée (laser).

Biblio

- 1 Physique expérimentale, De Boeck
- 2 Optique, Houard, De Boeck, chap 10
- 3 CR MP09 Romain/Coco : ne pas essayer de tout comprendre, s'y référer uniquement pour les remarques ponctuelles sur le choix du matériel.
- 4 Taillet, Optique