

Biblio :

Duffait
Sextant
Bruchat
H. Piépa - Optique ondulatoire

Plan :I. Diffraction de Fresnel à Fraunhofer.

1. Mise en évidence des zones de Fresnel.
2. De Fresnel à Fraunhofer.

II. Approximation de Fraunhofer - Cas de la fente

1. Etude qualitative
2. Enregistrement de la figure de diffraction.

III. Applications.

1. Théorie de Babinet.
2. Filtrage spatial
3. Pouvoir séparateur.

INTRODUCTION :

LASER



$\Rightarrow$ Etallement de la figure de diffraction

Mise en évidence : lorsque l'on fait passer un rayon

lumineux par une fente de faible ouverture $\Rightarrow$ la tache de lumière sur l'écran s'élargit à mesure que a diminue et que son intensité présente une structure

$\Rightarrow$ Contradiction avec l'optique géométrique.

$\Rightarrow$ Mise en évidence du phénomène de diffraction.

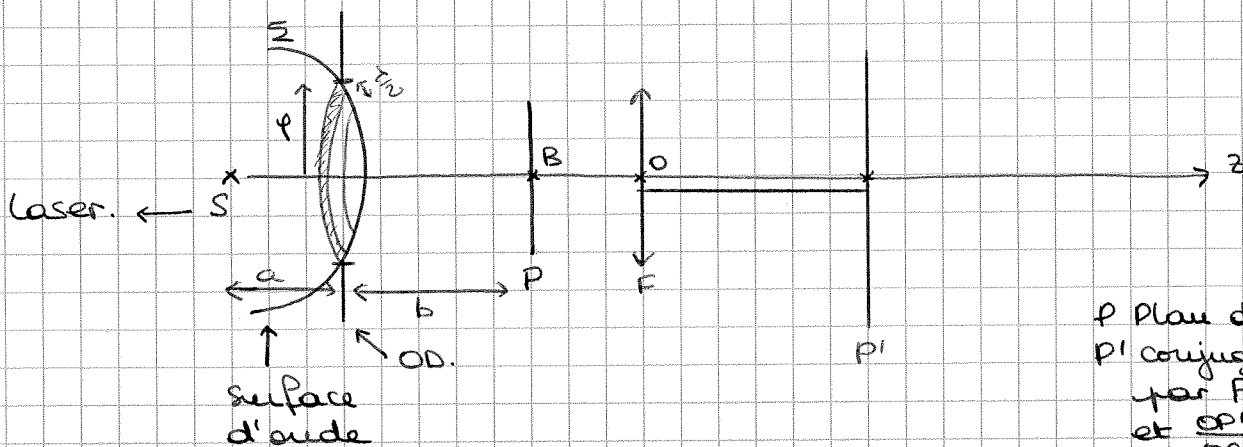
Il existe 2 types de diffraction :

- Diffraction de Fresnel : 1^{re} approximation avec des petits angles $\rightarrow$ diffraction finie
- Diffraction de Fraunhofer : 2^{de} approximation avec une observation à l'infini avec des ondes planes incidentes

I. Diffraction de Fresnel à Fraunhofer.

1. Mise en évidence des zones de Fresnel.

(Bruchat p.173)
(Duffait p.59)



P Plan d'observation
P' conjugué de P par F
et $\frac{OP'}{OP}$ grand

F focale de $6,6 \text{ cm} \pm 0,2$
P à 7 cm de F

$$\Rightarrow \frac{1}{OP'} + \frac{1}{OP} = \frac{1}{f} \Rightarrow OP' = \text{cm}$$

En P, on observe les interférences provoquées par les ondes émisees de toutes les zones de Fresnel sélectionnées par le trou diffractant (OD).

Zones de Fresnel: intersection des sphères de centres S et B délimitées par l'OD.

Observation à l'écran.

Pour z décroissant, succession de centres sombres et brillants



ρ rayon de l'OD
 b distance OD à P
 n nombre de zones

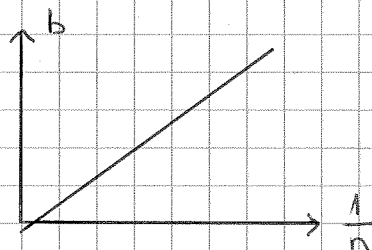
$$\left. \begin{array}{l} \rho \\ b \\ n \end{array} \right\} \Rightarrow \rho = \sqrt{\frac{ab\lambda n}{a+b}} \quad (\text{Bruhat})$$

Approx: $a \gg b$

$$\rho = \sqrt{b\lambda n}$$

$$\Rightarrow b = \frac{\rho^2}{\lambda} \times \frac{1}{n}$$

Vérifions cette loi:



Manipulation: 1 point au direct

$$\begin{cases} u = 8 \\ b = 41 \text{ cm.} \end{cases}$$

Expérimentalement: $\rho = 1.3 \pm 0.1 \text{ mm}$
 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$

$$\Rightarrow \text{pente}_{\text{vue}} = 2.43 \mu$$

$$\text{ou } \frac{\rho^2}{\lambda} = \frac{(1.3 \cdot 10^{-3})^2}{632.8 \cdot 10^{-9}} = 2.67 \mu$$

} Ecart relatif: $\approx 9\%$

Conclusion

$\Rightarrow$ vérification de la loi de proportionnalité entre b et $\frac{1}{n}$

2) Passage de Fraunhofer à Fresnel.

(Sextant p.141).

} Condition pour la diffraction de Fraunhofer : $D \gg \frac{a^2}{\lambda}$
Fresnel $D \ll \frac{a^2}{\lambda}$

En reprenant le montage précédent et en remplaçant l'objet diffractant par une fente, faire l'image de cet objet sur l'écran. En ouvrant la fente, la figure de diffraction se retrouve alors à l'intérieur de l'image de la fente.

⇒ Diffraction de Fresnel

En refermant la fente progressivement, la figure de diffraction apparaît à l'extérieur de l'image de la fente.

⇒ Diffraction de Fraunhofer.

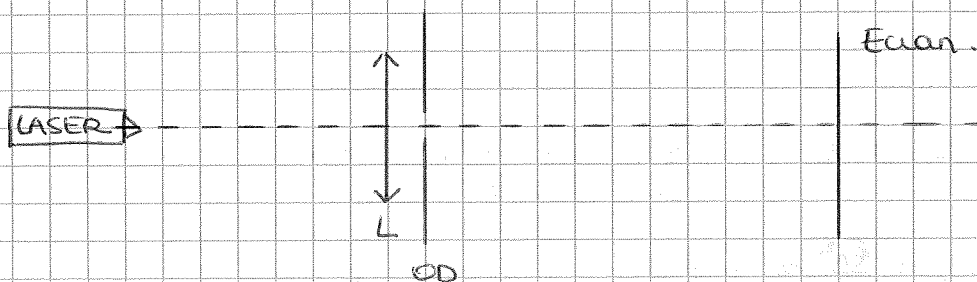
II - Approximation de Fraunhofer - Cas de la fente.

Cadre : Illustration du lien entre la TF de l'objet diffractant (ici une fente) et l'éclairement E vu à l'écran.

$$E = E_0 \operatorname{sinc}^2 \left(\frac{\pi ax}{\lambda D} \right)$$

a : largeur fente
 D : $OD \rightarrow$ écran.

1) Etude qualitative (Sextant p.110)



Remarque : Ici Fraunhofer approché : l'écran est placé à l'image géométrique de L ($L = 62 \text{ cm}$)

Vérifier $\frac{a^2}{\lambda} \ll D$.

Observation de la figure de diffraction dans le plan de Fourier.

* Modifier largeur de la fente :

$\Rightarrow$ figure de diffraction est + étalée que la fente petite.

* Translation de la fente $\perp$ axe optique.

$\Rightarrow$ figure inchangée

* Rotation de la fente

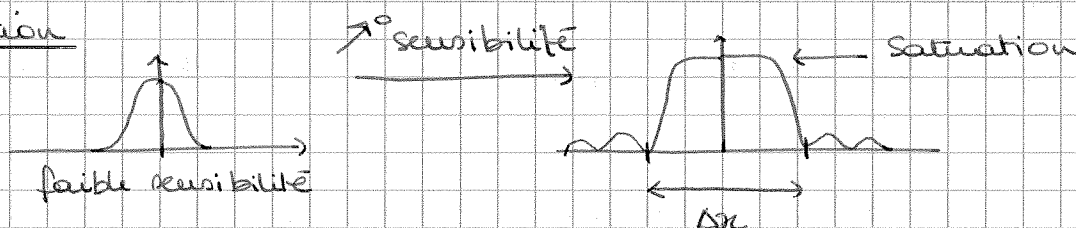
$\Rightarrow$ figure de diffraction selon la plus petite dimension de la fente.

$\Rightarrow$ Conclusion : en accord avec les propriétés de la TF.

2) Enregistrement de la figure de diffraction.

Même montage + Caliens.

Observation



* Il est très difficile d'observer le pic principal et les pics secondaires avec la même sensibilité.

On s'intéresse ici à la largeur des pics donc il n'est pas nécessaire d'avoir l'amplitude totale des pics.

* Remarque: utiliser des densités optiques pour ne pas saturer CALIENS.

* Mesure de Δx permet d'obtenir la largeur de la fente

grâce à :

$$\Delta x = 2 \frac{\lambda D}{a} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2 \lambda D}{\Delta x}$$

$$\Delta x = \mu m \Rightarrow a_{mes} =$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta x}{x} =$$

III. Applications.

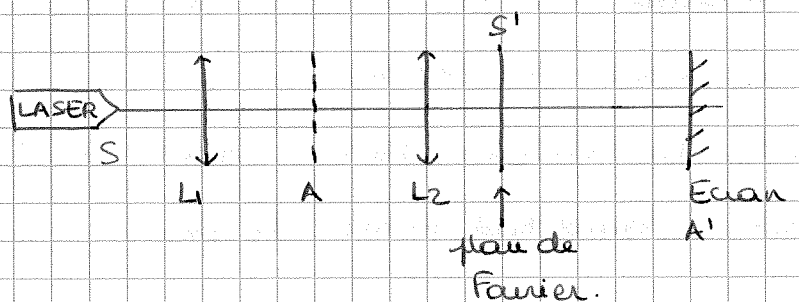
1) Illustration du th de Babinet. (Sextant p. 112)

En considérant deux objets complémentaires, on observe que la figure de diffraction est la même pour les deux objets, sauf au voisinage du centre de la figure.

Application: mesure de très petit objet

Mesure quantitative possible $\Rightarrow$ Spax de lipocode.

2) Filtrage spatial (Sextant p. 129)



en A: objet diffractant lettre A.

S' image de S par les 2 lentilles.

A' image de A par L2.

En S' filtrage de la composante d'ordre 0 de la TF de l'objet diffractant $\Rightarrow$ passe haut.

3) Pouvoir séparateur

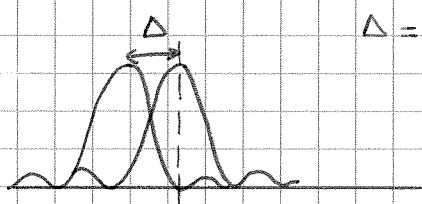
(Duffait p.109)

4

Idee : l'image d'1 point $\rightarrow$ 1 tache
 l'_____ 2 points $\rightarrow$ 2 taches

$\Rightarrow$ lorsque l'on ne peut plus distinguer les 2 pts : limite du pouvoir séparateur de l'appareil.

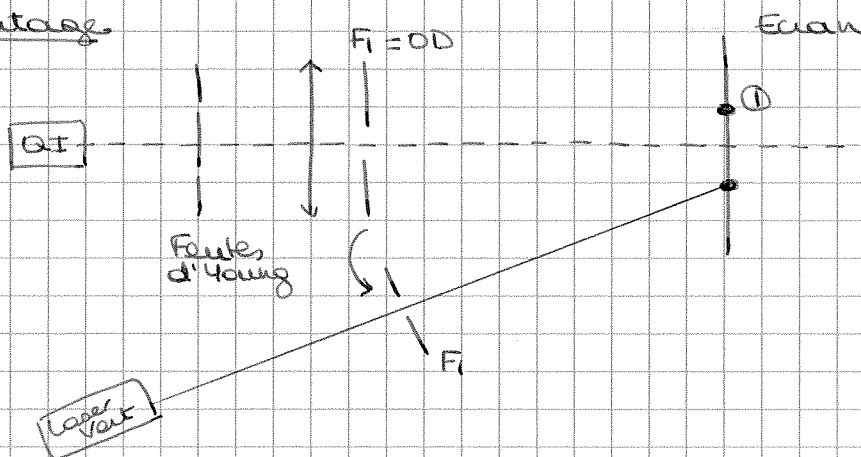
$\Rightarrow$ Critère de Rayleigh : la limite de résolution est atteinte lorsque le maximum principal d'une tache de diffraction correspond au 1^{er} minimum de l'autre tache.



$$\Delta = \frac{\lambda D}{a}$$

But : Comparer Δ mesuré sur l'écran et $\Delta_{th} = \frac{\lambda D}{a}$.

Montage



- le laser vise 1 des 2 taches à l'écran correspondant à l'image geo d'1 des fentes d'Young.
- Modifier F_1 (fente simple) jusqu'à ce que les 2 fentes ne puissent plus être séparées.
- Puis positionner F_1 devant le laser $\rightarrow$ on vérifie alors que le max d'intensité de la fente d'Young ① correspond au min de la figure de diff du laser.
- On peut comparer Δ_{th} et Δ_{exp} .

Conclusion :

- Mise en évidence de l'aspect ondulatoire de la lumière
- Importance de la diff de Fraunhofer car accompagne toujours image géométrique de la source.
- Applications : Réseau cristallin et mesure ponible de l'ordre de 10^{-10} m grâce aux rayons X.