

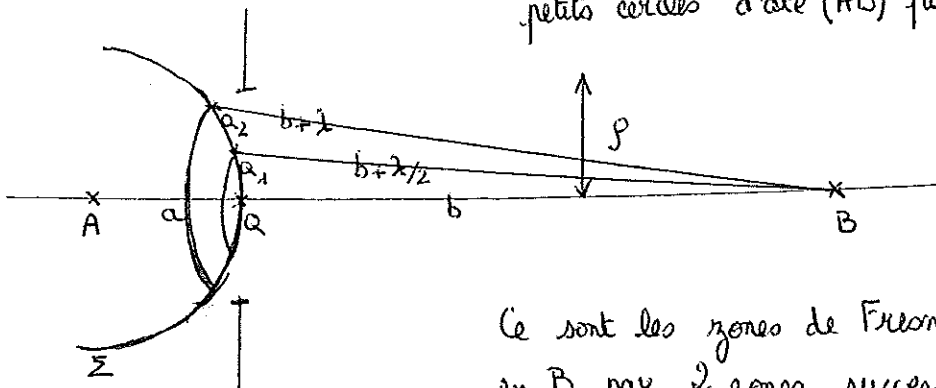
Lorsqu'un faisceau lumineux rencontre un obstacle, la propagation rectiligne de la lumière n'est plus assurée. C'est le cas par exemple lorsque vous regardez un néon en plissant les yeux : on observe un étalement lumineux dans la direction perpendiculaire aux bords des paupières.

Cette structure inattendue est le résultat de la diffraction par les paupières. Nous allons tout d'abord observer la diffraction de Fresnel et de Fraunhofer, étudier une application importante de cette dernière (le filtrage spatial), et enfin, la diffraction étant souvent un phénomène indésirable, proposer un critère de résolution d'un instrument d'optique.

## I Diffraction de Fresnel par une pupille circulaire

Bruhat p 172 ou Hecht  
Diffait p 59.

A émet une onde sphérique. On découpe la surface d'onde  $\Sigma$  en zones par les petits cercles d'axe (AB) passant par  $Q_1, Q_2 \dots$



Ce sont les zones de Fresnel. Les vibrations produites en B par 2 zones successives se détruisent.

Le centre de la figure de diffraction est brillant si l'ouverture contient un nombre impair de zones de Fresnel.

Sombre \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ pair \_\_\_\_\_

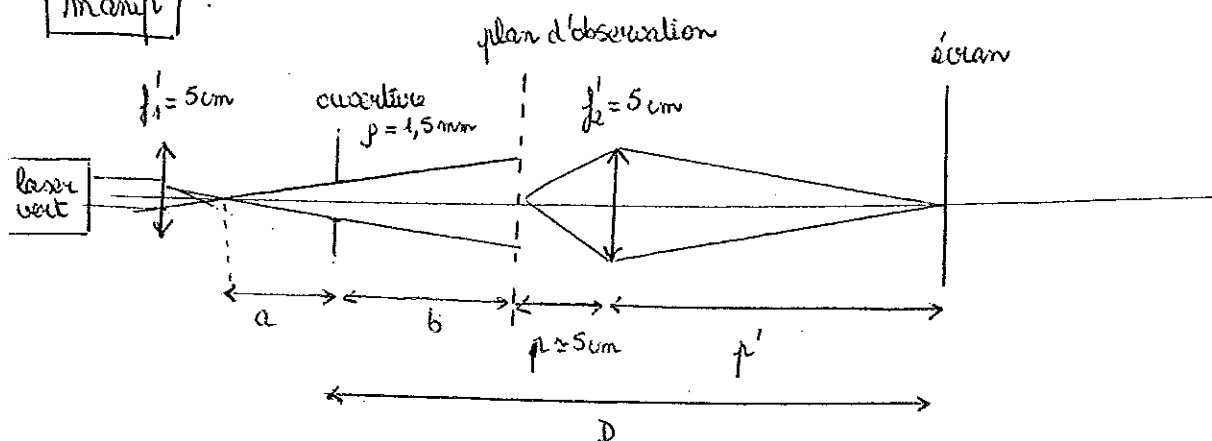
Rayon du  $k^{\text{ième}}$  cercle délimitant la  $k^{\text{ième}}$  zone:  $y_k = \sqrt{\frac{ab\lambda}{a+b}} \sqrt{k}$

a : distance  $\overline{AQ}$  (source - pupille)

b : distance  $\overline{QB}$  (pupille - écran d'observation)

On a un centre sombre si  $\rho^2 = \frac{ab\lambda}{a+b} \cdot k$  où  $k = 2(m+1)$   
 $\rho$  : rayon de l'ouverture, m : nombre d'anneaux sombres autour du centre.

manip :



$$D =$$

$$a \approx$$

$$R =$$

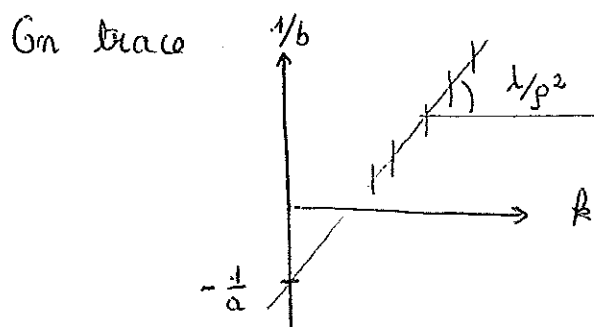
$$p' =$$

$$p = \frac{1}{\frac{1}{5} - \frac{1}{p'}} =$$

$$\Delta p = p^2 \left( \frac{\Delta p_1'}{p_1'^2} + \frac{\Delta p_2'}{p_2'^2} \right) =$$

$$\Rightarrow b = D - p - p' =$$

$$\Delta b = \Delta D + \Delta p + \Delta p' =$$



$$p^2 = \frac{ab\lambda}{a+b} \cdot R$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{b} = \frac{\lambda R}{p^2} - \frac{1}{a}$$

Modélisation:  $\frac{1}{b} = \alpha R + \beta$

$$\alpha = \frac{\lambda}{p^2}$$

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = 2 \frac{\Delta p}{p}$$

$$\beta = -\frac{1}{a}$$

$$\Delta \alpha = \frac{\Delta \beta}{p^2} \approx$$

On trouve

$$a = \pm$$

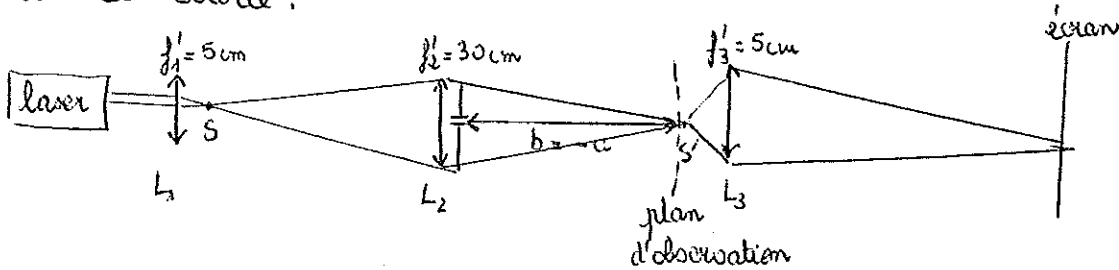
$$p = \pm$$

Cette expérience est un exemple de diffraction de Fresnel. En effet:

$$F = \frac{p^2}{\lambda} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) = \frac{(1.5 \cdot 10^{-3})^2}{543.5 \cdot 10^{-9}} \left( \quad + \quad \right) =$$

Si  $a$  et  $b \rightarrow +\infty$ ,  $F = 0$ . On a alors la diffraction de Fraunhofer.  
On peut aussi faire  $a = -b$

La condition  $a = -b$  est réalisée lorsque l'on se place dans le cas où la figure de diffraction est observée dans le plan de l'image géométrique de la source.



- On réalise l'image  $S'$  de la source  $S$  à l'aide de  $L_2$ . On intercale une pupille circulaire ( $\rho \approx 0,6 \text{ mm}$ ). La figure est petite.
- On projette la figure à l'aide de  $L_3 \rightarrow$  tâche d'Airy.

$a =$

- En déplaçant  $L_3$ , je déplace le plan d'observation (qui est toujours à 5 cm de  $L_3$  environ). On observe à nouveau la figure de diffraction de Fresnel

$b =$

$$F = \frac{(0,6 \cdot 10^{-3})^2}{543,5 \cdot 10^{-9}} \left( \quad + \quad \right) =$$

- On vérifie que lorsque la pupille est translaturée, la figure de diffraction également. On revient dans la position de la diffraction de Fraunhofer. Alors une translation de la pupille laisse inchangée la figure de diffraction.

## III Diffraction de Fraunhofer par une fente fine

La figure de diffraction de Fraunhofer est la  $|TF|^2$  de la transparence dans le plan de l'objet diffractant.

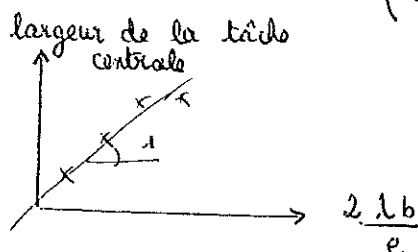
(fente de largeur  $e = 0,6 \text{ mm}$ )

- translation de l'O.D. (ou précédemment)
- étallement de la figure  $\perp$  à la fente
- théorème de Babinet : figure de diffraction inchangée lorsqu'on remplace la fente par un trait de même largeur.
- Largeur de la tâche centrale :  $= 2 \frac{\lambda b}{e}$

En préparation, on a fait varier ces 3 paramètres.

Ici on prend une fente  $e = 0,24 \text{ mm}$  : figure + étalés

On enlève la lentille de projection et on fait une mesure à l'aide d'une barrette CCD. (et du logiciel Caliens)

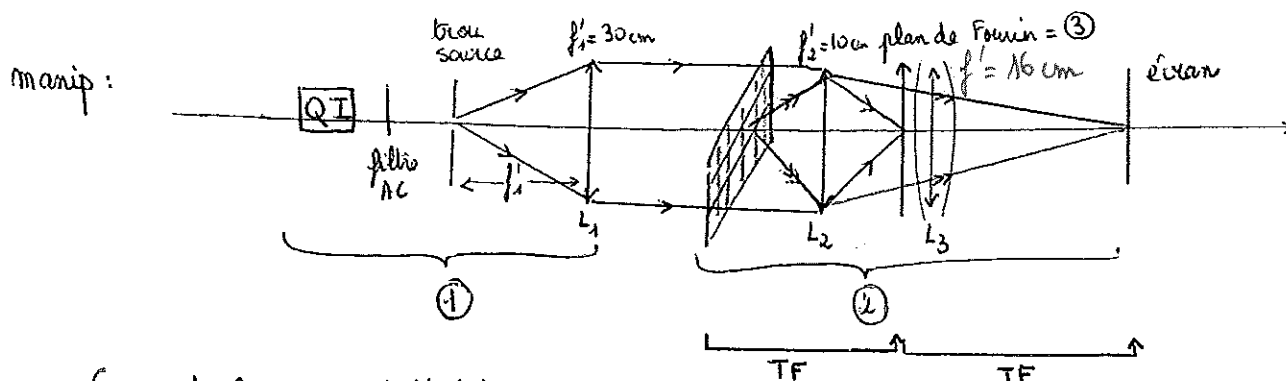


→ loi vérifiée

## IV Filtrage spatial

### IV.1 Expérience d'Abbe ( ~~Sténoscope~~ passe-bas )

Sextant p. 128



- On met la source à l'infini avec  $L_1$ .
- On fait l'image de la grille sur l'écran avec  $L_2$ .
- On cherche le plan focal de  $L_2$  (plan de Fourier). On le projette avec  $L_3$ .  
On visualise alors la figure de diffraction (i.e. la  $|TF|^2$ ) de la grille.

On intercale une fente de sorte à ne sélectionner qu'une partie de la figure de diffraction (i.e. une partie des fréquences spatiales)

↳ Passe-Bas.

On coupe la direction  $\perp$  à la fente lorsque  $e \leq \frac{2 \lambda f_2}{a}$   
 où  $a$  est le pas de la grille.

grille 1 :  $a = 0,36 \text{ mm} \rightarrow e \approx 0,3 \text{ mm}$

grille 2 :  $a = 1 \text{ mm} \rightarrow e \approx 0,1 \text{ mm}$

#### IV, 2 Strioscopie (pas - Haut)

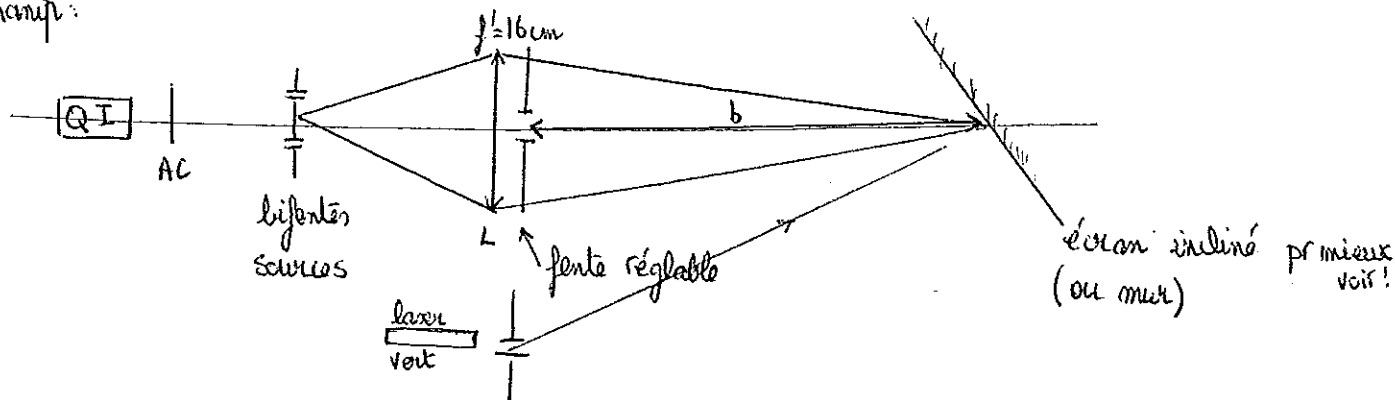
Même montage en remplaçant la grille par un objet (lettre A)  
 et la fente par une tête d'épingle.

On ne conserve alors que les fréquences élevées associées aux variations  
 rapides de transparence (i.e. les bords de l'objet). Les bords de  
 l'image sont les + lumineux.

#### V Critère de Rayleigh

⚠ avec la séparatrice c'est  
 beaucoup - joli.

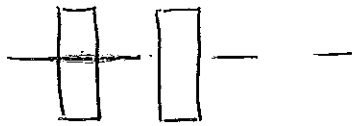
manip :



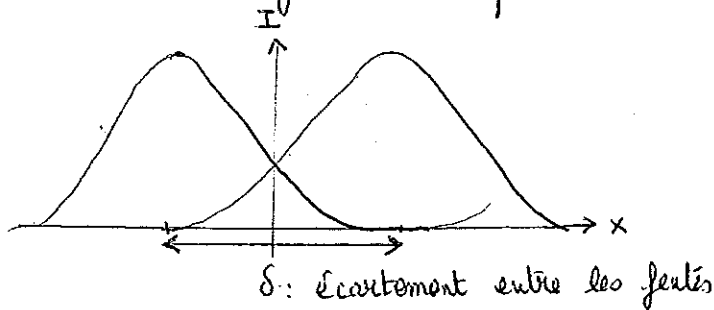
- ① faire l'image des bifentes puis intercaler une fente après la lentille.  
 Les bifentes modélisent 2 étoiles à l'infini, la fente réglable le diamètre  
 d'ouverture d'un télescope.

- ② Fermer la fente jusqu'à ce qu'on ne puisse plus distinguer les bifentes.  
 Séparer

Avec le faisceau laser, pointer sur le centre d'une des bifentes sur le mur.  
 Placer la fente réglable sur son chemin (garder la distance fente - écran  
 constante)  $\rightarrow$  la tâche centrale est telle que :



On a donc braillage lorsque le 1<sup>er</sup> minimum d'intensité associé à l'une des fentes correspond au maximum d'intensité de la 2<sup>ème</sup>.



Braillage  $\Leftrightarrow \frac{\lambda b}{e} \gg \delta$  soit  $e \leq \frac{\lambda b}{\delta}$  où  $e$ : largeur de la fente réglable.

Conclusion : Très nombreuses occurrences et applications de la diffraction

- Elle accompagne toujours la formation d'une image géométrique si la lentille est entièrement éclairée
- Diffraction de rayons X permet de remonter à la structure d'un cristal.
- Application d'un Passe-bas: débriamage (supprimer le "grain" d'une photo ou d'une image) ou épurateur de faisceau.
- Application du Passe-haut: microscopie à contraste de phase (prix Nobel 1953 de Zernike)