

Jessica
Anne-Laure

HP 08 : Diffraction d'ondes lumineuses.

①

Biblio : Diffraction optique
Sextant
Touillet, optique 49.

Rapports jury :

[2009] "La diffraction de Fraunhofer est souvent évoquée sans que ses conditions d'obtention soient bien connues. Rappelons que les phénomènes de diffraction peuvent s'observer avec d'autres sources lumineuses que des lasers."

[2008] "Dans toute expérience d'optique, les figures sont de bien meilleure qualité quand les appareils sont convenablement alignés. Ce fut tout particulièrement le cas pour ces deux montages."

[2007] "Il ne suffit pas de présenter des expériences du niveau de la classe de seconde. Il existe d'autres sources lumineuses que les sources laser."

[2005] "Il est souhaitable de ne pas se limiter aux sources lasers."

[2004] "Dans ces montages, les mesures de largeurs de fentes mal calibrées, ou dont la largeur est donnée de manière indicative (sans indication de précision), ne peuvent pas constituer le thème central de l'étude. Il serait illusoire d'espérer déterminer avec une précision satisfaisante la longueur d'onde d'un laser He-Ne à partir de l'analyse de la figure de diffraction par une fente, même calibrée. L'utilisation de montages avec réseaux doit être mieux maîtrisée, en évitant de confondre angles et déviations par rapport à l'ordre zéro. Les conditions de Fraunhofer, plus larges que la simple 'n diffraction à l'infini', gagneraient à être connues.

Dans les expériences de filtrage spatial de type passe-haut, l'utilisation d'objets de phase serait certainement plus pertinente que celle d'une plume.

[2000] "La diffraction est certes un phénomène gênant, mais pas uniquement : le principe de fonctionnement d'instruments comme les réseaux optiques repose sur son existence. L'optique diffractive prend de plus en plus d'importance industrielle."

[1999] "Le passage de la diffraction de Fresnel à celle de Fraunhofer peut donner lieu à une estimation quantitative des conditions à remplir."

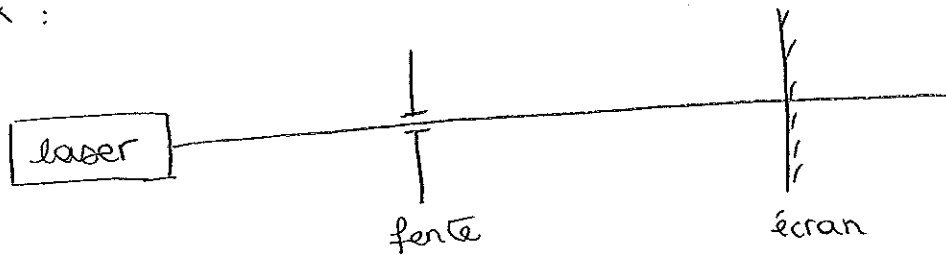
[1997] "On doit pouvoir donner le critère quantitatif de la limite entre l'approximation de Fresnel et celle de Fraunhofer. Le filtrage en éclairage incohérent a aussi des applications."

[1994] "La strioscopie est rarement montrée dans de bonnes conditions. Tout comme la réussite des expériences de biréfringence, la conduite de cette expérience exige une certaine maîtrise théorique du sujet."

Introduction.

Qd un rayon lum. tombe ^{s/} des obstacles de petites taille
on observe des phénomènes qui ne st pas expliqués
par l'optique géométrique

Par ex :



Que pense-t-on voir ? $\rightarrow$ 1 tache

↳ on observe en fait q la répart^o de l'intensité
lumineuse présente une structure inattendue
 $\Rightarrow$ LA DIFFRACTION.

Il en existe 2 types :

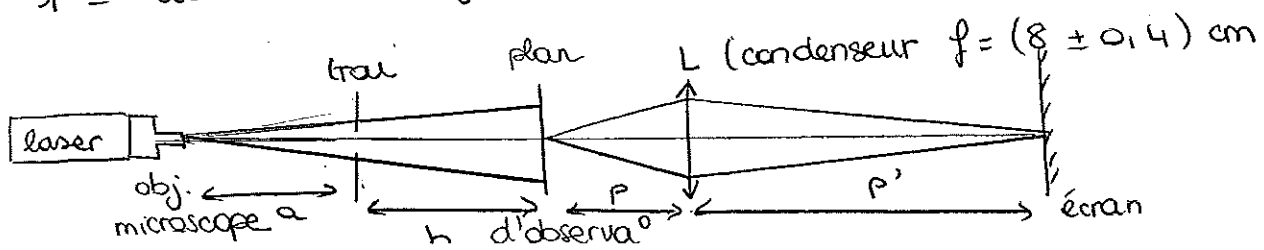
- * diffrac^o de Fresnel au diffrac^o "finie"
 - * diffrac^o de Fraunhofer au diffrac^o à l' ∞ .
- ↳ cas particulier

$\Rightarrow$ on va étudier ces 2 types.

I. Diffraction de Fresnel. (p. 59 Duffait)

1. Montage.

* 1^{ère} idée $\rightarrow$ objet à dist. finie.



On observe des taches de diffraction A L'INTERIEUR de l'image géométrique.

2. Zones de Fresnel

Image: , cercles concentriques alternativement sombres et lumineux $\hat{=}$ interférences constructives / destructives

$\rightarrow$ on les appelle zones de Fresnel

Manip: on déplace L $\rightarrow$ alternance de centres noirs / rouges $\hat{=}$ créa° / dispari° (selon le sens de déplacement) d'anneaux.

D'après la théorie:
$$\frac{1}{b} = \frac{k\lambda}{p^2} - \frac{1}{a}$$

où k : nb de zones de Fresnel

p : rayon de l'ouverture

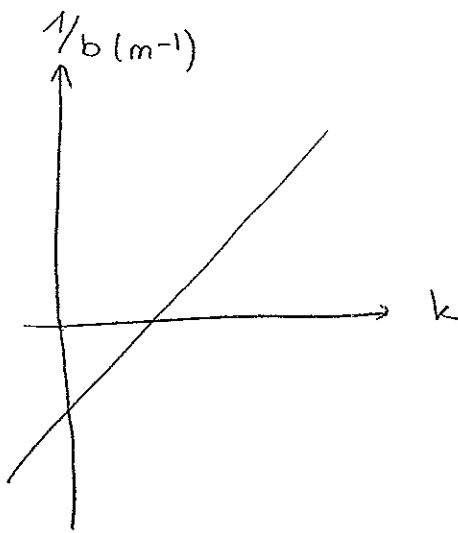
a : dist. source - objet diffractant

On veut vérifier expérimentalement cette loi.

- mesurer la distance L - écran et trou - L
- compter le nombre de zones de Fresnel visibles (centre compris)
- En appliquant la formule de conjugaison

à L:
$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

$\Rightarrow p = \frac{p' \cdot f}{f - p'}$ $\Rightarrow b = \text{dist (trou - lentille)} - p$



Régression linéaire:

$$\left(\frac{1}{b}\right) = ck + d$$

$$\text{or } c = \frac{\lambda}{\rho^2} \quad d = -\frac{1}{a}$$

mesure faite :
en live

$$\begin{cases} b + p = \\ p' = \\ \lambda = 632,8 \text{ nm} \end{cases}$$

$$p = \frac{p' \cdot f}{f - p'} \quad \text{avec } f = 8 \text{ cm.}$$

$$p = \quad \Rightarrow b = \quad - p =$$

↳ ajouter ce pt sur la courbe.

↳ on obtient l'équation: $\left(\frac{1}{b}\right) = k +$

$$\Rightarrow c = \quad = \frac{\lambda}{\rho^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\rho =} \quad (\rho \text{ indiqué} =)$$

II - De Fresnel à Fraunhofer : nombre de Fresnel [Sextant p. 141

1. Nombre de Fresnel
ds l'intro on a dit : 2 types de diffraction [Taillet pour phdros]

→ à distance finie

→ à "l'infini"

on définit le nombre de Fresnel $F = \frac{a^2}{\lambda D}$ (obtenue

en négligeant certains termes de phase ds pape de Huyghens

Fresnel)

Ce nb est inversement proportionnel à D donc :

- à dist. finie $\rightarrow F \sim 1-10$

- à "l'infini" $\rightarrow F \ll 1$.

Exp. on va faire varier ce nombre en jouant s/ la deuxième variable accessible : a

$\Rightarrow$ on part d'un trou "assez large" (utilisé pdmt pour diffraction de Fresnel) et on diminue la taille par soit progressivement la diffraction de Fresnel disparaître pour laisser place à un autre type de diffraction : Fraunhofer.

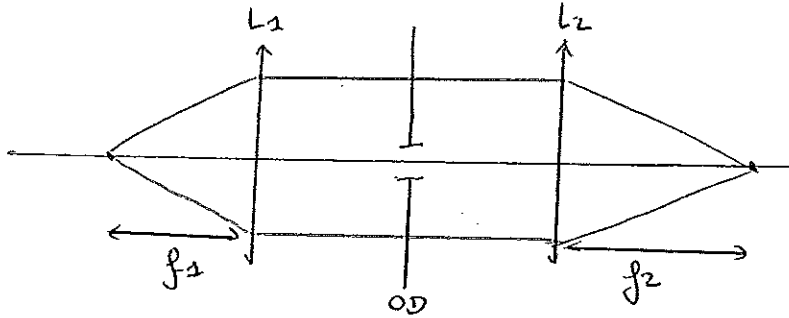
2. Quantification du nb de Fresnel

III. Diffraction de Fraunhofer [Duffaut p. 39-40]

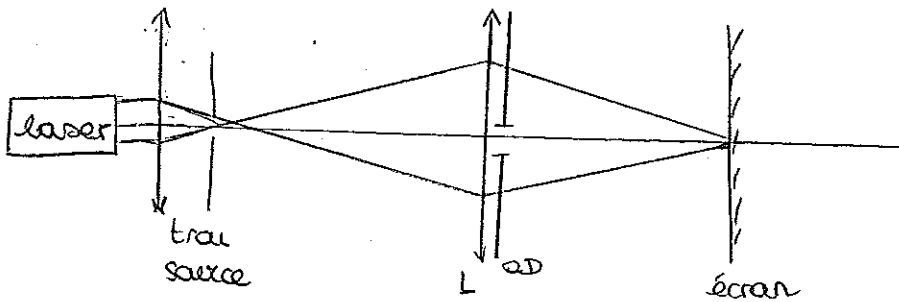
→ cas "particulier" car configuration bien précise. (∞)

1. Montages

on a dit que Fraunhofer s'obtenait pour des distances ∞ pour l'objet et l'image. Donc rigoureusement;



Ici on utilise Fraunhofer approché;



2. Propriétés de la figure de diffraction

- * Diffrac° A L'EXTERIEUR de la figure.
- * la figure de diffraction a les propriétés de la TF (car fig. de diffrac° $\equiv$ TF de la fig. de transparence de l'OD)

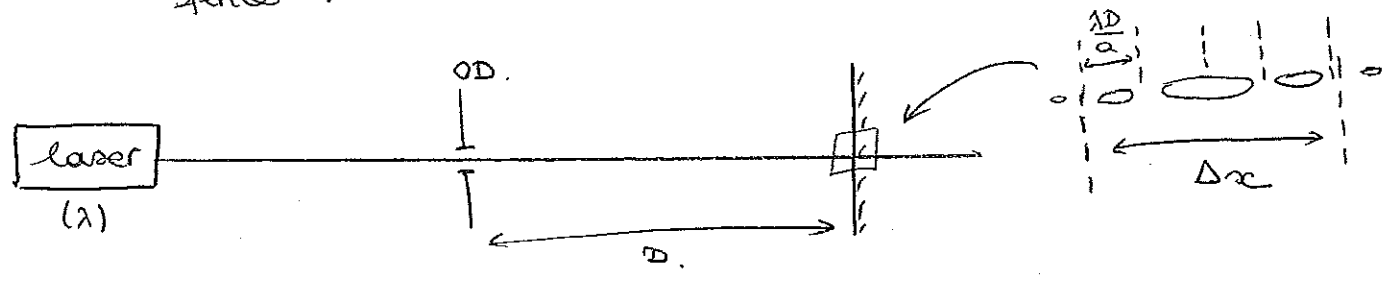
Manip: - ouvrir plus la fente ($a \uparrow$): $\downarrow$ de la tache centrale et resserement de la figure. Si on la referme $\Rightarrow$ étalonn

$\Rightarrow$ correspond au passage de l'espace des dimensions à l'espace de Fourier

- tourner la fente $\Rightarrow$ la figure tourne et s'étale plus sur la direction où la fente est la plus étroite.

$\Rightarrow$ figure $\perp$ fente diffractante

3. Utilisation de la diffraction pour déterminer la largeur d'une fente.



$$\Delta x = \frac{4\lambda D}{a} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{4\lambda D}{\Delta x}$$

on mesure $D = \pm 0,5 \text{ cm}$
 $\Delta x = \pm 1 \text{ mm}$

$$\frac{\Delta a}{a} = \overset{\substack{\text{car } \lambda \\ \text{connu}}}{\cancel{\frac{\Delta \lambda}{\lambda}}} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} = \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x}$$

$\Rightarrow$ $a = \pm$

IV. Application de la diffraction

1. Critère de Rayleigh. (limite de résolution).

* Montage (amélioré ...).

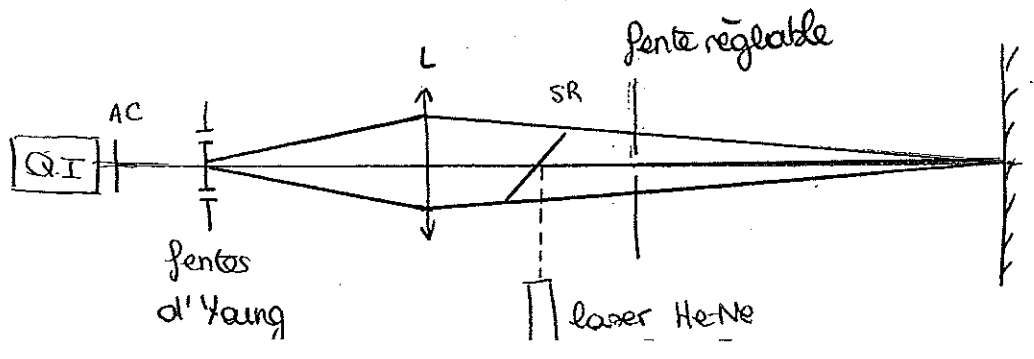
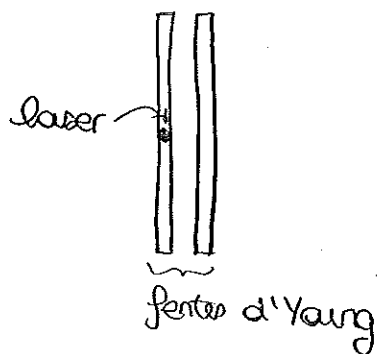
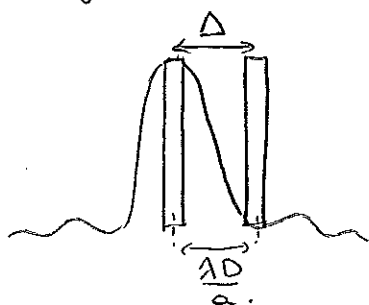


Image formée :



qd on élargit la fente, on observe un brouillage de l'image des fentes dû à la diffraction.

On peut encore séparer 2 objets tant que le ^{premier} min. de la fig. de diffrac° n'a pas dépassé la 2^e fente



Retour manip : qd on a le brouillage le premier min. de la figure de diffraction doit tomber $\%$ la deuxième image.

$$\Delta_{\text{exp}} = \frac{\lambda D}{a} = \pm 1 \text{ mm.}$$

avec $\lambda = 543,5 \text{ nm}$

a : ouverture fente

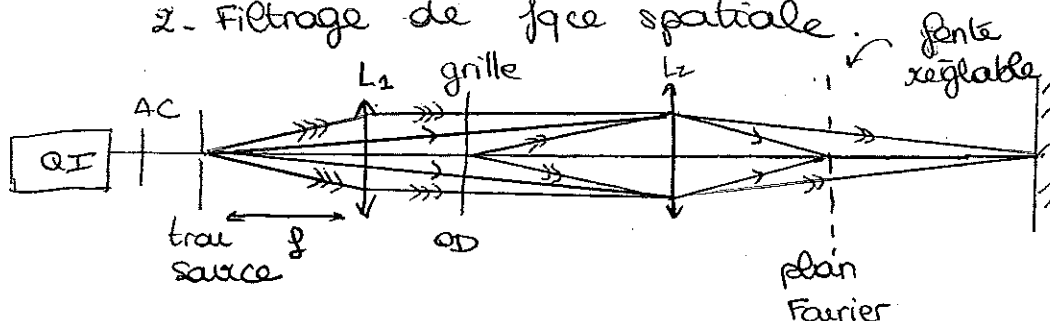
D : dist. objet-écran

$$\Delta_{\text{th}} = \frac{\lambda D}{a}$$

on peut comparer les 2 valeurs.

à partir du momt où les images st espacées de plus de $\frac{\lambda D}{a}$, on pourra les séparer.

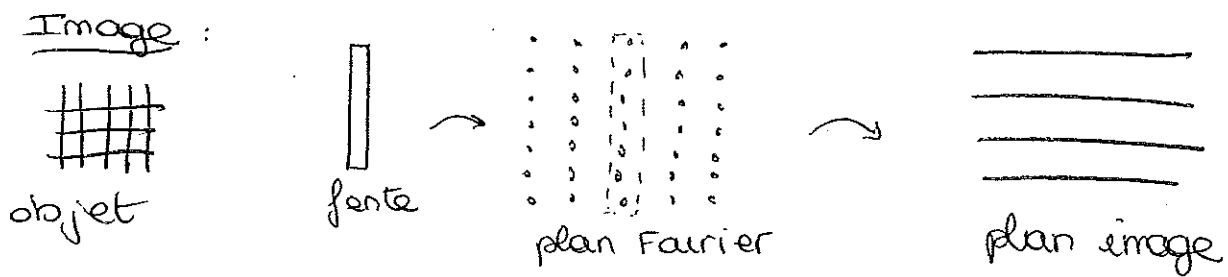
2. Filtrage de fce spatiale



(9)

Si on met une fente verticale ds le plan de Fourier, on ne laisse passer q les composantes verticales ds l'espace de Fourier, soit les composantes horizontales.

De on supprime de l'info que l'on perdra et que l'on ne pourra pas retrouver dans le plan de l'image. C'est ds ce plan q l'on fait le filtrage car la figure de diffraction d'un objet (en condi° de Fraunhofer) se situe dans le plan image de la source.



Conclusion.

au départ la diffraction est vue c° une limite à l'optiq géométriq. c'est en fait aussi une techniq. q a bep d'intérêts et des utilisat°s variées, par ex. celles vues ds ce montage.

