

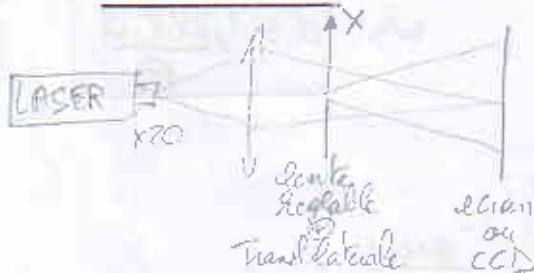
# Montage n°9 Diffraction des ondes lumineuses.

## Introduction

Dans les instruments d'optique, après les aberrations géométriques, c'est la diffraction qui joue un grand rôle. Due à la nature ondulatoire de la lumière, son observation démontre la qualité des systèmes optiques. Sinon celle-ci est importante pour l'obtention d'interférences et conduit à de nombreuses applications.

## 1 Diffraction par un motif unique

### 1) Cas d'une fente : limite entre les figures de Fraunhofer et de Fresnel :



Rq : lorsque on observe la fig de diffraction au voisinage de l'image géométrique d'une source ponctuelle, on est avec une bonne approximation dans les conditions de Fraunhofer.

### \* Observations en Fraunhofer :

- Dans le calcul de l'amplitude diffractée, la présence du produit  $\sin \theta \cdot x$  justifie que la plus grande dimension de la figure de diffraction est  $\perp$  à la plus grande dimension de l'objet diffractant.
- Les conditions rigoureuses sont onde incidente plane, diffraction à l' $\infty$ .
- Si on translate latéralement la fente, il n'y a aucun déplacement sur l'écran.



Pour un point P, la translation ne modifie pas la différence de marche.

### \* Passage de Fraunhofer à Fresnel :

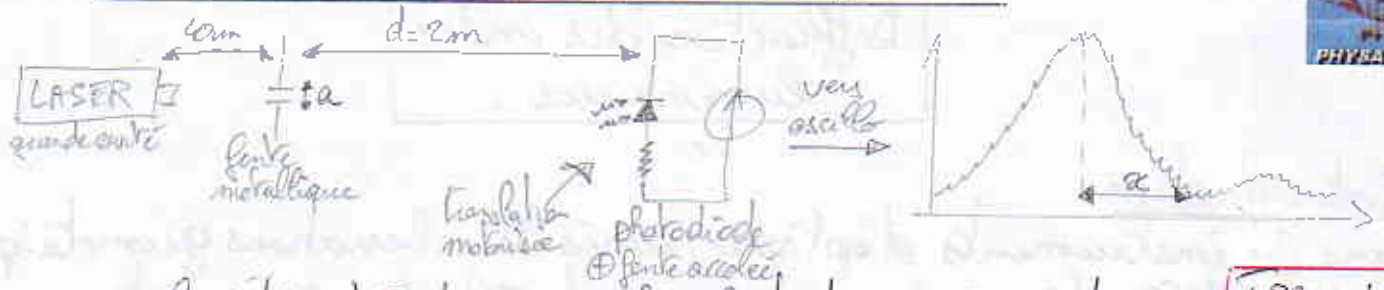
- On rapproche progressivement l'écran de la fente : à ce moment, si on translate latéralement la fente, l'image sur l'écran bouge.
- Plus on rapproche et plus la figure s'allonge verticalement et devient // à la fente, elle est de moins en moins étalée dans la direction horizontale.

Ⓢ : On est en Fraunhofer si la figure de diffraction est beaucoup plus large que la tâche géométrique.



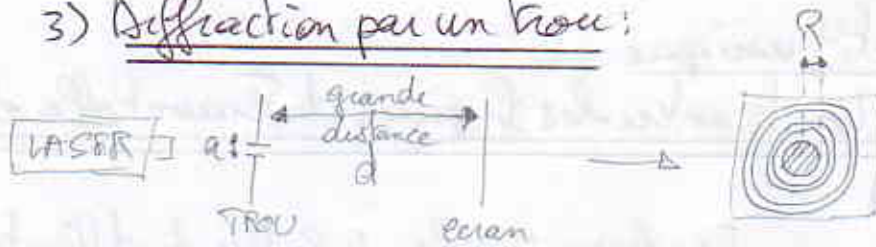


## 2) Enregistrement de la figure de diffraction.



- On mesure les intensités du pic central et du pic secondaire.  $\frac{I_{PS}}{I_{PC}} = 4,4\%$
- la largeur de la tâche centrale nous permet de remonter à la largeur de la fente:  $a = \frac{\lambda d}{\alpha}$

## 3) Diffraction par un trou:



Tâche d'Airy:

$$\sin \theta = \frac{1,22 \lambda}{d} = \frac{R}{d}$$

$$\Rightarrow a = \frac{1,22 \lambda d}{R}$$

Mesurer R et en déduire a. Incertitude.

## II Diffraction par une répétition de motifs:

### 1) Répétition régulière de N fentes identiques

→ Même montage que (I2) avec une plaque présentant 2, 3, 4... N fentes

→ lorsque N augmente:

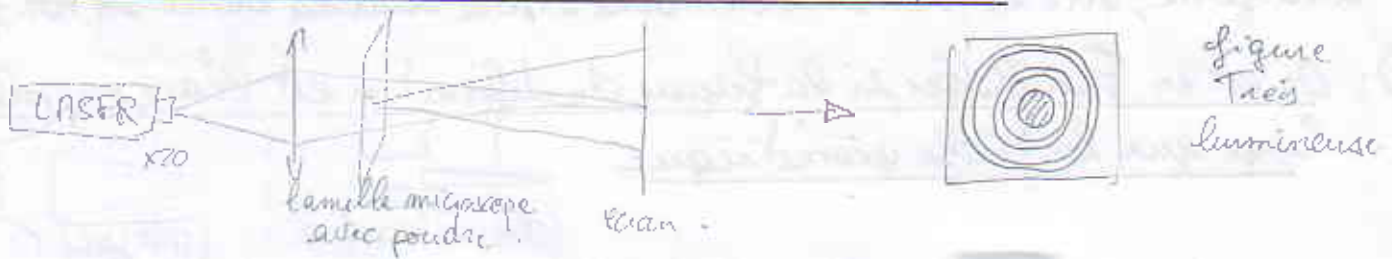
- l'enveloppe reste identique car les traits ont même épaisseur.
- le nombre de max secondaires augmentent (il y en a N-2)
- la largeur des max principaux diminue (inversement % à N a)

19: c'est pourquoi il faut éclairer le maximum de traits du réseau pour avoir un bon pouvoir de résolution en spectroscopie.

→ Pour les réseaux:

- l'enveloppe s'étale rapidement au fur et à mesure que N augmente (on est obligé de diminuer l'épaisseur des traits)
- la dispersion d'un même ordre d'interférence augmente avec le nombre de traits.

### 2) Répétition irrégulière: Poudre de lycopode:





Observations: la figure de diffraction est celle d'un trou circulaire de faible diamètre.

Arctenir: la figure de diffraction par un grand nombre d'objets identiques répartis aléatoirement est la même que pour un seul objet mais elle est  $N$  fois plus intense.

Rq: Ici le théorème de Babinet intervient: ce ne sont pas des trous mais des petites sphères.

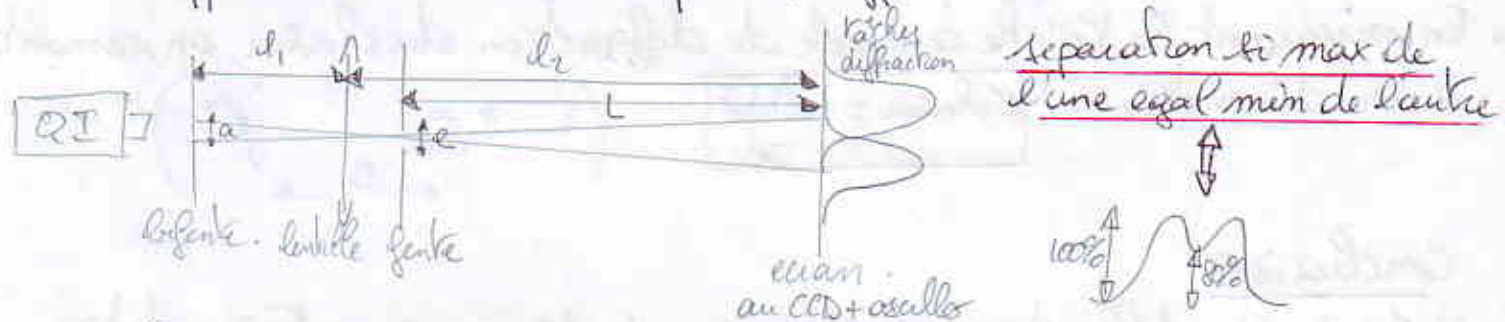
Manipulation: par la mesure de la tâche centrale (d'Airy), on remonte au rayon des petites sphères de la poudre.



### III Applications de la diffraction:

#### 1) Pouvoir séparateur: critère de Rayleigh

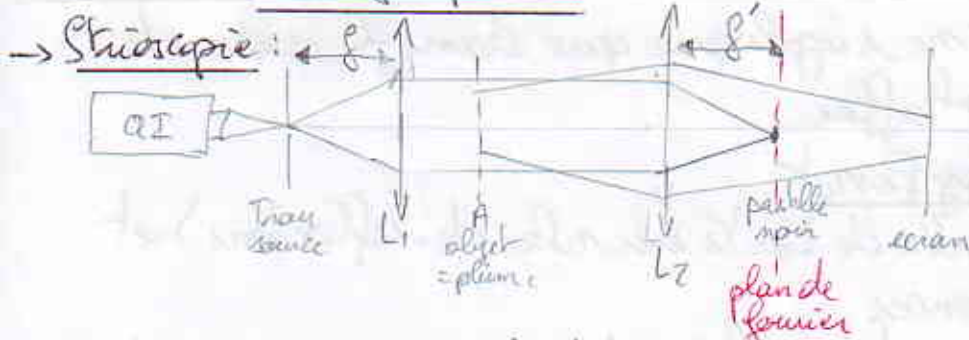
C'est l'aptitude d'un instrument d'optique à séparer et percevoir des détails rapprochés. Il est limité par la diffraction.



Manipulation: On joue sur la longueur  $e$  afin d'avoir la séparation.

On a  $e = \frac{\lambda L_1}{a L_2}$ . Comparer l'exp et le calc.

#### 2) Filtrage spatial:



Rq: 1. le trou source est conjugué avec la pantille par  $L_1$   
2. l'objet est conjugué avec l'écran par  $L_2$

• Cette expérience permet de vérifier le principe d'Huygens: on ne devrait pas avoir de lumière sur l'écran sauf si l'objet se comporte comme source secondaire de lumière.

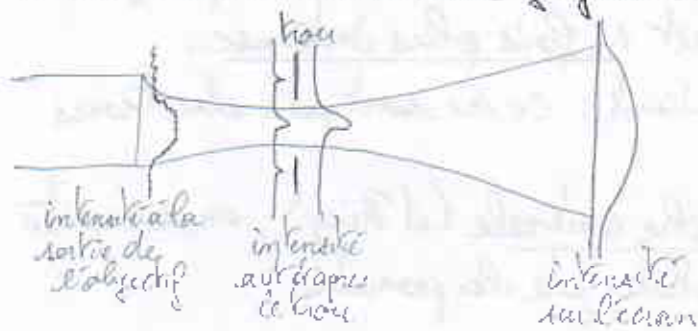
• On voit sur l'écran les détails de l'objet qui correspondent aux fréquences spatiales hautes.

l'image, basse fréquence, est atténuée.



## → Nettoyage d'un faisceau laser:

Un grain de poussière qui rencontrerait le faisceau diffuse une très faible fraction de l'énergie lumineuse mais avec la cohérence du laser, il donne sur l'écran une figure de diffraction très contrastée.



Il: le trou sert à éliminer les fréquences spatiales élevées indésirables et le faisceau retrouve sa puce gaussienne originale.

Rq: le trou est placé au waist du laser

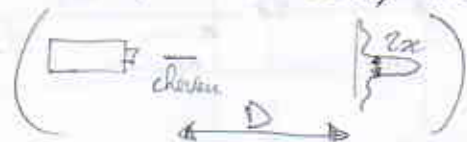


## 3) Mesure de petites dimensions:

On montre expérimentalement le théorème de Babinet en effectuant les taches de diffraction par une fente et un cheveu et en remarquant qu'elles sont identiques.

En mesurant la tache centrale de diffraction du cheveu, on remonte à son diamètre:

$$\phi_{\text{cheveu}} = \frac{\lambda D}{\alpha}$$



## Conclusion:

Grâce à la diffraction, des mesures de dimensions très petites peuvent être réalisées: méthode des poudres et spectroscopie RX. Dans des instruments d'optique, la diffraction limite leur résolution (inconvenient).

Le théorème de Babinet ne s'applique que dans le cadre de la diffraction de Fraunhofer.

Analogie Réseau - Fabry Perot:

Plus on augmente N (nbre de traits ou nbre de réflexions) et plus il y a d'interférences.

les calculs de finesse sont analogues