**Leçon de Physique n°19**
**Diffraction de Fraunhofer**

Niveau : CPGE : 2ème année

Programme :

| Notions et contenus | Capacités exigibles |
|---|---|
| Généralisation au montage de Fraunhofer : trous d'Young ; ensemble de N trous alignés équidistants. | Confronter ce modèle à l'étude expérimentale du réseau plan. |

Livres : Perez Optique, Tout-en-un PC DUNOD, Sextant Optique, Gié Tec&Doc MP, Faroux Renault Optique géométrique, H prépa, Bellier, Mauras Optique physique

Pré-requis : optique géométrique, interférences, trous d'Young

Expérience introductive :
Laser+fente => figure avec 1 point lumineux central + franges + points secondaires d'intensité plus faible
→ sEcart par rapport à l'optique géométrique qui ne peut s'expliquer que par un écart à ce qui la fonde, c'est à dire l'approximation selon laquelle la distance caractéristique de variation de l'amplitude est très supérieure à la longueur d'onde *Tout en un*
→ caractère ondulatoire de la lumière → optique ondulatoire
exemple : lumière du soleil ou lampadaire à travers un voilage ou lumière de la lune + brouillard

## 1 – Principe d'Huygens-Fresnel – Diffraction de Fraunhofer

a – Principe d'Huygens-Fresnel
Schéma
Soit S une source ponctuelle de lumière monochromatique et une surface Σ entourant S

- chaque point M de Σ atteinte par l'onde venant de S se comporte comme une source secondaire ponctuelle qui émet une onde sphérique, cette onde secondaire a la même phase en M que l'onde incidente et une amplitude proportionnelle à celle de l'onde incidente en M et à l'élément de surface dSM
- les sources secondaires sont cohérentes entre elles
- expression mathématique, *Tout en un, BFR*

Donner les domaines de validité sans démonstration
(on peut directement considérer une onde plane arrivant sur Σ => $a_0$/PS=cste)
Amplitude dans la formule HF=amplitude sans objet diffractant

## 2 – Diffraction de Fraunhofer

a – Approximation de Fraunhofer

On considère la diffraction d'une onde monochromatique plane produite par un diaphragme plan Eo, l'onde est supposée en incidence normale, on calcule le terme k.r correspondant au rayon diffracté par M(x,y) et arrivant en P(x1,y1,R), on a $r = MP \sim r_o + (x^2+y^2)/2R-(\alpha x+\beta y)$

Pour obtenir la diffraction de Fraunhofer il faut avoir $k(x^2+y^2)/2R \ll 1$, ODG de R pour un laser et une fente de rayon a=1mm : R>>20cm, *BFR, Mauras ch5*

b – Diffraction de Fraunhofer d'une onde plane par un diaphragme plan

Problème : le chemin optique est infini et ne peut être exprimé mais lorsque l'on superpose des ondes cohérentes ce n'est pas la phase absolue qui compte mais le déphasage relatif entre les ondes, on prend l'origine des phases en un point O de Eo, la différence de marche entre un rayon diffracté en M de direction u et un diffracté en O de direction u vaut : $\delta=(-OM.u)=(-\alpha x-\beta y)$ et on a :

$$s(\alpha,\beta)=A*so*\S\S t(x,y)*\exp(-i2\pi/\lambda*(\alpha x+\beta y))dxdy$$

Attention il faut préciser si on exprime un amplitude complexe ou l'amplitude de l'onde onde monochromatique (dans le cas le terme so contient le terme exp(-iwt))

Mathématiquement $s(\alpha,\beta)$ est la TF de $t(x,y)$, si l'onde n'est pas en incidence normale sur Eo on a $\delta=((\alpha'-\alpha)x+(\beta'-\beta)y)$, *BFR*

c – Rôle de la diffraction de Fraunhofer dans la formation des images

- Montage permettant d'observer la diffraction de Fraunhofer avec deux lentilles et un diaphragme
- on peut accoler les deux lentilles au diaphragme : on a une seule lentille, la monture représente le diaphragme => c'est la diffraction de Fraunhofer qui accompagne inévitablement la formation des images, *BFR*

### 3 – Exemples et applications

a – Fente rectangulaire

Calcul de l'éclairement, la tache centrale est plus large dans la direction où la fente est la plus étroite, figure de diffraction, *BFR, Tec&Doc*

b – ouverture circulaire

Calcul complexe qui nécessite les fonctions de Bessel, on adopte des coordonnées cylindriques, donner la figure de diffraction : la tache centrale est appelée tache d'Airy, l'angle $\theta 1$ correspondant au premier anneau sombre est donné par : $\sin(\theta 1)=1.22\lambda/2R$
Dire que même avec un système optique parfait, on n'obtient pas une image ponctuelle car les montures circulaire introduisent une certaine diffraction, *BFR*

c – Limite de résolution spatiale d'un instrument d'optique

- limite théorique : critère de Rayleigh (illustration avec un instrument qui forme l'image de 2 étoiles), à la limite de résolution le premier minimum nul de l'une des taches d'Airy coïncide avec le maximum principal de l'autre, *BFR, Mauras*
- limites pratiques : atmosphère, structure granulaire du détecteur