

LP 35 Diffraction de Fraunhofer

Présenté par Guillaume Follet, le 9 Janvier 2017

Niveau : Licence 2

Pré-requis : Optique géométrique (L1), Introduction à l'optique ondulatoire (L2)

Objectifs : Décrire le phénomène de diffraction, l'étudier dans un cas général et dans un cas particulier, étudier des applications de la diffraction.

Introduction:

- Définition de la diffraction
- **Manip** : Laser + fente réglable, montrer que si la fente est de + en + petite, il y a éparpillement de la lumière
- Contextualisation : Rôle essentiel de la diffraction dans la formation des images

I) Diffraction par un diaphragme plan

1) Principe d'Huygens-Fresnel

Énoncé des deux parties du principe : Huygens 1678 et Fresnel 1818

Formule de l'amplitude complexe en un point P quelconque en fonction de l'amplitude au point M d'une surface d'onde + Schéma.

2) Mise en équation

Diaphragme plan quelconque

Amplitude complexe en un point P

Calculer distance MP (diaphragme centre O-point quelconque)

Exponentielle trop compliquée à calculer avec l'expression de la distance r

Introduction donc de l'approximation de Fraunhofer

3) Approximation de Fraunhofer

Suppose $R=OP$ suffisamment grand devant les autres distances, Q constant et ne prendre que les termes linéaires dans l'expression de r

On peut donc calculer l'amplitude complexe

Formule fondamentale de la diffraction

4) Éclairement dans le plan d'observation

Introduire fréquences spatiales

Réécriture de l'amplitude complexe en fonction des fréquences spatiales

Définition de l'éclairement = intensité de l'onde lumineuse

Formule éclairement en fonction de l'amplitude complexe au point M

Définition de la transmittance : réduction à $t=0$ ou 1

Formule éclairement en fonction de la transmittance

5) Conditions de l'approximation de Fraunhofer

Quelles sont les conditions pour lesquelles l'approximation réalisé précédemment est considéré comme valide ?

Le terme quadratique dans l'expression de r doit être inférieur à 1 dans la phase.

Exemple de calcul : pour une longueur d'onde de 600 nm et une ouverture de taille $0,1 \text{ mm}$, on doit avoir $R > 2,5 \text{ m}$ pour que l'approximation de Fraunhofer soit valide.

II) Diffraction par une ouverture rectangulaire

1) Amplitude de l'onde dans le plan d'observation

Partir de la transmittance et calculer l'amplitude de l'onde.

Reconnaître sinus cardinal

2) Intensité de l'onde dans le plan d'observation

Calcul

Reconnaître sinus cardinal carré, on choisit une situation plus simple, la fente pour pouvoir étudier cette fonction plus facilement

3) Cas d'une fente

On se restreint à une dimension

Intensité en fonction d'une seule dimension

Étude de la fonction

Manip : montrer la figure de diffraction

Cas de longueurs et largeurs très supérieurs à la longueur d'onde : on retrouve l'optique géométrique

Manip : Utiliser le porte-diapos

III) Applications

1) Théorème de Babinet

Définition de deux objets complémentaires

Transmittance de deux objets complémentaires. Amplitude des 2 objets.

Somme des amplitude des 2 objets vaut l'amplitude lorsqu'il n'y a pas d'objet.

Égalité des intensités lumineuses des 2 objets.

Sert pour calculer la taille d'objets petits comme un cheveu car c'est la même figure de diffraction qu'une fente de la taille du cheveu.

2) Limitation du pouvoir de résolution

Image d'une bifente grâce à une lentille. Autour de chaque image d'une des fentes, on a la figure de diffraction caractéristique. Séparation des deux figures de diffraction.

Critère de Rayleigh : Deux images ne sont plus séparables dès que le maximum du pic central de la figure de diffraction d'un des objets coïncide avec le premier minimum de la figure de diffraction du second objet. Formule de la distance minimum.

Application Numérique : Séparation de deux points sur la Lune vu par l'oeil (~ 50 km)

Conclusion

Caractériser la diffraction dans le cas général et dans le cas particulier de la fente.

Applications. Ouverture sur filtrage spectrale.

Bibliographie

Optique : Fondements et applications, José-Philippe Pérez, Dunod

Optique ondulatoire : Cours Tome 1, Agnès Maurel, Éditions Belin