

**LP n° 35**    **Titre :** Diffraction de Fraunhofer

**Présentée par :** Alexandra d'Arco

**Rapport écrit par :** Gloria & Jules

**Correcteur :** Agnès Maitre

**Date :** 20/11/2018

### Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Optique et physique ondulatoire	BFR	Dunod	1986
Ondes lumineuses		Boeck	

### Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : L3

Pré-requis :

- Optique Géométrique
- Interférences
- Transformée de Fourier

Première présentation expérimentale : LASER + fente que l'on rétrécit progressivement + écran.  
Limite de l'optique géométrique -> nécessité de considérer l'aspect ondulatoire de la lumière.

#### I. Phénomène de diffraction

##### 1) Principe de Huygens Fresnel

Brève illustration sur un système de vagues diffractées par une digue.

Enoncé du principe d'huygens : chaque point P d'une surface éclairée par la lumière peut être considéré comme une source secondaire émettant une onde sphérique. Les différentes sources secondaires interfèrent entre elles.

#### 4min

Schéma de principe pour la diffraction - définition des différentes notations.

Définition de la vibration lumineuse, du facteur de transmission comme rapport des vibration juste après et juste avant l'objet diffractant. On suppose dans la suite que ce coefficient est réel.  
La vibration lumineuse au point M est l'intégrale sur la surface diffractante des ondes sphériques émises par chaque élément de surface.

#### 7min30s

##### 2) Approximation de Fraunhofer

Diffraction de fraunhofer = diffraction à l'infini ( $1/D = 0$ ) d'une onde plane (i.e. source à l'infini :  $1/d = 0$ ).

On donne les coordonnées du vecteur PM et sans calcul sa norme dans l'approximation considérée.

Détermination de la vibration lumineuse en un point M d'observation et un point P de la surface  $\Sigma$ . Passage du principe d'Huygens Fresnel à la transformée de Fourier du coefficient de

transmission.

**14min**

Montage expérimental à deux lentilles pour la diffraction de Fraunhofer. Passage au montage à une lentille.

**16min**

II. **Figures de diffraction**

1) **Fente rectangulaire**

Schéma de principe et transformée de Fourier de la fonction  $\text{rect}(x)$  sur PWP. Vibration en un point M de l'écran, intensité.

Tracé de la fonction sinus cardinal, analyse des premiers points d'annulation, intensité contenue dans la tache centrale. Croix de Mills

2) **Diaphragme circulaire**

Schéma de principe et transformée de Fourier de la fonction  $\text{circ}(x)$  sur PWP. Vibration en un point M de l'écran, intensité. Graphique de la fonction de Bessel, analyse des premiers points d'annulation, tache d'Airy, intensité contenue dans la tache centrale.

**26min30**

Animation diffraction par une fente circulaire.

Utiliser la diffraction pour modifier des images → filtrage spatial

**27min30**

III. **Filtrage spatial**

Définition des fréquences spatiales, modifier la figure de diffraction → modifier les fréquences spatiales.

Expérience d'Abbe : Grille comme objet diffractant et observation du filtrage.

Schéma de principe à deux lentilles : passage de l'objet diffractant à sa transformée de Fourier, à son image, lien de transformée de Fourier inverse entre le plan de Fraunhofer et l'écran.

Si l'objet a des hautes fréquences spatiales on se retrouve avec des basses fréquences dans le plan de Fraunhofer.

**32min**

Réalisation expérimentale de l'expérience d'Abbe. Fente verticale.

Analyse de l'expérience sur PWP. Passage sur l'expérience en fente verticale.

**35min**

Objet à deux types de détails : détail large et détail étroit sur PWP.

**36min40**

Conclusion : phénomène d'interférence grâce au principe d'Huygens Fresnel. Toujours centrée sur l'image, et dans le plan de formation de l'image géométrique.

Ouverture sur le phénomène de strioscopie.

### Questions posées par l'enseignant

- Que se passe-t-il par translation du motif diffractant ? Pas de modification de l'intensité. Modification du terme de phase, donc de la vibration.
  - Si on met 2 fentes : interférences dans la figure de diffraction
  - Que se passe-t-il si on translate la source ? On ne modifie pas la forme, on modifie la position de l'image géométrique donc la position de la figure de diffraction.
  - Quel lien entre la diffraction et la formation des images ? Conséquences ?
  - Si on fait l'image d'un point source par une lentille on obtient quoi ? Faisceau limité par la lentille : on observe l'image géométrique entourée de la figure de diffraction due par la lentille. La lentille (modélisé par une lentille parfaite+diaphragme) est déjà un objet diffractant : donc son image est une tache d'Airy.
  - OdG du rayon de la tâche obtenu ? quelques micromètres.
  - C'est quoi l'ouverture numérique? sinus de l'angle maximal d'entrée dans le système optique (R/D)
- > TOUT INSTRUMENT D'OPTIQUE EST UN DIAPHRAGME
- Si on prend 2 sources ponctuelles incohérentes on voit quoi à l'écran ? Superposition des taches d'Airy avec léger décalage dû au décalage de la source. → Critère de Rayleigh
  - Conséquences ? On peut pas voir 2 points trop proches : limite de la résolution des instruments d'optique. Discussion sur le télescope
  - Discussion sur la strioscopie : application pour supprimer le fond continu, ou au contraire pour couper l'image géométrique.
  - Application de l'expérience d'Abbe à l'appareil photo numérique : filtrer une poussière qui est sur le capteur. TF numérique.
  - Si la taille de l'ouverture est plus petite que la longueur d'onde : passe sur le régime de l'onde évanescente.

### Commentaires donnés par l'enseignant

- Très bien. C'est clair. C'est une leçon technique, on ne peut pas éviter le calcul de diffraction au début de la leçon, fentes c'est incontournable, diffraction par une ouverture circulaire à faire soit par TF soit qualitativement. Expérience d'Abbe intéressant mais pas incontournable on peut le remplacer par les propriétés de la diffraction : bouger la fente, bouger la source etc..
- Montrer une ou deux expériences c'est bien.

aparté sur "battre la diffraction" : critère de Rayleigh pas toujours vrai. il est vrai pour l'oeil (critère XIXème) mais pour de nombreux détecteurs on peut aller au-delà. Mais le problème c'est l'oeil : il a une grande dynamique mais une faible précision en intensité. Si on prend un capteur CCD on arrive très bien à distinguer, et mieux le détecteur peut résoudre une petite différence d'intensité, plus on pourra distinguer des points proches. La seule chose qui pourrait fondamentalement limiter la résolution c'est le bruit. Si le bruit est plus important que la variation d'intensité entre deux pics voisins c'est mort.

La vraie notion de résolution spatiale n'est pas d'être capable de distinguer deux points indépendants, mais d'arriver à remonter à la forme d'une source plus petite que la limite de diffraction.