

## LP 33 : Diffraction de Fraunhofer



**Christiaan Huygens**  
(1629-1695)



**Augustin Fresnel**  
(1788-1827)

Hugo Pfister

L2

Prérequis : Notation cxe, TF, Interférences

Si j'éclaire une fente rectangulaire, l'optique géométrique dit qu'on doit observer une image rectangulaire. Mais regardez, si je rétrécis la fente, on voit des tâches. Analogie avec vaguelettes sphériques en sortie d'un port. On va essayer de développer un modèle mathématique pour comprendre l'expérience introductive.

### I) Diffraction à l'infini

#### 1) Principe de Huyghens-Fresnel

Huyghens (1678) : Chaque point M du diaphragme de surface  $dS$  peut être considéré comme une source secondaire dont l'amplitude est proportionnelle à  $dS$  et proportionnelle à l'amplitude incidente

Fresnel (1818) : L'onde émise est sphérique et elles interfèrent entre elles

Montrer une vision géométrique des petites ondelettes sphériques. Traduction mathématique du principe de Huyghens-Fresnel.

## 2) Diffraction de Fraunhofer

On suppose que la distance objet-écran est très grande devant les autres grandeurs du problème. On traduit mathématiquement cette hypothèse, en faisant un  $DL_1$  dans l'exponentielle et un  $DL_0$  au dénominateur. On réécrit donc le principe de Huyghens-Fresnel. C'est vraiment sympa, ça permet de simplifier de façon cool notre problème.

On va tout éclairer en incidence normale, mais on montre rapidement ce qu'il se passe si on ne le fait pas.

On regarde si les conditions dans lesquelles on a fait la manip correspond aux conditions de Fraunhofer, c'est OK. Dans un trou de l'ordre de 1mm, il faut se placer à environ 100 m pour être dans les conditions de Fraunhofer : au quotidien, ça marche pas.

## 3) Mise en œuvre expérimentale

On présente le montage de Fraunhofer. On observera donc dans le plan focal d'une lentille.

## 4) Notion de transmittance

Discussion sur ce que c'est, et discuter de  $t=0$  ou  $t=1$

# II) Figures de diffraction

## 1) Fente rectangulaire

Calcul complet, avec une longueur beaucoup plus grande que l'autre et les conditions de Fraunhofer. On fait apparaître le Sinus cardinal, et on remarque que ce qu'on voit, c'est la TF de la transmittance. Etude de la fonction sinus cardinal, point où ça s'annule, etc... On peut même montrer le graphe.

Commentaire où on retourne sur la manip, où on calcule la largeur de la tâche centrale.

Petit commentaire sur ce qu'il se passe en symétrie cylindrique, tâche d'Airy, etc.

## 2) Théorème de Babinet

On l'énonce et on le démontre. On peut faire la manip en remplaçant la fente par un fil.

# III) Application à l'optique

## 1) Critère de Rayleigh

Distance minimale entre les deux tâches, application aux détails qu'on peut voir avec un œil.

Evocation des télescopes, des étoiles doubles, etc...

Le 2 était sur la [strioscopie](#), le filtrage spatial, et la manip avec l'empreinte digitale sur le scotch.

## Questions :

-La strioscopie, ça sert à quoi en pratique ? Biologie, pour les cellules, contraste de phase pour voir les variations d'indice, donc les différentes « parties » des cellules.

- Transparents où Huyghens-Fresnel géométrique, tu dis que n'importe quel point réémet, donc ça diffracte partout en fait ? Oui Quand peut-on faire de l'optique géométrique du coup ? Toutes les grandeurs qu'on considère sont très grandes devant la longueur d'onde

-Dans ta formule, tu peux interpréter le terme en  $xX/R$  et  $yY/R$  ? Différence de marche entre le rayon issu de P et celui de O.

-Tu n'as pas du tout parlé des conditions de Fraunhofer AVANT l'objet diffractant, tu peux ? On éclaire avec un laser qui émet une onde plane. Dans quelle mesure c'est une onde plane ?

- Ca correspond à quoi, une transmittance complexe ? Ca rajoute un terme de phase.

-Pourquoi tu nous as parlé du sinus cardinal au carré ? Parce qu'on s'intéresse au module carré de l'amplitude, l'intensité.

## Commentaires :

-Le I est très bien. Le III a été trop court (forcément), c'est dommage car l'idée était bonne.

-Surtout commenter la tâche centrale dans la manip introductive, ne pas insister sur les autres petites tâches. Expliquer le lien entre largeur fente et largeur frange centrale. Revenir dessus quand on fait le II. Dire qu'on retombe sur l'optique géométrique quand la taille de la fente est infinie (cf lien avec la question sur la propagation « partout »).

-Montrer ce qu'est géométriquement le terme dans l'exponentielle (à relier avec la différence de marche)

-Quand on fait les ODG sur les conditions de Fraunhofer, ne pas dire « on ne voit pas l'effet de la diffraction », mais plutôt « on n'est pas dans les conditions de Fraunhofer » : il y a de la diffraction de Fresnel !

-On peut laisser ce qu'il se passe avant la lentille (complètement symétrique).

-Les manip, il faut les montrer avec une flexcam, histoire que le jury n'ait pas à se lever.