

# LP2020 – FILTRAGE OPTIQUE

10 juin 2021

Deleuze Julie & Jocteur Tristan

## Bibliographie

- ✚ <http://sites.unice.fr/site/aristidi/optique/filt.pdf>, Chapitre 2 : Filtrage optique
- ✚ <http://hebergement.u-psud.fr/13papp/wp-content/uploads/2016/03/Cours-5-Diffraction.pdf>

J'aime bien ce cours, c'est lui qui guide la leçon

Microscopie à contraste de phase (bon c'est très sommaire mais en même temps y'a pas mille trucs à dire)

## Prérequis

- Diffraction de Fresnel et Fraunhofer
- Filtrage en électrocinétique
- Analyse de Fourier

## Table des matières

|          |                                                           |          |
|----------|-----------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Théorie de la diffraction : rappels et réalisation</b> | <b>2</b> |
| 1.1      | Régime de Fresnel . . . . .                               | 2        |
| 1.2      | Régime de Fraunhofer . . . . .                            | 2        |
| 1.3      | Réalisation expérimentale . . . . .                       | 2        |
| <b>2</b> | <b>Le filtrage optique, un filtrage spatial</b>           | <b>3</b> |
| 2.1      | Filtres optiques : les masques . . . . .                  | 3        |
| 2.2      | Retour à l'objet : le montage 4f . . . . .                | 3        |
| 2.3      | Expérience d'Abbe . . . . .                               | 3        |
| <b>3</b> | <b>Applications</b>                                       | <b>4</b> |
| 3.1      | Détramage et strioscopie . . . . .                        | 4        |
| 3.2      | Microscopie à contraste de phase . . . . .                | 4        |
| 3.3      | Limite de diffraction . . . . .                           | 4        |

## Remarques

Je patauge un peu mais j'aime bien le premier cours que j'ai mis dans le sens où il repose tout à plat en repartant de Fresnel directement et pour montrer comment les montages permettent d'être en Fraunhofer exact. C'est ce qu'il me semble le mieux car on veut du réel, pas que de la théorie donc il faut expliquer pourquoi nos montages marchent. C'est un peu long et calculatoire mais une fois qu'on y est tout est bien posé, on a des fonctions de transfert, des réponses impulsionnelles. Ce qui nous amène ensuite aux applications (après avoir fait une première démo sur la grille bien sûr) : la première que je trouve évidente c'est le critère de Rayleigh (c'est plus proche des télescopes de le traiter comme ça, on fait pas comme si on avait qu'un diaphragme, **spoiler alert j'ai changé d'avis**) puis on fait le reste : je propose la microscopie à contraste de phase puis la strioscopie avec l'imagerie Schlieren (bon on la fera pas en direct). Ça me semble déjà être assez costaud. Juste un truc sur lequel je ne sais pas trop comment faire c'est l'introduction de la notion de fréquences spatiales. Je pense le faire directement dans les rappels de Fraunhofer, c'est un peu hypocrite sinon de faire genre on voit apparaître la transformée de Fourier qu'à ce stade du cours.

## Introduction

Le filtrage en électrocinétique est super puissant, ce qu'on va voir c'est qu'on peut mettre en oeuvre une technique similaire sur des objets beaucoup plus concrets que des signaux électriques.

## 1 Théorie de la diffraction : rappels et réalisation

Les deux premières parties sont très rapides, ce sont juste des rappels ! (y consacrer entre 5 et 10 min idéalement)

### 1.1 Régime de Fresnel

⚡ à trouver mais on peut se baser sur le LP Fraunhofer

Une partie qui permet de se replacer au début du cours. On redonne toutes nos hypothèses (avec schéma général et tout) et on rappelle le résultat : la transformée de Fresnel-Fraunhofer.

### 1.2 Régime de Fraunhofer

⚡ à trouver mais on peut se baser sur le LP Fraunhofer

On rappelle aussi que moyennant les approximations qui suivent on passe en régime de Fraunhofer. Montrer l'aspect transformée de Fourier et redéfinir les fréquences spatiales.

↓ *Tout ça c'est très théorique, dans la vraie vie comment s'y prend-on pour se placer en régime de Fraunhofer ?*

### 1.3 Réalisation expérimentale

⚡ Université de Nice

On présente le montage 2f puis on fait les calculs. On retrouve bien une relation de transformée de Fourier exacte et on peut définir les fréquences spatiales avec la focale de la lentille.

↓ *Cette figure de diffraction c'est le spectre de l'objet donc. Et si on essayait d'agir dessus comme on le fait en électrocinétique ?*



## 2 Le filtrage optique, un filtrage spatial

### 2.1 Filtres optiques : les masques

✍ Université de Nice

En électrocinétique des circuits sombres à travers lesquels traverse le signal permet d'agir sur le spectre de ce dernier. Quel en est l'équivalent en optique ? Ici on voit directement le spectre : c'est la figure de diffraction. Pour le moduler, il suffit de l'intercepter avec un masque !

Partie relation objet - objet filtré, on définit le masque par sa transmittance, on fait les calculs. On en tire une fonction de transfert (et éventuellement une réponse impulsionnelle) : on retrouve le formalisme électrocinétique qu'ils connaissent bien. Pourquoi pas un exemple (je ne vois pas trop l'intérêt de celui de l'université de Nice mais il a le mérite d'être clair).



Parfait, on a filtré la transmittance. Mais le signal d'intérêt ce n'est pas le spectre, c'est l'objet.

### 2.2 Retour à l'objet : le montage 4f

✍ Université de Nice

On se place directement en 4f. On peut passer allègrement les calculs maintenant qu'on a tout le principe : finalement on rajoute simplement un deuxième montage 2f, on a juste ajout d'un facteur de phase et d'un renversement (à nous de voir si on pense avoir le temps de les justifier par le calcul). La fonction de transfert reste la même que tout à l'heure sans surprise.

### 2.3 Expérience d'Abbe

✍ pas de référence encore

Je pense qu'il faut rester qualitatif ici, on a déjà fait assez de calculs comme ça. Au tableau on dessine la grille et la figure de diffraction associée, on identifie les fréquences spatiales sur l'objet et on les associe aux pics de la figure de diffraction. Que va-t-il se passer si l'on enlève un de ces pics ? On peut déjà l'intuiter mais autant le vérifier expérimentalement :



#### Expérience d'Abbe

✍ MP9 - Diffraction



Là on a plusieurs choix. Le choix du montage est pertinent puisqu'il permet d'observer et la figure de diffraction et l'objet après filtrage mais il faut expliquer le montage dans ce cas puisqu'il n'est plus vraiment 4f. Ou sinon on dit juste c'est comme le 4f mais on l'a éclaté et vu qu'on a pas les mêmes lentilles on a un terme de grandissement. Les deux me paraissent justifiés. Dans tous les cas on fait le montage et après on filtre les deux directions. Waouh c'est vraiment magique !



L'expérience d'Abbe est très illustrative mais le filtrage optique ne se limite pas à ça. Il a un réel pouvoir explicatif et utile



## 3 Applications

### 3.1 Détramage et strioscopie

✍ Fruchart p336, Houard p 332

On refait bien le lien entre place dans le plan de Fourier et valeur de la fréquence (BF au centre et HF à l'extérieur). De même qu'en électrocinétique les HF définissent les détails alors que les BF définissent la forme globale de l'image. On a alors deux types de filtrage possibles (parler de passe-haut et passe-bas pour se rattacher à l'électrocinétique) :

- Le détramage : on coupe les hautes fréquences, on perd les petits détails. Utilité ? Je ne connais que l'esthétique pour les images récupérées de la presse (ou autre impression).
- La strioscopie : on coupe les basses fréquences, on ne garde que les détails. Application à l'imagerie Schlieren, microscopie en champ sombre pour faire la transition.



#### Transformons Fourier



On remplace la grille par la tête de Joseph et on le détrame puis on le strioscopise pendant nos explications.



*On peut essayer d'être un peu plus fin que ça !*

### 3.2 Microscopie à contraste de phase

✍ Université Paris-Sud

On explique le principe et sa réalisation. On montre bien en quoi c'est mieux que le champ sombre : on a l'ordre 1 ici !



*Malgré toutes ces applications très utiles, parfois on a des situations de filtrage optique forcé qui nous limitent grandement*

### 3.3 Limite de diffraction

✍ Université de Nice

Finalement je mets cette partie en dernier car elle est longue et nécessite pas mal de calculs mais bon le résultat est plutôt chouette. Donc à voir en fonction du temps qu'il nous reste, c'est une partie tampon.

## Conclusion

Ouvrir sur les autres limites que le diaphragme des lentilles ? Garder l'imagerie Schlieren pour l'ouverture ? C'est à voir !