

Intro : ~~la lumière est la~~

Vue = principal sens de l'homme
 ↳ lire, reconnaître ses proches, se déplacer

Travail sur la p-scopie

⇒ on a cherché à manipuler cette lumière

~~la lumière est la~~

→ Lunettes pour mieux voir

→ Écrans

→ Fluorescence

Aujourd'hui, filtrer la lumière

Microscope cf diapo

Def : (optique) Filtre = dispositif qui reçoit de la lumière et qui n'en laisse passer qu'une partie en sortie

(sont particulièrement intéressants)

→ 2 types : fréquentiels / spatiaux

Donc, un filtre peut déplacer une partie de la lumière...

↳ Dispositif qui modifie la lumière une lumière ~~est~~ incidente en l'absorbant, la réfléchissant, ou la déplaçant



II) Filtrage spectral

1) Différents dispositifs

a) Verres / plastiques colorés

→ Absorbent les longueurs d'ondes qui ~~ne~~ ne passent pas

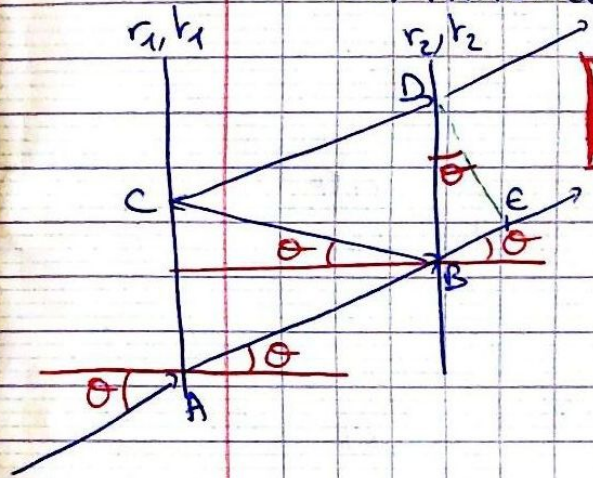
→ peu sélectif (mais très peu coûteux)

→ meilleur filtrage ? Fabry-pérot!

Def sélectif

b) Filtres dichroïques / interférentiels

~~pas développés~~

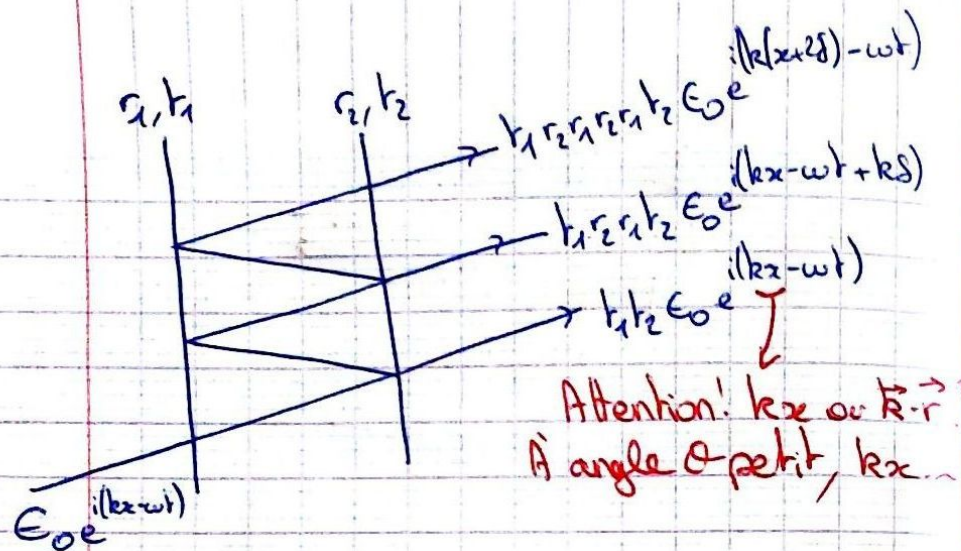


$$\boxed{I = (ABCD) - (ABE)} \\ (BCD) - (BE)$$

$$= \frac{2e}{\cos \theta} - BD \sin \theta \\ = \frac{2e}{\cos \theta} - 2e \tan \theta \sin \theta \\ = 2e \left(\frac{1}{\cos \theta} - \frac{\sin^2 \theta}{\cos \theta} \right)$$

$$= 2e \left(\frac{\cos^2 \theta}{\cos \theta} \right) = \boxed{2e \cos \theta}$$

Interférences à Nombres!



Attention! kx or $\vec{k} \cdot \vec{r}$
 À angle θ petit, kx

Interférences à l'infini :

$$E_{\text{tot}} = \sum_{p=0}^{\infty} t_1 t_2 (r_1 r_2)^p E_0 e^{i(kx - \omega t + pks)} = \frac{t_1 t_2 E_0 e^{i(kx - \omega t)}}{1 - r_1 r_2 e^{iks}}$$

$$I = |E_{\text{tot}}|^2 = E_{\text{tot}} E_{\text{tot}}^* = \frac{t_1^2 t_2^2 E_0^2}{1 - 2r_1 r_2 \cos(ks) + r_1^2 r_2^2}$$

$$\sin^2 x = \frac{1 - \cos(2x)}{2} \rightarrow = \frac{t_1^2 t_2^2 E_0^2}{1 - 2r_1 r_2 + r_1^2 r_2^2 + 4r_1 r_2 \sin^2\left(\frac{ks}{2}\right)} = \frac{\frac{t_1^2 t_2^2 E_0^2}{(1 - r_1 r_2)^2}}{1 + \frac{4r_1 r_2}{(1 - r_1 r_2)^2} \sin^2\left(\frac{ks}{2}\right)}$$

$$r_1^2 = r_2^2 = R \rightarrow = \frac{I_0}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda} d \cos \theta\right)}$$

⇒ Animation Géogebra (en λ et θ)

→ Finesse $\mathcal{F} = \frac{\Delta \lambda}{\delta \lambda}$ ISL intervalle spectral libre

→ Principe avec couches de diélectriques

2) Applications

→ Art & photographie

→ Architecture (renoyer ~~IR~~ à l'intérieur)

→ 3D Cinéma (Diapo)

↳ verres colorés / dichroïques

↳ verres polarisés (autre type de filtre)

→ Optique expérimentale

↳ propriétés dépendantes de $\lambda \Rightarrow$ on ne veut qu' 1λ

↳ séparaⁿ de λ , microscopie de fluorescence (Diapo)

II) Filtrage spatial

1) Principe

→ ~~Dispo~~ pour schéma

On a vu en diffraction Fraunhofer:

$$A(u_x, u_y) = A_0 \iint dx dy T(x, y) e^{-\frac{2i\pi}{\lambda}(x u_x + y u_y)}$$

Amplitude diffractée
dans la direc° $\vec{u} = \begin{pmatrix} u_x \\ u_y \end{pmatrix}$
($\vec{u}$ vecteur unitaire)

Surface élémentaire
 $ds = dx dy$ de
l'objet diffractant

transmission
de l'objet
diffractant



Analogie à une TF (maths):

$$TF(A_0 \cdot T(x, y)) = \iint A_0 T(\vec{x}, y) e^{-i \vec{k} \cdot \vec{R}} d\vec{R}$$

avec $\vec{R} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{k} = \begin{pmatrix} k_x \\ k_y \end{pmatrix}$ un vecteur de
l'espace de Fourier (fréquence spatiale).

pas
dit
(pas le kps)

On retrouve donc exactement la même expression

$$\left\{ \vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \begin{pmatrix} u_x \\ u_y \end{pmatrix} \right\}$$

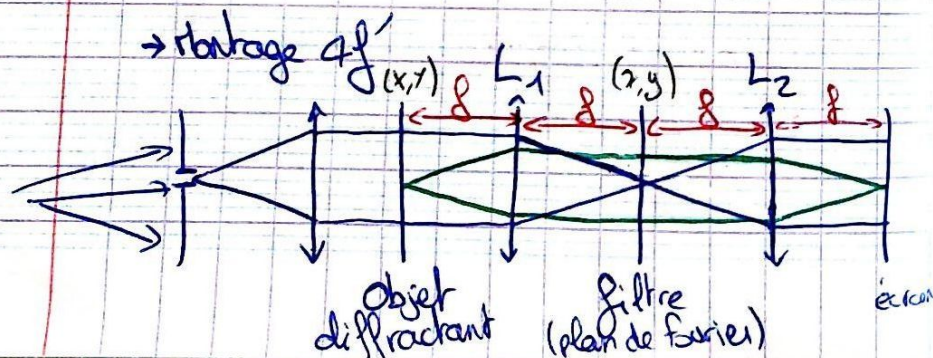
Fraunhofer exact = transformée de Fourier

DIAPHO, plan de Fourier : plan où on peut visualiser les composantes de Fourier

Si l'on parvient à supprimer certaines tâches dans le plan de Fourier puis à reconstituer l'image après, on réalise un filtre spatial car un point du plan de Fourier correspond à une fréquence spatiale de l'OD

~~Exemple grille (calculs exp)~~

2) Montage et exemple simple



Autre montage ^{possible} simple, sur diapo

→ Étudions filtrage d'une grille

1D : équivalent à un réseau : $T(x) = \text{rect}\left(\frac{x}{a}\right) * \text{comb}\left(\frac{x}{b}\right)$

$$A(\theta) = A_0 \int dx T(x) e^{i \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \theta}$$

$$T(x) = \left(\text{comb}\left(\frac{x}{b}\right) * \text{rect}\left(\frac{x}{a}\right) \right) * \text{rect}\left(\frac{x}{c}\right)$$

$$A(\theta), A(x) = A_0 \text{TF}(T(x)) = A_0 \left[\text{TF}\left(\text{comb}\left(\frac{x}{b}\right)\right) * \text{TF}\left(\text{rect}\left(\frac{x}{a}\right)\right) * \text{TF}\left(\text{rect}\left(\frac{x}{c}\right)\right) \right]$$

$$= A_0 \left[\frac{1}{b} \text{comb}\left(\frac{bx}{\lambda d}\right) * a \text{sinc}\left(\frac{ax}{\lambda d}\right) * c \text{sinc}\left(\frac{cx}{\lambda d}\right) \right]$$

simple facteur d'intensité

Donc $A(x) \propto \left[\text{comb}\left(\frac{bx}{\lambda d}\right) * \text{sinc}\left(\frac{ax}{\lambda d}\right) \right]$

1 point tous les $\frac{\lambda d}{b}$

largeur de chaque point

$$I = A^2 = I_0 : \text{un point tous les } \frac{\lambda d}{b}$$

$\Rightarrow$ tâche au centre $\Rightarrow$ basse fréquence
(car grille: b grand (= BF) $\Rightarrow$ tâches recentrées)

Dans le plan de Fourier, les BF spatiales sont au centre*, les HF spatiales sont loin du centre (centre: axe optique)

$\rightarrow$ Obstacle au centre du plan de Fourier
= passé-haut

$\Rightarrow$ Démo! (Pas le tps)

$\rightarrow$ Diaphragme = passé-bas

$\Rightarrow$ Démo! (Pas le tps)

$\rightarrow$ Fente: passé-bas dans 1 direc°!



SLM spatial light modulator
 $\rightarrow$ schéma | microscope réel avec anneau explici

3) Applications

- Décrassage: photo imprimée: les points d'encre sont à intervalles réguliers: mauvaise qualité $\Rightarrow$ on peut les voir.

Filtrage à la fréquence spatiale correspondante $\Rightarrow$ on ne les voit plus!

$\rightarrow$ Utilisé sur projecteurs de diapositives

$\Rightarrow$ Diapo!

- Contraste de phase

Idee: on veut qu'une matière fine et transparente (peu visible naturellement) devienne visible, donc engendre une différence de luminosité.

Empreinte?
 $\Rightarrow$ pas le tps

Objet diffractant = objet de phase

$$A = A_0 e^{i\phi(x,y)}$$

$$\text{si } \phi \ll 2\pi, A \approx A_0(1 + i\phi(x,y))$$

Dans Fourier: 1^{er} terme au centre (composante continue, éclairage moyen)
2^{er} terme réparti sur tout le plan

$\Rightarrow$ Si on déphase le centre de $\frac{\pi}{2}$,

on a $e^{i\frac{\pi}{2}}$ en facteur du 1^{er} terme

$$\text{donc } A \approx iA_0(1 + \phi(x,y))$$

$\Rightarrow$ Tout se passe comme si on ~~avait~~ ~~une~~ Amplitude $A = A_0(1 + \phi(x,y))$

$\Rightarrow$ le déphasage se traduit par un contraste (diff^é d'intensité)

$\Rightarrow$ Très utilisé en μ -scopie!

Diapo

Ouverture = filtrage numérique

Def filtrage : déphasage??

1^{er} manip : insister sur les prof que l'on veut montrer : Amax de (ramm°)

Δ lunettes 3D polar $\odot$

μ -Fluo $\Rightarrow$ utilisé par neurones! (activation?)

μ -scopie STED, PALM
Manque de temps $\Rightarrow$ garder la 3D et $\odot$ focus sur μ -scopie