PC RESUME OP 4 : diffraction et réseaux

THEORIE ELEMENTAIRE DES RESEAUX

Définition

Un réseau est une **structure périodique** constitué de N motifs élémentaires diffractants répartis sur un plan de largeur l. **Le pas a du réseau** est la distance (en m) entre deux motifs de base.

Formule des réseaux : directions des maxima d'intensité

Elle sont données par : $\boxed{a(\sin\theta - \sin i) = p\lambda}$ L'entier **p est l'ordre** du **maximum** correspondant. On note que pest l'ordre d'interférence des deux ondes successives.

- A chaque valeur de p, pour i donné, correspond, à priori, un maximum d'intensité.
 Pour k = 0, on obtient le prolongement du faisceau incident. Transmission sans déviation.
- La formule des réseaux laisse penser que le nombre de maxima observés est limité par $|\sin\theta| < 1$. La diffraction par chaque fente atténue les maxima trop éloignés de l'émergence directe θ **= i**.
- La position des maximas dépend de la longueur d'onde. Le réseau traite donc différemment les différentes longueurs d''onde. On dit que le réseau est **dispersif ou qu'il a un pouvoir de dispersion.**

DIFFRACTION : MODELE DES ONDES PLANES

L'approche utilisée dans ce cours considère la diffraction comme la transformation par une « mire » (l'objet diffractant, le réseau de fentes par exemple) **d'une OPPM incidente en une superposition d'OPPM émergentes.**

1°) Transparence d'une mire diffractante à une dimension

Si $\underline{A}$ est l'amplitude complexe d'un signal monochromatique qui arrive en P sur la mire, celui qui en repart (transmis) est donné par : $\underline{A'} = \underline{A}t(P)e^{j\varphi(P)}$

où t(P) e$^{j\varphi(P)}$ est la transparence de la mire. Elle **peut donc atténuer** ou **déphaser** le signal (t(p) = 1 correspond à un simple trou, t(P) peut être complexe).

2°) Diffraction par une mire sinusoïdale

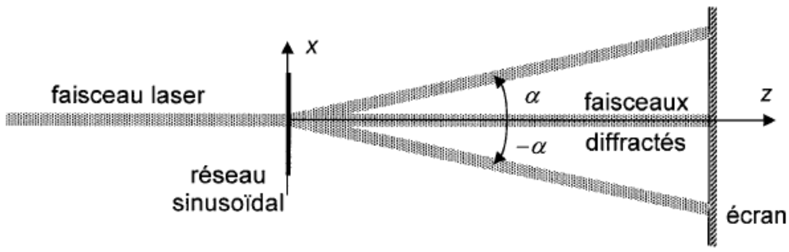
La transparence

Elle est de **période spatiale** a et s'écrit : $t(x) = t_0[1+\cos 2\pi x/a]$.

Rem : f_s =1**/a sera appelée fréquence spatiale f_s ainsi** $t(x) = t_0[1+\cos 2\pi x f_s]$.

Rem : 2π/a est appelée **pulsation spatiale**

Rem : ellle ne déphase pas car t(x) est réelle. Attention : on pourra lui donner une représentation complexe !!!!



L'expérience conduit au résulat suivant : **à partir de l'OPPM incidente le réseau « fabrique » trois OPPM. La structure du faisceau émergent dépend de la structure du réseau, il en porte la trace !**

PC RESUME OP 4 : diffraction et réseaux

Projection dans le plan de Fourier

Une lentille de distance focale f' est introduite. Son plan focal qui sera appelé **plan de Fourier. On note trois images.** Elle correspondent à trois OPPM.

A chaque OPPM émergente est associée un point dans le plan de Fourier. Ce point est un foyer secondaire image de la lentille.

Ce plan est très utile car il permet d'analyser la structure du signal émergent en terme d'OPPM.

3°) Généralisation : les étapes de la démarche

- on éclaire la mire avec une OPPM selon Ox qui fixe la longueur d'onde λ de la lumière incidente(donc sa fréquence **temporelle** !).
- on fait l'analyse de Fourier (sur les complexes) de la transparence de la mire objet (périodique avec série de Fourier SF ou transformée de Fourier TF si non périodique)
- on en déduit **ses périodes, fréquences ou pulsation spatiales** (spectre discret ou continu)
- on associe à chacune d'elle une OPPM décrite par un vecteur d'onde de module $2\pi/\lambda$ dans le vide
- on identifie par examen du signal juste après la mire (z=0+) la composante k_x selon x du vecteur d'onde (cela fixe la composante k_z qui doit être réelle pour une OPPM). Cette condition impose des conditions sur les ondes émergentes.
- on en déduit, dans le plan de Fourier, la position des points associés à chaque période, fréquence ou pulsation spatiale.
- l'intensité de chaque OPPM émergente est proportionnelle à l'amplitude de la composante du spectre de la mire

Rem : la série de Fourier (SF) ou la transformée (TF) de Fourier de l'objet diffractant sera donnée.

4°) Transformation de Fourier

Pour décrire des variations temporelles d'ordre de grandeur τ, la largeur du spectre vérifie : $\tau\,\Delta f \sim 1$ (en ordre de grandeur : parfois le coefficient n'est pas 1)

Rem : ce résultat est applicable pour d'autres variables conjuguées comme la variable d'espace x et la fréquence spatiale f_s de la mire.

5°) Filtrage spatiale

On réalise l'image par une lentille d'un objet. Le plan focal de cette lentille est le plan de Fourier du dispositif. On peut y indentifier les fréquences spatiales de l'objet. Si on masque certaines d'entre elles, on les élimine pour la formation de l'image finale. On les a filtrées (au sens de l'électronique linéaire : on est en train de faire de l'optique linéaire !).

Ex : si on ne laisse passer que les OPPM proches du foyer (on y place une fente) . L'image sur l'écran peut avoir une intensité lumineuse uniforme si on n'a conservé que la fréquence spatiale la plus basse.