CHAPITRE 5 : SUPERPOSITION DE N ONDES COHERENTES

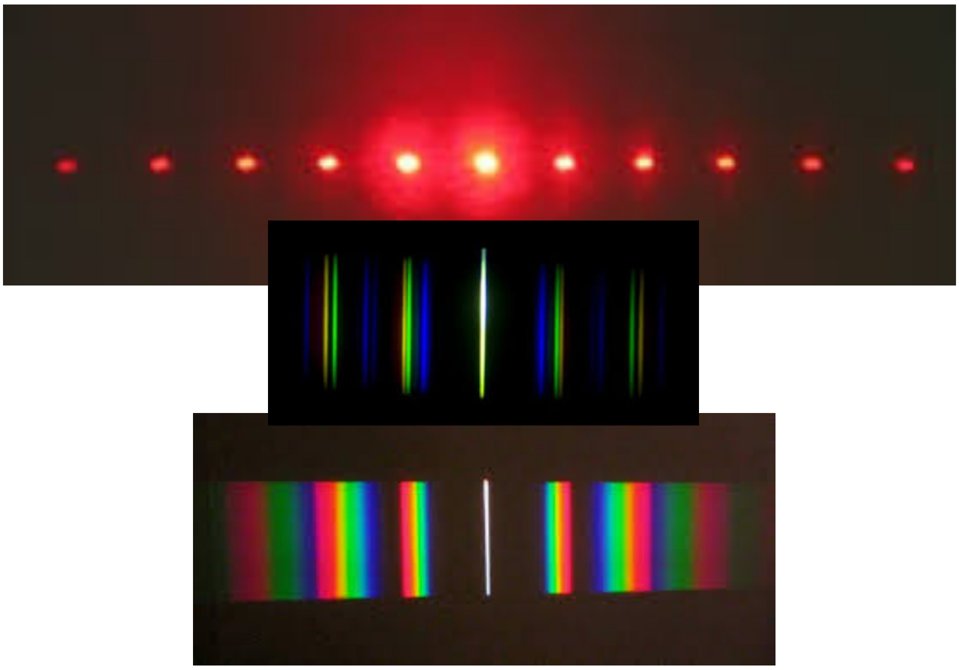
2. Superposition d'ondes lumineuses	
Superposition de N ondes quasi-monochromatiques cohérentes entre elles, de même amplitude et dont les phases sont en progression arithmétique dans le cas N>>1.	Utiliser un grapheur pour discuter l'influence de N sur la finesse sans calculer explicitement l'intensité sous forme compacte. Utiliser la construction de Fresnel pour établir la condition d'interférences constructives et la demi-largeur $2\pi/N$ des franges brillantes.
3. Exemple de dispositif interférentiel par division du front d'onde : trous d'Young	
Généralisation au montage de Fraunhofer : trous d'Young ; ensemble de N trous alignés équidistants.	Confronter ce modèle à l'étude expérimentale du réseau plan.

1. Expérience avec un réseau plan par transmission :

Un **réseau plan** est une structure diffractante périodique et plane ; en général un réseau est composé de traits équidistants, et peut être observé par transmission ou par réflexion.

Le réseau est caractérisé par son **pas a**, distance entre deux fentes consécutives.

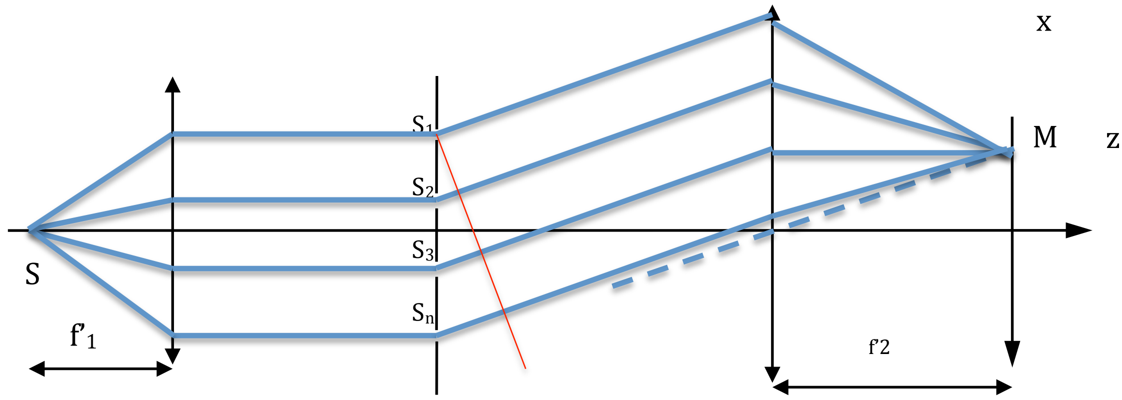
Pour mettre evidence la diffraction par le réseau, on l'éclaire à l'aide d'une **onde plane**, et l'on observe « à l'infini » dans une direction θ.



Spectres spatiaux observés en incidence normale avec :
- Un laser ;
- Une lampe à vapeur de mercure ;
- Une lampe blanche.

2. Modélisation par un ensemble de N trous alignés équidistants :

2.1. Incidence normale :



Le déphasage, dans une direction caractérisée par θ, entre les rayons i+1 et i vaut :

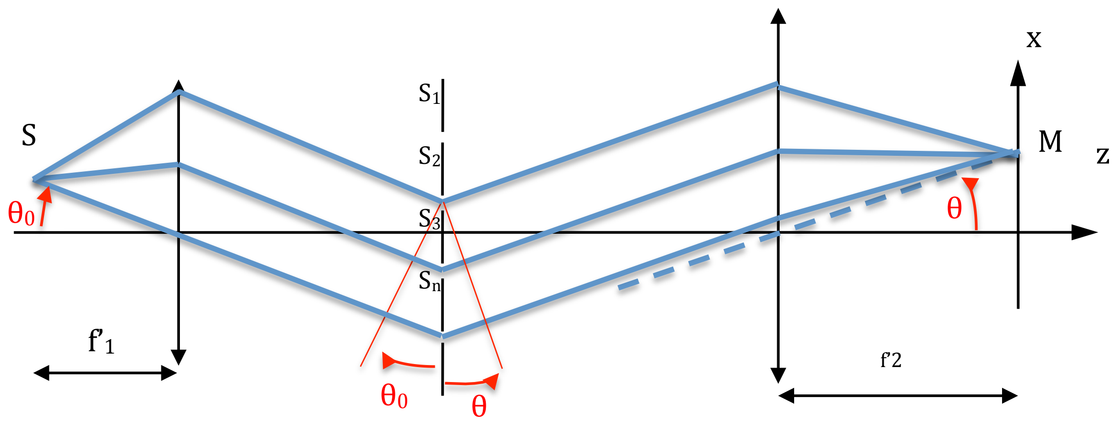
$$\varphi = \frac{2.\pi.n\,a}{\lambda}\sin(\theta)$$

Tous les rayons sont en phase (interfèrent constructivement) si :

$$\varphi = 2.k.\pi \; avec \; k \in \mathbb{Z}$$

$$\Leftrightarrow n\,a\sin(\theta) = k.\lambda$$

2.2. Incidence quelconque :



Le déphasage, dans une direction caractérisée par θ, entre les rayons i+1 et i vaut :

$$\varphi = \frac{2.\pi.n\,a}{\lambda}[\sin(\theta) - \sin(\theta_0)]$$

Tous les rayons sont en phase (interfèrent constructivement) si :

$$\varphi = 2.k.\pi \; avec \; k \in \mathbb{Z}$$

$$\Leftrightarrow \boldsymbol{n\,a[\sin(\theta) - \sin(\theta_0)] = k.\lambda \; avec \; k \in \mathbb{Z}}$$

Formule fondamentale des réseaux plans

3. Diagramme de Fresnel :

Par un choix convenable de l'origine des temps, on peut écrire l'amplitude en M due au rayon 1 comme :

$$s_1(M,t) = a.\cos(\omega t)\ ;\ \underline{s}_1(M,t) = a.\mathrm{expj}(\omega t)$$

Les amplitudes dues aux rayons émergant des trous 2 et suivants s'écrivent alors :

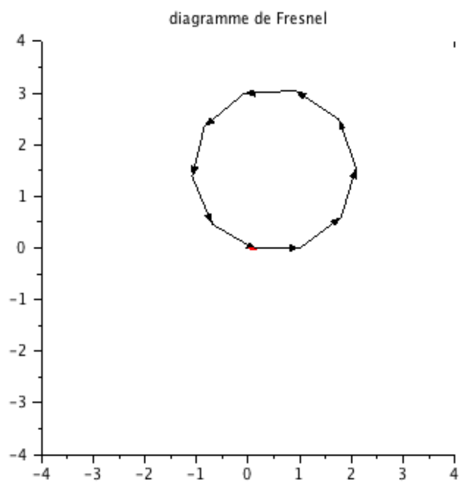
$$s_2(M,t) = a.\cos(\omega t-\varphi)\ ;\ \underline{s}_2(M,t) = a.\mathrm{expj}(\omega t-\varphi)$$
$$s_3(M,t) = a.\cos(\omega t-2\varphi)\ ;\ \underline{s}_3(M,t) = a.\mathrm{expj}(\omega t-2\varphi)$$
......
$$s_i(M,t) = a.\cos(\omega t-(i-1).\varphi)\ ;\ \underline{s}_i(M,t) = a.\mathrm{expj}(\omega t-(i-1).\varphi)$$

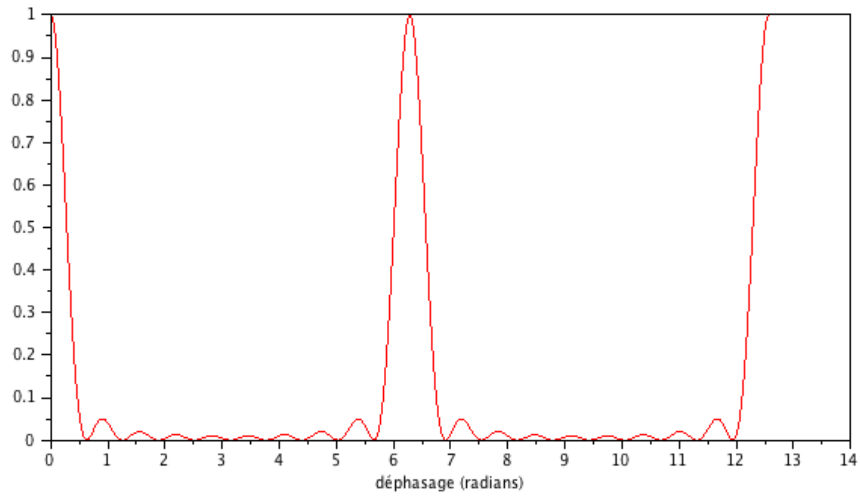
L'amplitude résultante est :

$$s(M,t) = a.\cos(\omega t) + a.\cos(\omega t-\varphi)+ a.\cos(\omega t-2.\varphi)+\ldots$$

$$s(M,t) = \sum_{i=1}^{N} s_i(M,t)\ ;\ \underline{s}(M,t) = \sum_{i=1}^{N} \underline{s_i}(M,t)$$

Cas N = 10.





On constate sur le diagramme de Fresnel que l'amplitude résultante passe par un maximum pour :
$\varphi = 2k\pi$ avec k entier.

La première annulation se produit pour

$$N\varphi = 2\pi$$

La largeur d'un maximum principal est donc :

$$\Delta\varphi = 4\pi/N$$

4. Intensité :

On peut calculer (hors programme) :

$$\underline{s}(M,t) = \sum_{i=1}^{N} \underline{s_i}(M,t) = a.e^{j\omega t}\left[1 + e^{-j\varphi} + e^{-j2\varphi} + \cdots + e^{-j(N-1)\varphi}\right]$$

$$= a.e^{j\omega t}\frac{1 - e^{-jN\varphi}}{1 - e^{-j\varphi}}$$

On en déduit l'intensité :

$$I(M) = \frac{1}{2}\langle \underline{s}(M,t).\underline{s^*}(M,t)\rangle = \frac{I_{max}}{N^2}\left[\frac{sin(N\varphi/2)}{sin(\varphi/2)}\right]^2$$

Lorsque N >> 1, les seuls maximas observables sont les maximas dits « principaux » correspondent au cas où :

$$\varphi = 2k\pi \text{ avec k entier.}$$