

## OPTIQUE

## Chapitre 2 : Superposition d'ondes lumineuses

**Exercice 1 : Réseau de diffraction**

Un réseau de diffraction est une structure périodique de motifs diffractant la lumière. Nous étudierons cette année uniquement des réseaux plans (à 2 dimensions) mais il en existe à 1 dimension, à 2 dimensions non plans ou encore à 3 dimensions (les cristaux en constituent un exemple : les motifs diffractants sont les atomes, ions ou molécules).

Parmi les réseaux plans, il en existe de deux types :

- ✓ le réseau plan par transmission : il s'agit d'un écran opaque percé d'ouvertures (en général des fentes très fines et très rapprochées) périodiquement réparties. C'est le type de réseau étudié cette année.
- ✓ le réseau plan par réflexion : il s'agit d'un écran opaque couvert de motifs réfléchissants périodiquement répartis.  
Les disques compacts, les ailes de papillon sont des exemples de ce type de réseau.

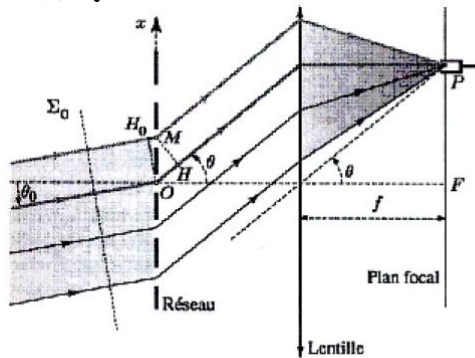
Les caractéristiques du réseau plan par transmission sont :

- ✓ Le nombre de motifs  $N$ . La largeur totale du réseau  $L$ .
- ✓ Le pas du réseau, c'est-à-dire, la distance entre deux motifs successifs. Le pas est la périodicité spatiale du réseau  $a = \frac{L}{N}$ .
- ✓ Le nombre  $n$  de traits par unité de longueur  $n = \frac{1}{a} = \frac{N}{L}$ . C'est la fréquence spatiale du réseau.

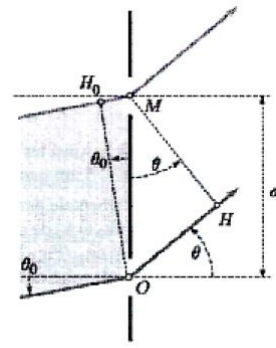
On s'intéresse à la diffraction par un réseau dans le cadre de Fraunhofer c'est-à-dire que le réseau est éclairé par une source ponctuelle à l'infini et la lumière transmise est observée à l'infini.

- 1) Proposer un montage optique permettant de se placer dans les conditions d'éclairage et d'observation décrites.

On néglige l'épaisseur de fentes (donc les fentes sont assimilées à des segments très longs). On cherche les directions pour lesquelles les interférences entre deux rayons issus de deux fentes successives sont constructives (toujours dans le cadre de Fraunhofer : cf figure).



a)



b)

- 2) A quelle condition deux rayons interfèrent-ils de manière constructive ?
- 3) Montrer que si deux rayons issus de deux fentes successives interfèrent de manière constructive, tous les rayons ayant la même direction interfèrent de manière constructive.
- 4) Calculer la différence de marche entre deux rayons de direction  $\theta$  issus de deux fentes successives du réseau éclairé sous l'incidence  $\theta_0$ .
- 5) En déduire une formule donnant les directions des rayons interférant de manière constructive (formule des réseaux).
- 6) Comment varie la direction des maxima principaux en fonction des paramètres  $k, \lambda, a$  ?
- 7) Où se trouve l'ordre 0 ?
- 8) Peut-on observer une infinité d'ordres ?
- 9) Proposer une méthode de mesure de la longueur d'onde de la source laser connaissant le pas du réseau.
- 10) En différenciant la formule des réseaux, montrer qu'il existe pour une longueur d'onde et un ordre  $k$  fixés un angle d'incidence  $\theta_0$  pour lequel l'angle de déviation  $D$ , c'est-à-dire l'angle orienté entre le rayon incident et le rayon réfléchi est minimum. Quelle est alors la relation entre  $\theta_k$  et  $\theta_0$  ?
- 11) Exprimer  $\theta_0$  et  $\theta_k$  en fonction de la valeur minimum de l'angle de déviation  $D_m$  et réécrire la formule des réseaux en fonction de  $D_m$ .
- 12) Proposer une autre méthode pour mesurer la longueur d'onde de la source laser connaissant le pas du réseau.

**Exercice 2 : Un réseau de réflexion**

La structure mécanique de la surface d'un disque compact permet de l'assimiler à un réseau par réflexion (avec des facettes se comportant comme des miroirs) et explique son aptitude à décomposer la lumière blanche. Suivant un rayon du disque, le pas du réseau est  $a$ , et on note  $i$  l'angle d'incidence et  $\theta$  l'angle de diffraction pour l'ordre considéré (le sens positif des angles est indiqué sur la figure).

- 1) Montrer que la relation fondamentale des réseaux par réflexion est, en notant  $k$  l'ordre d'interférence lié à la diffraction :

$$\sin \theta + \sin i = k \frac{\lambda}{a}$$

Et la commenter.

Application numérique :  $a = 1,6 \mu\text{m}$ ,  $i = -10^\circ$ . Calculer pour l'ordre  $k = 1$  les deux valeurs extrêmes  $\theta_{\min}$  et  $\theta_{\max}$  correspondant aux longueurs d'onde extrêmes du spectre visible.

- 2) Le faisceau incident de lumière blanche, parallèle et suffisamment large pour éclairer complètement un segment radial du disque, est toujours orienté tel que  $i = -10^\circ$ . La largeur de la partie gravée d'un CD est  $l = 33 \text{ mm}$ . A quelle distance minimale  $D_m$  faut-il approcher le disque de son œil pour commencer à voir l'ensemble du spectre visible d'ordre 1 ?