

Les réseaux : une première approche

Objectifs :

- décrire le principe de la spectroscopie par réseaux.
- retrouver l'équation fondamentale des réseaux.

Nous avons rappelé dans l'introduction qu'un prisme permet de séparer les différentes fréquences contenues dans la lumière blanche. c'est le principe d'un spectromètre à prisme.

Nous allons étudier dans ce chapitre le principe d'un spectromètre à **réseau de diffraction**. Un réseau est formé d'une **structure périodique** dont chaque motif diffracte une même onde incidente. Les multiples ondes ainsi diffractées interfèrent entre elles et forment des faisceaux lumineux qui sont numéroté par un entier appelé « ordre ». L'exploitation de ces faisceaux lumineux avec un écran ou un capteur CCD permet ainsi de visualiser et/ou de mesurer le spectre de la lumière étudiée. C'est le principe d'un **spectromètre à réseau**.

Nous allons étudier la diffraction dans un chapitre ultérieur, nous allons donc nous intéresser à une première approche des réseaux en déterminant la position centrale des faisceaux lumineux émergeant du réseau. En effet, cette position dépend seulement de la condition d'inférence constructive entre tous les rayons lumineux tandis que la diffraction joue un rôle pour déterminer la largeur de la frange d'interférence.

Nous allons notamment voir que la **position des différents ordres d'interférences dépend de la longueur d'onde de la lumière**, c'est ce principe qui permet de séparer les différentes composantes de la lumière dans un spectromètre à réseau.

3.1 Réseau par transmission et par réflexion

Un **réseau par transmission est constitué par un très grand nombre de fentes parallèles et équidistantes**. Il est souvent constitué par une lame de verre sur laquelle on a tracé un très grand nombre de traits

☞ Notons qu'il faut que la cohérence spatiale de la source doit être suffisante.

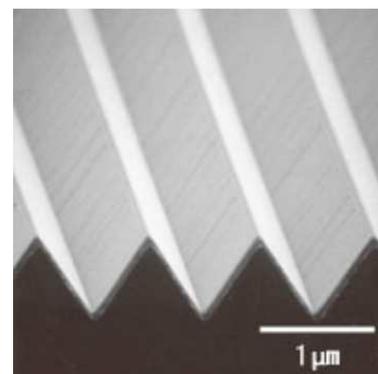


FIGURE 3.1: Image d'un réseau échelle.

parallèles et équidistants (de l'ordre de 500 traits par millimètre !) séparés de la distance a qui s'appelle le pas du réseau. Les rayons issus des différentes fentes interfèrent entre eux et nous observons un faisceau transmis dans certaines directions.

Nous montrerons dans un chapitre ultérieur que l'inconvénient du réseau par transmission est que l'essentiel de l'énergie passe dans l'ordre 0, inintéressant pour la dispersion. Les réseaux utilisés en laboratoire ou dans les instruments sont donc des réseaux par réflexion.

Dans ce cas, le réseau est constitué de **rayures réfléchissantes**. Dans la pratique, c'est réseau échelle ou réseau blazé qui est utilisé en instrumentation (figure 3.1). Ce réseau traite efficacement la dispersion : il envoie la puissance lumineuse incidente dans des ordres élevés du spectre, avec une grande dispersion spectrale.

Exemple

La page <https://www.eso.org/public/france/teles-instr/lasilla/36/harps/> détaille le principe de l'instrument HARPS qui utilise un réseau échelle.

3.2 La loi des réseaux

Nous allons établir dans cette section la loi des réseaux. Cette loi relie la direction i' pour laquelle les rayons interfèrent constructivement à la direction i et la longueur d'onde λ du rayon incident. Nous nous intéressons seulement aux interférences à l'infini.

Afin d'obtenir une formule valide pour les réseaux par transmission et par réflexion, nous allons adopter la convention de signe montrée dans la figure 3.2 pour la direction i' des rayons émergent du réseau.

La figure 3.3 montre un montage simplifié permettant d'observer la dispersion de la lumière par un réseau en réflexion. La différence de marche optique entre les deux rayons (1) et (2) a donc pour expression $\delta = (SM)_2 - (SM)_1$.

La figure 3.4 montre que cette différence de marche a pour expression $\delta = (IH_1) - (JH_2) = a(\sin i + \sin i')$ avec la convention des signes utilisée.

- Pour un angle d'incidence i donné, il y a donc interférences constructives dans les directions i' données par :

$$a(\sin i + \sin i') = m\lambda \tag{3.1}$$

il s'agit de **la formule des réseaux**.

- Cette formule montre qu'une dispersion importante est obtenue en diminuant le pas du réseau et en observant les ordres élevés.

Nous allons maintenant établir la formule des réseaux dans le cas d'un réseau en transmission. La figure 3.5 montre que la différence de marche optique entre deux rayons transmis a pour expression $\delta = (IH_1) - (JH_2) = a(\sin i + \sin i')$ avec la convention des signes utilisée.

- Pour un angle d'incidence i donné, il y a donc interférences constructives dans les directions i' données par :

$$a(\sin i + \sin i') = m\lambda \tag{3.2}$$

Nous retrouvons **la formule des réseaux**.

☞ la surface d'un CD ou DVD est formée de petits motifs répétés et constitue pratiquement un réseau. On remarque que cette surface décompose la lumière blanche et qu'elle apparaît colorée différemment selon l'orientation du disque.

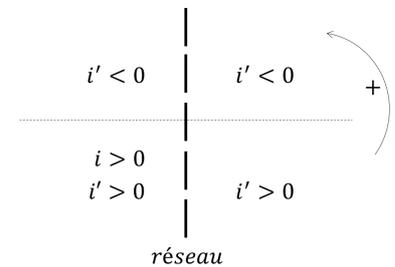


FIGURE 3.2: Convention de signe utilisée pour établir la formule des réseaux. Le faisceau incident arrive dans le quadrant en bas à gauche.

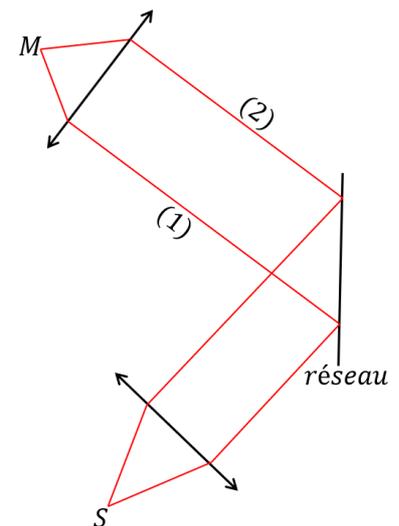


FIGURE 3.3: Montage simplifié permettant d'observer des franges d'interférences produites par un réseau en réflexion. S est la source lumineuse et M est le point d'observation.

Notons que nous pouvons avoir une formule des réseaux avec un signe différent entre les deux termes du membres de gauche si nous utilisons une convention de signes différentes.

Notons également qu'avec cette convention de signes, la déviation d'un rayon lumineux a pour expression $D = i + i'$ pour un réseau en transmission et en réflexion.

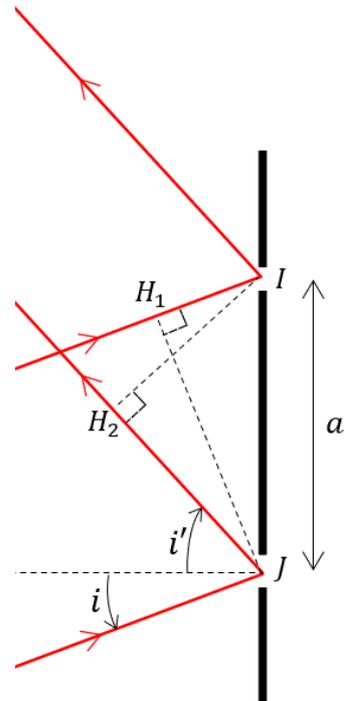


FIGURE 3.4: Détail du calcul de la différence de marche dans le cas d'un réseau en réflexion.

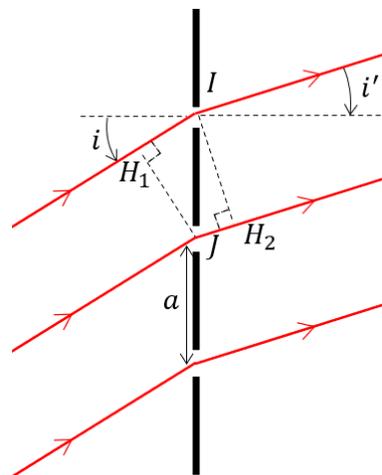


FIGURE 3.5: Détail du calcul de la différence de marche dans le cas d'un réseau en transmission.