

SPECTROSCOPE A RESEAU

OBJECTIFS : Utiliser un goniomètre.
Mesurer le pas d'un réseau.
Mesurer des longueurs d'onde.

PREPARATION : Les diverses questions signalées en italiques seront reprises dans le compte-rendu.

I- ETUDE THEORIQUE.

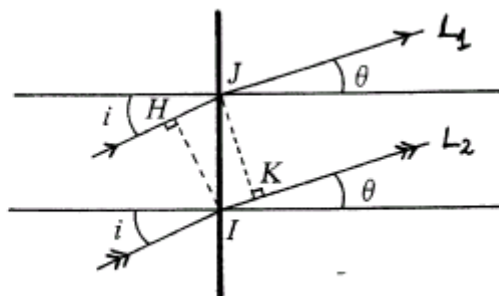
1- Définitions.

Un réseau plan par transmission est caractérisé par une transparence de période spatiale a .
Pour un réseau de longueur totale L , possédant N traits (ou fentes) distants du pas a , on a donc :

$$L = N \cdot a \quad \text{et} \quad N_0 = \frac{N}{L} = \frac{1}{a} : \text{nombre de traits par mètre.}$$

2- Relation fondamentale.

Le réseau, placé dans l'air, est éclairé en lumière parallèle sous un angle d'incidence i .
On s'intéresse aux rayons qui émergent avec un angle θ .



La différence de chemin optique entre deux rayons issus de deux fentes consécutives peut s'écrire :

$$\delta = L_2 - L_1$$

$$\delta = KI - HJ$$

$$\delta = a(\sin \theta - \sin i)$$

3- Position des raies brillantes.

Le réseau, comme d'autres dispositifs vus en T.P., réalise la division du front de l'onde incidente.

Les ondes transmises par le réseau sont donc cohérentes entre elles et peuvent interférer.

Il s'agit ici d'interférences à N ondes dont les maximums d'intensité correspondent comme pour les interférences à deux ondes à :

$$\delta = p \cdot \lambda \quad \text{où} \quad p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Montrer que les positions angulaires des raies brillantes sont données par : $\sin \theta = \sin i + \frac{p\lambda}{a} \quad (1)$

Compléter le tableau suivant pour $a = 10\mu\text{m}$, $i = 30^\circ$ et à l'ordre $p = 1$ puis $p = 2$.

Raie	Violet	Indigo	Bleu-vert	Verte	Jaune 1	Jaune 2	Rouge
λ (nm)	404,7	435,8	496,0	546,1	577,0	579,0	623,4
θ (° ' ")							
θ (° ' ")							

On voit également sur le tableau qu'une lumière « blanche », c'est à dire constituée de plusieurs longueurs d'onde donne après transmission, plusieurs valeurs de θ pour une même valeur de i : on obtient donc un spectre de raies : le réseau constitue un système dispersif.

4- Pouvoir dispersif .

Il s'agit de la capacité du réseau à séparer d'un angle $d\theta$, les raies voisines λ et $\lambda + d\lambda$.

Pour un angle d'incidence i et un ordre p fixés, montrer que la relation (1) nous permet d'exprimer le pouvoir dispersif: $\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{p}{a \cos \theta}$.

5- Minimum de déviation D_m .

La déviation d'un rayon est par définition : $D = \theta - i$.

Lorsque i varie, on constate expérimentalement que D passe, **pour un ordre donné**, par un minimum noté D_m .

En raisonnant sur $\frac{dD}{di}$, montrer que : $D_m = 2\theta_m = -2i_m$ et par conséquent que : $\sin \frac{D_m}{2} = \frac{p\lambda}{2a}$.

Dessiner sur un même schéma les angles i_m , θ_m et D_m pour p et λ fixés.

6- Pouvoir de résolution du spectroscopie : R .

En raison de la diffraction à travers le réseau et les lentilles, mais également en raison de la largeur de la fente source, l'image de chaque raie à travers le spectroscopie possède une largeur angulaire $\Delta\theta_0$.

Plus la largeur $\Delta\theta_0$ de chaque image de raie augmente et plus la séparation (ou la résolution) de deux raies voisines λ_0 et $\lambda_0 + \Delta\lambda$ s'avère difficile : on dit alors que le pouvoir de résolution du spectroscopie diminue.

Un spectroscopie qui permet de séparer, au mieux, les deux raies voisines de longueurs d'onde λ_0 et $\lambda_0 + \Delta\lambda_{\min}$ possède un pouvoir de résolution : $R = \frac{\lambda_0}{\Delta\lambda_{\min}}$.

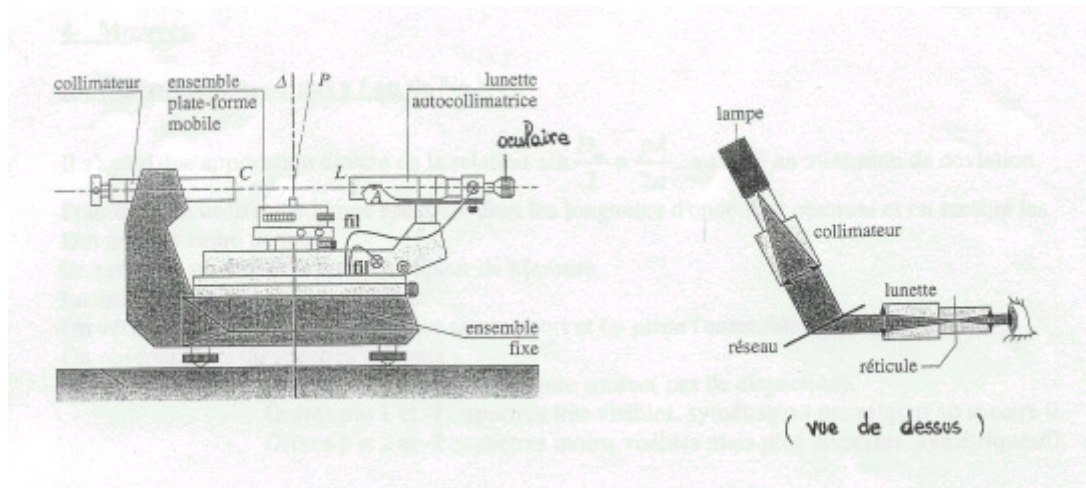
7- Critère de Rayleigh : Pouvoir de résolution théorique R_{th} .

Ce critère théorique indique que l'on peut encore distinguer deux raies si, malgré l'étalement de lumière dû à la diffraction, le maximum de lumière correspondant à une raie coïncide avec le premier minimum de lumière de l'autre raie.

On montre alors que : $R_{th} = p.N$ où p est l'ordre du spectre observé et N est le nombre de traits utiles du réseau.

II- ETUDE EXPERIMENTALE.

1- Description du goniomètre.



2- Lecture des positions angulaires.

Les viseurs placés à 90° de la lunette sont solidaires de celle-ci. Ils permettent de lire un disque gradué de 0 à 360° dans le **sens des aiguilles d'une montre** avec une excellente précision de $5''$ d'arc (de $1'$ d'arc pour le 2° goniomètre)

Les lectures se font lunette bloquée pour éviter les erreurs de mesure.

Grâce au vernier situé sur le côté du viseur, on aligne soigneusement le repère avec une graduation des minutes.

Les degrés sont indiqués directement dans le viseur, les minutes correspondent aux graduations dans le viseur et les secondes se lisent sur le vernier extérieur.

3- Mesures.

a- Détermination du pas a (ou de N_0).

Il s'agit d'une application directe de la relation $\sin \frac{D_m}{2} = \frac{p\lambda}{2a}$, valable au minimum de déviation.

Pour cela, on utilise une lampe spectrale dont les longueurs d'onde sont connues et on mesure les D_m pour un ordre donné.

En pratique, on utilise la lampe à vapeur de Mercure.

La fente source est très peu ouverte.

On vérifie que le réseau est centré sur son support et on place l'ensemble sur la plate-forme.

On observe alors les spectres suivants :

- Ordre $p = 0$: image de la fente source (pas de dispersion donc direction incidente).
- Ordres $p = 1$ et -1 : spectres très visibles, symétriques par rapport au spectre 0 .
- Ordres $p = 2$ et -2 : spectres moins visibles mais plus dispersés, symétriques/0.

On souhaite travailler au minimum de déviation dans le spectre d'ordre 2 .

Pour cela on fait varier i (en faisant tourner la plate-forme) tout en observant dans la lunette le déplacement d'une raie du spectre d'ordre 2 .

Lorsque cette raie est au plus près du spectre d'ordre 0 , on est au minimum de déviation D_m et **on bloque la plate-forme.**

On peut alors mesurer directement l'angle du minimum de déviation D_m en relevant les positions angulaires de la raie « blanche » indiquant la direction incidente, et de la raie colorée quelconque dont on cherche à mesurer la déviation.

On notera α_0 la position angulaire de la raie blanche et α_m celle d'une raie quelconque dans l'ordre 2, l'angle D_m sera alors obtenu par différence de ces deux positions angulaires.

Relever α_0 et les positions angulaires α_m de chaque raie dans le spectre d'ordre 2. En déduire D_m pour chaque raie.

Tracer la courbe $\sin \frac{D_m}{2} = f(\lambda)$ de laquelle on déduit a et N_0 ainsi que la précision de mesure.

b- Mesures de longueurs d'onde.

On souhaite mesurer les longueurs d'onde des raies les plus visibles d'une lampe à vapeur de Cadmium.

Montrer que la mesure des D_m permet maintenant d'accéder aux longueurs d'onde.