

TP OPT3 – Mesure de longueur d'onde au goniomètre à réseau

Objectif : mesurer avec précision une longueur d'onde optique

Partie A : Le réseau

Un réseau de diffraction est un dispositif optique composé d'une série de fentes parallèles (réseau en transmission), ou de rayures réfléchissantes (réseau en réflexion). Ces traits sont espacés de manière régulière, l'espacement est appelé le « pas » du réseau. Plus généralement, toute structure optique répétitive produit des effets particuliers sous réserve du critère ci-dessous.

Si la distance entre plusieurs traits est de l'ordre de grandeur de la longueur de cohérence spatiale de la lumière incidente, le réseau permet d'obtenir des figures de diffraction particulières influencées par la répétition.

Il s'agit donc d'un effet de diffraction lié à la répétition d'une structure optique, distinct de l'effet issu de la diffraction par une structure de taille comparable à la longueur d'onde, comme une fente de Young.

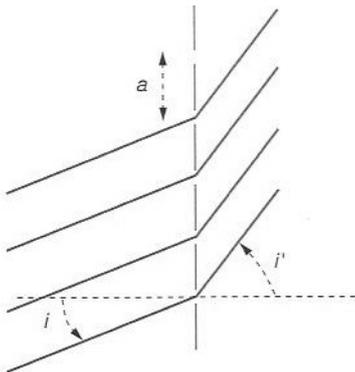
Si l'on envoie de la lumière blanche, le réseau décompose la lumière un peu à la manière d'un prisme ; c'est le phénomène qui se produit sur les disques compacts, la lumière est diffractée par les pistes constituées des bits et qui jouent le rôle des traits du réseau ;

Si l'on envoie une seule longueur d'onde (lumière monochromatique), le réseau réfléchit plusieurs taches ; la direction de réflexion des taches dépend de la distance entre les traits et de la longueur d'onde. La déviation est d'autant plus grande que la longueur d'onde est grande ou que le pas est petit.

Source : Wikipédia, article « Réseau de diffraction »

De la même manière que l'on a établi, en cours, la condition d'interférences constructives pour deux sources en phase, on peut effectuer ce calcul pour un grand nombre de sources en phase. C'est le cas du réseau : chaque fente joue le rôle d'une source.

Ainsi pour un réseau éclairé par une source monochromatique de longueur d'onde λ en lumière parallèle (i.e. les rayons proviennent d'un point objet à l'infini), on a :



$$\sin i' - \sin i = \frac{p \lambda}{a} \quad (\text{formule des réseaux})$$

avec :

- i l'angle des rayons incidents avec la normale au réseau
- i' l'angle des rayons diffractés avec la normale au réseau
- $p \in \mathbb{Z}$ l'ordre d'interférence
- a est le pas du réseau

Rq : l'ordre 0 ($p = 0$) correspond aux rayons non déviés ($i = i'$)

La déviation D subie par le rayon incident est $D = i' - i$.

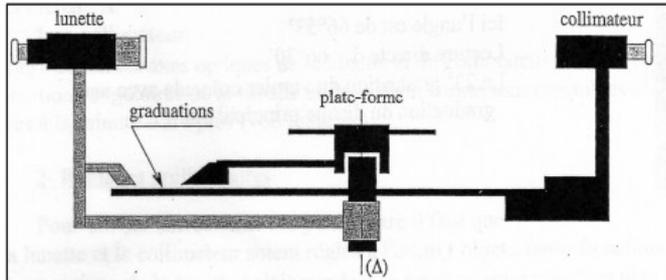
En incidence normale, on a $i = 0$ donc $D = i'$

Partie B : Le goniomètre : description et réglage

Le fonctionnement du goniomètre paraît complexe au début. Souvenez-vous que cet instrument n'est rien d'autre qu'un rapporteur très précis qui permet de mesurer l'angle D de déviation d'un rayon lumineux.

B.1. Description

Un goniomètre permet d'effectuer des **mesures d'angles**.



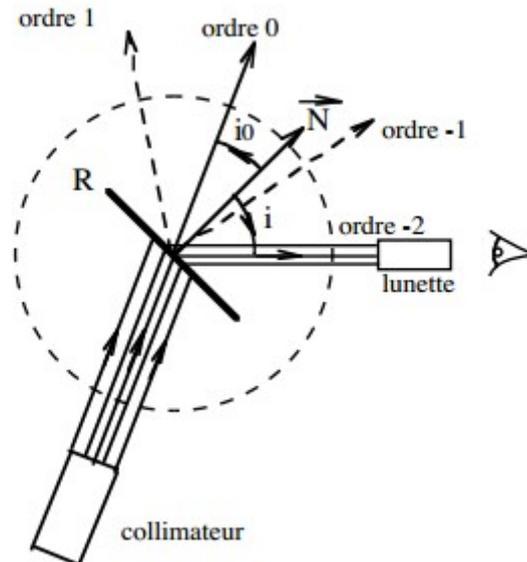
Il est constitué de trois sous-ensembles dont il faut connaître le nom et la fonction :

- un **collimateur** à fente de largeur réglable, permettant de réaliser un faisceau parallèle à partir d'une lampe spectrale.
- une **plate-forme mobile** autour d'un axe vertical (Δ) . Elle supportera l'élément étudié provoquant la déviation du faisceau incident (miroir, prisme, réseau...).
- une **lunette** (ici autocollimatrice) pouvant recevoir le faisceau dévié. Un vernier angulaire permet de mesurer l'angle de déviation D à la minute près.

B.2. Réglage

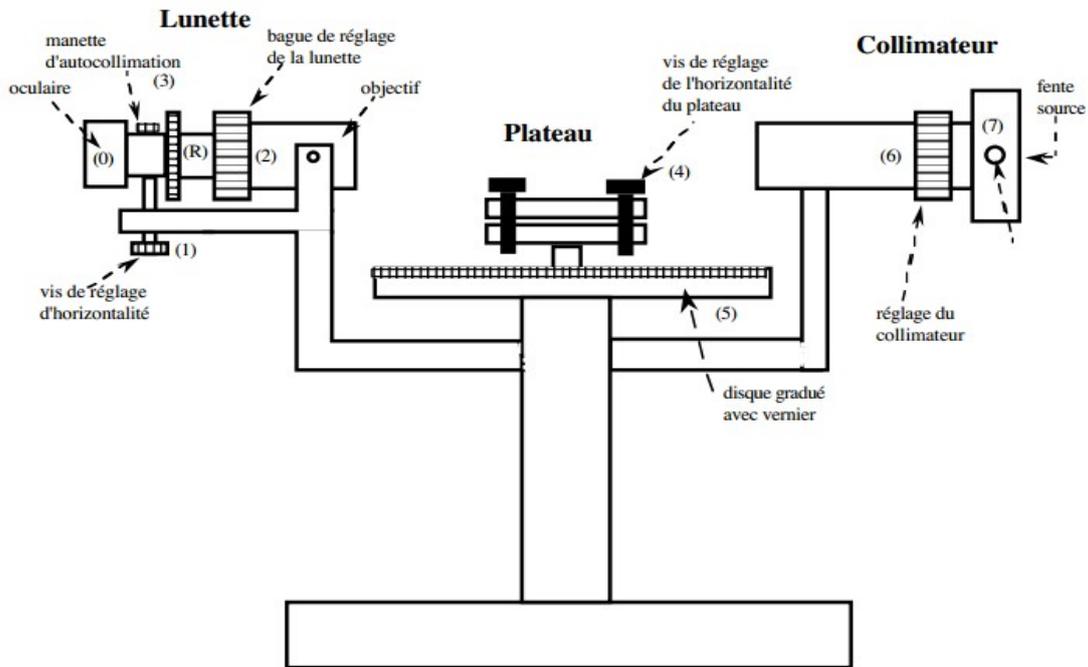
B.2.a Principe

Il faut avoir en tête que le goniomètre, une fois réglé, s'utilisera de cette façon :



On cherche donc à :

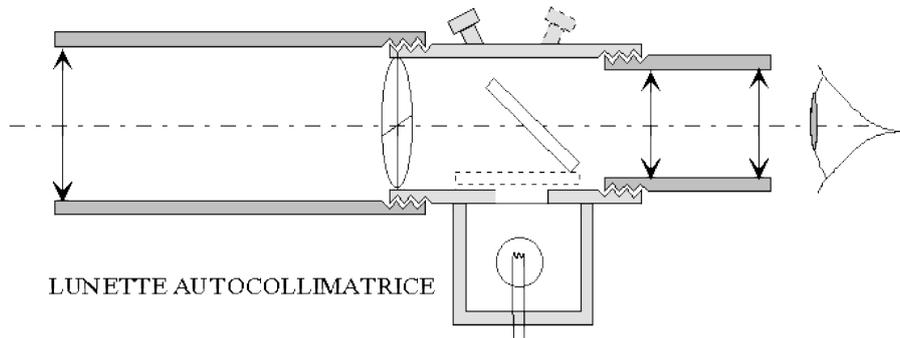
- créer, avec le collimateur, un faisceau de lumière parallèle
- avoir une lunette réglée pour observer à l'infini (puisqu'elle reçoit un faisceau de lumière parallèle)



Pour y parvenir, la procédure de réglage suit un ordre logique :

1. réglage de la lunette pour une observation à l'infini
2. réglage du collimateur, qui doit envoyer à l'infini l'image d'une fente d'entrée : on utilise pour cela la lunette qui ne permettra de voir la fente nette que lorsque celle-ci est à l'infini

B.2.b Réglage de la lunette autocollimatrice

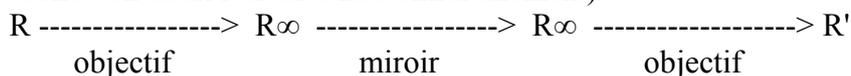


Cette lunette a la particularité de posséder une petite lampe annexe permettant d'éclairer le réticule. Un levier permet de positionner une lame semi-réfléchissante à 45° de l'axe optique et ainsi d'éclairer le réticule (sans empêcher la lumière de revenir vers l'œil!).

Pour toute la phase de réglage, la lame semi-réfléchissante doit être dans cette position. Il faut penser ensuite à l'escamoter pour ne pas perturber les mesures.

On procède alors de la manière suivante :

1. réglage de l'oculaire (de la même manière que pour le viseur) : il doit former une image du réticule à l'infini
2. réglage de la distance objectif-réticule : on veut que l'image de la fente, qui est à l'infini, se forme dans le plan du réticule. Il faut donc que le réticule soit dans le plan focal image de l'objectif. Ne disposant pas encore d'objet à l'infini, on procède par autocollimation (même principe qu'en focométrie). En plaçant un miroir plan à la sortie de la lunette, on cherche à obtenir l'image du réticule dans le plan du réticule (il faut donc voir deux réticules nets simultanément).



Il ne faut plus modifier le réglage de la lunette (sauf éventuellement l'oculaire pour changer d'observateur).

B.2.c Réglage du collimateur

Le collimateur est simplement composé d'une fente d'entrée et d'une lentille convergente. La distance entre ces deux éléments est réglable. La fente est éclairée par la lampe à vapeur de mercure. La lentille doit fournir une image de la fente à l'infini. La fente doit donc être dans le plan focal objet de la lentille.

Le réglage s'effectue simplement en cherchant à observer à la lunette (réglée à l'infini) l'image nette de la fente. Il faut alors distinguer nettement les légers défauts sur les bords de la fente. Vous pouvez dans un premier temps élargir la fente de manière à laisser rentrer plus de lumière. Ensuite, pour plus de précision dans les pointés, penser à affiner la fente.

B.2.d Mise en place du réseau

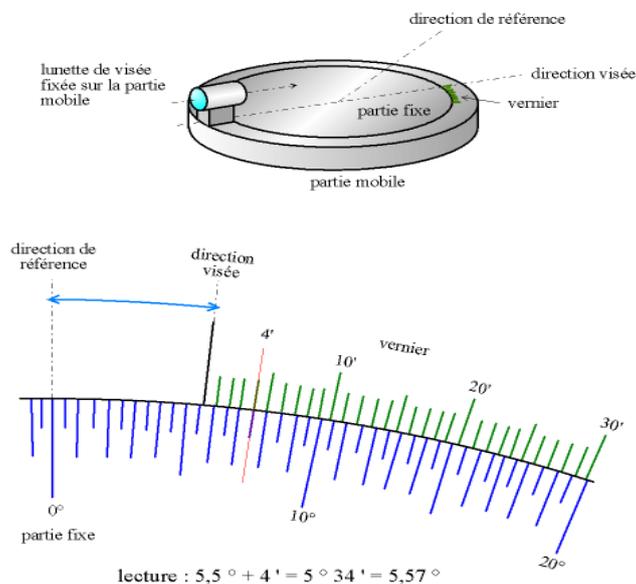
Vérifiez que vous pouvez observer les raies du spectre du mercure, à l'œil nu puis à la lunette.

Pointez une raie, c'est-à-dire aligner le trait vertical du réticule avec la raie (la précision du pointé est meilleure si la fente d'entrée est la plus fine possible)

B.2.e Lecture au vernier

Le principe est le même que pour le vernier d'un pied à coulisse. La partie fixe est graduée en $0,5^\circ$, et le vernier de 0 à $30'$ (minutes d'arc).

Rq : $30' = 0,5^\circ$



Faites la lecture de l'angle correspondant à la raie que vous pointez. Appelez le professeur.

Partie C : Mesure de longueur d'onde

C.1. Objectif

On souhaite obtenir, avec la plus grande précision possible, les longueurs d'onde du doublet jaune du sodium.

C.2. Mesure à l'aide d'un étalonnage

Le principe est d'utiliser un spectre connu, celui du mercure, afin de réaliser une courbe d'étalonnage. Cette courbe pourra donc être utilisée pour déterminer une longueur d'onde inconnue : celle du sodium.

On donne ci-dessous les longueurs d'onde des principales raies du mercure. Les raies en caractères gras sont les plus intenses.

	Violet	Violet	Indigo	Bleu-vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
λ (nm)	404,7	407,8	435,8	491,6	546,1	576,1	579,0	623,4	690,7

Illustration 1: raies du mercure

Manipulations :

- Se placer sous incidence à peu près normale (rayon incident perpendiculaire au réseau). L'angle d'incidence ne devra pas être modifié par la suite : bloquer la rotation du plateau.
- **Pour chaque longueur d'onde en gras :**
 - Observer la raie correspondant à l'ordre $p = 1$, mesurer l'angle de déviation D_1 correspondant
 - Faire de même avec la raie correspondant à l'ordre $p = -1$, mesurer l'angle D_{-1}
 - Calculer l'angle de déviation $D = (D_{-1} + D_1) / 2$ puis $\sin(D)$

Travail à effectuer : Tracer la courbe de $\sin(D)$ en fonction de λ sur du papier millimétré.

Utilisation de la courbe pour déterminer une longueur d'onde :

Remplacer la lampe Hg par la lampe Na.

- Peut-on voir séparément les deux raies jaunes très proches de cette espèce à l'ordre 1? (On dit résoudre le doublet jaune à l'ordre 1)
- Mesurer D à l'ordre 1 pour le doublet jaune et en déduire λ à l'aide de votre courbe d'étalonnage.

C.3. Détermination du pas du réseau

- Écrire la relation entre le pas a du réseau et le nombre n_{trait} de trait par mètre sur le réseau.
(en pratique c'est le nombre de trait **par mm** qui est indiquée sur le réseau)
- À l'aide du coefficient directeur de la courbe d'étalonnage, déterminer n_{trait} (**en trait par mm**)
- Comparer à la valeur **indiquée sur le réseau**