

Objectifs : Caractériser un réseau optique à l'aide d'un goniomètre, et étudier un spectre d'émission.

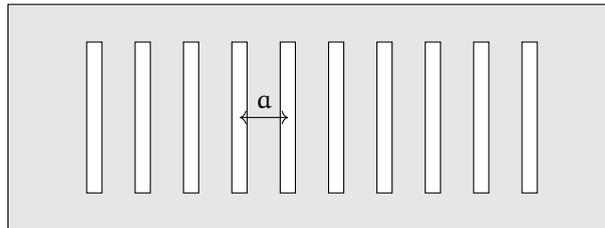
Matériel

▸ différentes lampes spectrales disponibles ; un goniomètre, un réseau, un petit miroir.

Ce TP est associé à un NoteBook disponible avec le code 96c5-6605537 .

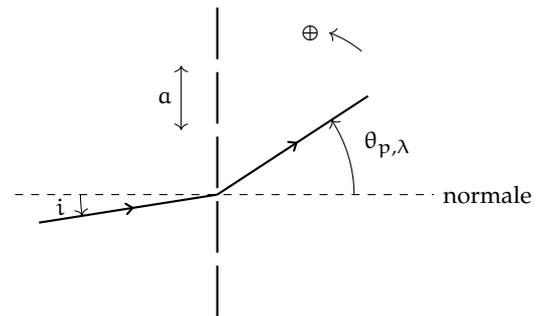
I Principe du réseau optique

Un **réseau** (de diffraction) est une plaque percée de nombreux traits parallèles entre eux et régulièrement espacés La distance entre chaque trait est appelée **pas du réseau** et notée a .



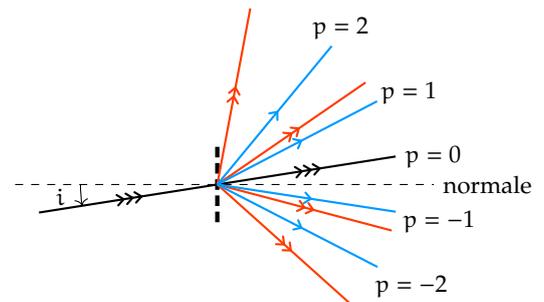
À l'aide d'un goniomètre, on éclaire le réseau avec un faisceau parallèle : tous les rayons incidents ont même angle d'inclinaison i . Les rayons incidents sont ensuite diffractés par le réseau. On peut démontrer (voir le cours de spé) que lorsque les rayons transmis par le réseau sortent tous parallèles entre eux, ils interfèrent de manière constructive à l'infini si :

$$\sin(\theta_{p,\lambda}) - \sin(i) = p \frac{\lambda}{a} \quad p \in \mathbb{Z} \quad (1)$$



Ainsi un réseau éclairé avec une lampe spectrale permet de séparer les différentes longueurs d'onde constituant le spectre de la lumière incidente : comme le prisme, le réseau est un dispositif **dispersif**.

Lorsque $p = 0$, on a $\theta_{0,\lambda} = i$. On obtient donc un maximum d'intensité pour toutes les longueurs d'onde. Plus simplement, il s'agit du faisceau qui n'est pas dévié : on observe donc l'image géométrique de la fente à travers le réseau.



1. En utilisant la valeur du nombre de traits par mm indiquée sur le réseau, donner la valeur attendue du pas a du réseau.

Expérience 1 – Premières observations

- ☞ Régler le goniomètre (lunette, puis collimateur) en utilisant la lampe à vapeur de mercure (symbole Hg). Placer le collimateur au niveau du zéro de la graduation fixe.
- ☞ Placer le réseau « à peu près » orthogonalement à l'axe du collimateur.
- ☞ Observer l'image géométrique de la fente (ordre 0) puis les ordres 1, -1, 2 et -2.

II Mesure du pas du réseau

Dans cette partie on utilise le spectre de la lampe (voir le tableau en fin de TP) pour déterminer le pas a du réseau.

Pour faire des mesures précises il nous faut parvenir à déterminer l'axe à partir duquel les angles sont comptés, qui correspond à la **normale** au réseau. Nous allons utiliser le fait que le réseau est en partie *réfléchissant*.

Expérience 2 – Disposition orthogonale du réseau par rapport à la lunette

- ☞ Le réseau étant toujours placé perpendiculairement par rapport à l’axe du collimateur, placer la lunette en face du réseau (donc dans le même axe que celui du collimateur).
- ☞ Fermer la fente du collimateur et allumer le réticule de la lunette. Décaler le petit taquet au niveau du réticule si aucune lumière ne sort.
- ☞ Tourner le réseau afin d’aligner le réticule et son image renvoyée par réflexion sur le réseau. La lunette est alors placée orthogonalement par rapport au réseau. On pourra légèrement modifier l’inclinaison *horizontale* de la lunette.
- ☞ Mesurer précisément la position angulaire de la lunette, notée $\alpha_{\text{réf}}$. Éteindre le réticule, remettre le petit taquet en place.
- ☞ **Ne plus toucher au réseau jusqu’à la fin de cette section.**

Ainsi pour déterminer un angle θ compté par rapport à la normale, il suffira de mesurer l’angle α lu sur le vernier de la lunette pour obtenir $\theta = \alpha - \alpha_{\text{réf}}$.

Expérience 3 – Mesure du pas du réseau

- ☞ Ouvrir à nouveau la fente du collimateur. Pointer la lunette sur le faisceau non dévié et mesurer $i = \theta_{0,\lambda}$.
- ☞ Si le réseau est à peu près placé orthogonalement par rapport à l’axe du collimateur, on mesure une valeur i proche de zéro.
- ☞ **Toujours sans toucher le réseau**, viser une longueur d’onde λ à un ordre p . Mesurer $\theta_{p,\lambda}$ (attention au signe).
- ☞ Répéter la procédure avec un autre couple λ/p .

2. Estimer a et l’incertitude-type sur la mesure réalisée. Comparer avec la valeur indiquée sur le réseau.

III Déviation minimale

Connaissant le pas du réseau, et on souhaite maintenant déterminer la longueur d’onde **verte** de la lampe à vapeur de mercure.

Les réseaux dont on dispose n’étant pas toujours réfléchissants, il nous faut une méthode utilisable sans forcément connaître l’angle fait par la normale.

La **déviation** $D_{p,\lambda}$ du faisceau est définie comme $D_{p,\lambda} = \theta_{p,\lambda} - i$, l’angle $\theta_{p,\lambda}$ dépendant aussi de i via (1). On cherche à déterminer le minimum de déviation par rapport à i (on admet qu’il s’agit d’un minimum).

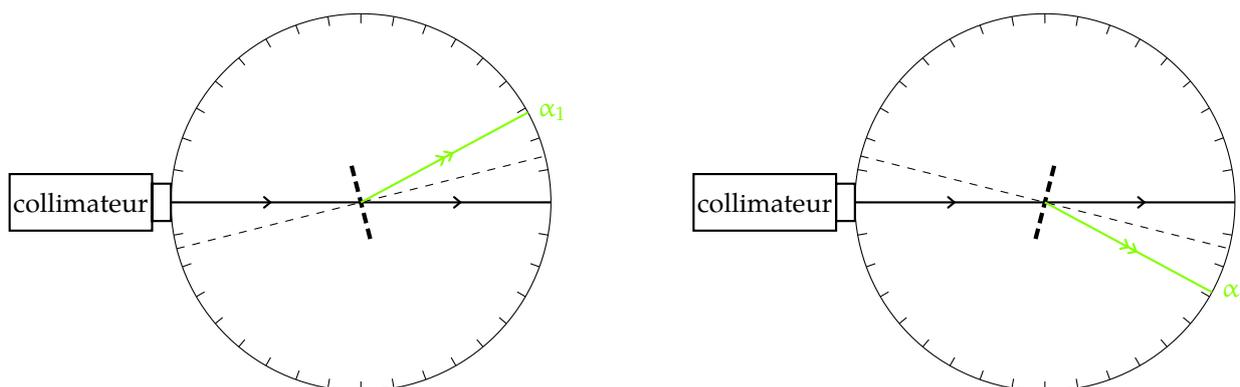
3. Montrer que la déviation est minimale pour un angle d’incidence i vérifiant

$$\cos(\theta_{p,\lambda}) = \cos(i) \tag{2}$$

La solution $\theta_{p,\lambda} = i$ n’est pas intéressante car elle correspond au faisceau non dévié. On conserve donc uniquement la solution $\theta_{p,\lambda} = -i$. Par conséquent, le minimum de déviation $D_{p,\lambda}^{\text{min}}$ vérifie :

$$D_{p,\lambda}^{\text{min}} = 2\theta_{p,\lambda} \quad \text{d'où} \quad 2 \sin\left(\frac{D_{p,\lambda}^{\text{min}}}{2}\right) = p \frac{\lambda}{a} \tag{3}$$

Cette formule est assez proche de celle obtenue pour le prisme du TP précédent : la méthode va être semblable.



Expérience 4 – Mesure du minimum de déviation

- ☞ Repérer avec la lunette la raie verte d'ordre +1.
- ☞ Faire tourner le réseau dans le sens trigonométrique en suivant la raie à la lunette. Repérer le moment où la raie fait demi-tour (comme dans le TP précédent) : c'est le minimum de déviation. Noter alors α_1 , la position angulaire de la lunette.
- ☞ Faire alors tourner le réseau dans l'autre sens afin de le replacer perpendiculairement à l'axe du collimateur. Repérer alors la raie verte d'ordre -1 (cf. schémas ci-dessus).
- ☞ Faire alors tourner le réseau dans le sens **inverse** trigonométrique en suivant cette raie à la lunette. Noter α_2 , la position angulaire de la lunette au nouveau minimum de déviation.

4. Montrer que $|\alpha_1 - \alpha_2| = 2 D_{1,\lambda}^{\min}$. En déduire une estimation de λ .
5. À l'aide du NoteBook, estimer l'incertitude-type sur λ . Appeler le professeur pour pouvoir calculer le z-score.

IV Valeurs des raies d'émission spectrales

Source	Couleur des raies	Intensité	λ (nm)
Na	rouge	peu intense	616,1
	rouge	peu intense	615,4
	jaune	très intense	589,6
	jaune	très intense	589,0
	vert	moyenne	568,8
	vert	moyenne	568,3
	bleu-vert	peu intense	515,3
	bleu	moyenne	498,3
	bleu	moyenne	497,9
	indigo	moyenne	466,5
Hg	rouge	peu intense	690,7
	jaune	très intense	579,1
	jaune	très intense	577,0
	vert	très intense	??
	bleu	faible	491,6
	violet	assez intense	435,8
	violet	faible	407,8
	violet	moyenne	404,7
Cd	rouge	intense	643,8
	bleu-vert	intense	508,5
	bleu	intense	480,0
	indigo	intense	467,8