

TP révisions C – Spectrogoniomètre

Problématique :

Comment mesurer la longueur d'onde d'une onde lumineuse monochromatique avec un réseau optique ?

Objectif :

Maîtriser l'usage du goniomètre et les réglages de ses systèmes optiques constitutifs pour déterminer la longueur d'onde d'une raie spectrale.

CONSIGNES

- ◆ **Les lampes spectrales au Sodium et au mercure seront allumées à 13h et éteintes à la fin de ce TP.**
- ◆ **Eviter l'exposition à la lumière directe de la lampe au mercure (riche en UV).**

A) Spectroscopie

1) Eléments de théorie pour le réseau (cf TP8E)

On fait tourner le réseau autour d'un axe vertical.

Pour une longueur d'onde λ_0 donnée et pour un spectre d'ordre m donné, on note $D_m = \theta_m - \theta_0$ la déviation entre la lumière incidente (ordre 0) et la lumière émergente.

La déviation D_m ne dépend que de l'angle d'incidence θ_0 ; elle passe par un minimum quand θ_0 varie.

On montre (cf ex 2 TDO4) que le minimum de déviation $D_{m,min}$ vérifie :

$$\sin\left(\frac{D_{m,min}}{2}\right) = \frac{m \cdot \lambda_0}{2a}$$

Connaissant a le pas du réseau, on peut exploiter cette relation pour déterminer λ_0 mais auparavant il faut mesurer $D_{m,min}$.

2) Eléments de théorie pour le prisme

L'indice n d'un milieu transparent varie en fonction de la longueur d'onde λ d'après la relation de Cauchy :

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

Soit un prisme d'angle au sommet A . Il existe un angle d'incidence sur la face d'entrée du prisme pour lequel la déviation est minimale et vaut D_m (cf ex 3 TDO0).

$$n = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

3) Principe

En spectroscopie, on souhaite mesurer des longueurs d'onde de sources inconnues.

On va procéder en deux grandes étapes :

1. Détermination de la courbe d'étalonnage d'un matériau à partir d'une source lumineuse connue : lampe au mercure (Hg).
2. Utilisation de cette courbe d'étalonnage pour en déduire les longueurs d'onde inconnues.

A la page 5 sont présentés les spectres de sources lumineuses connues.

B) Réglages des instruments d'optique

☞ Placer le collimateur vers la graduation 0° du goniomètre (pour éviter des erreurs sur les valeurs des différences d'angles).

☞ Régler à l'œil l'horizontalité de la lunette de façon à ce qu'elle soit perpendiculaire à l'axe Δ .

☞ Régler l'oculaire et l'objectif de la lunette de visée à l'infini autocollimatrice et l'objectif du collimateur en suivant le protocole décrit dans le TP8E.

C) Manipulations avec le réseau (cf TP8E)

1) 1^e observations

2) Mesure d'une longueur d'onde (mesure « directe »)

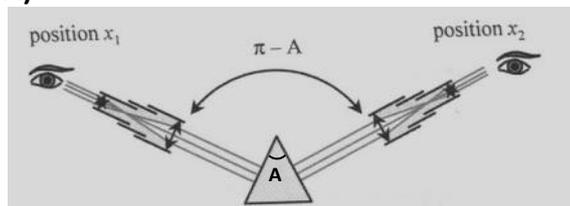
3) Mesure d'une longueur d'onde par étalonnage – Mesure du pas du réseau

D) Manipulations avec le prisme

1) Mesure de l'angle au sommet A

Deux méthodes sont décrites, vous mettrez en œuvre la 1^{ère}.

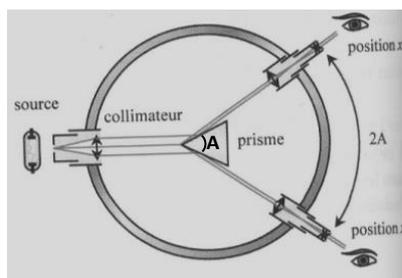
a) Méthode 1 (méthode du $\pi - A$)



Allumer la lampe de la lunette, basculer le miroir semi-réfléchissant tel que l'œil reçoive la lumière de la lampe.

Placer la platine dans une position qui vous permet de pointer l'image du réticule sur les deux faces du prisme sans tourner la platine. Bloquer la rotation de la platine.

b) Méthode 2 (méthode du $2A$)



Eteindre la lampe de la lunette autocollimatrice et basculer le miroir semi-réfléchissant.

L'arête du prisme étant orientée vers le collimateur, pointez l'image de la fente obtenue par réflexion sur la face F_1 puis pointez l'image de la fente sur l'autre face F_2 .

Rq : Ne pas hésiter à rendre la plus fine possible la fente.

c) Mise en œuvre de la 1^{ère} méthode

Pointez l'image du réticule (le réticule et son image en coïncidence) sur une des deux faces : repérez la position θ_1 de la lunette par le viseur.

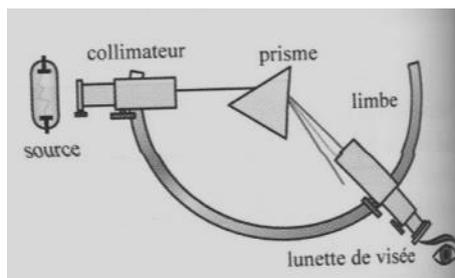
Pointez l'image du réticule sur l'autre face du prisme : relever θ_2 .

➡ 1. Déterminer expérimentalement la valeur de l'angle A.

2) Courbe d'étalonnage

a) Repérage d'un minimum de déviation

Diminuer au minimum la largeur de la fente, sans forcer sur la vis !



Repérer le spectre à l'œil nu. Faire tourner la platine. Constaté l'existence d'un minimum de déviation. Quand vous l'avez localisé, intercaler la lunette entre le spectre et votre œil.

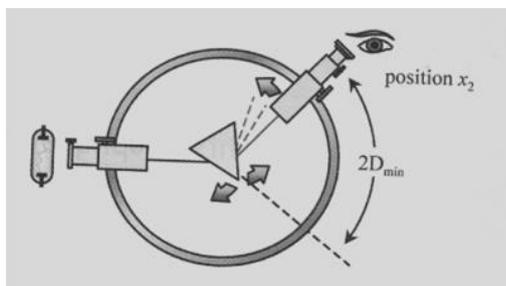
Affinez le minimum de déviation en observant la raie qui vous intéresse avec la lunette : bloquer la lunette puis, avec la vis de réglage fin, il est possible de faire subir à la lunette de légères rotations. Placez votre lunette de telle sorte qu'au minimum de déviation la raie soit exactement confondue avec le fil vertical du réticule : repérez l'angle repérant la position de la lunette.

b) Mesures

Visez sur la 1^{ère} face du prisme le minimum de déviation pour chacune des raies (k) du spectre. Relever θ_{1k} et compléter le tableau ci-dessous.

Faire tourner le plateau de façon à ce que le collimateur illumine l'autre face du prisme. Refaire la manipulation en recherchant le minimum de déviation pour l'autre face du prisme. Relever θ_{2k} pour chacune des raies.

➡ 2. En déduire D_m avec la relation $2D_m = |\theta_2 - \theta_1|$



Conseil : convertir les minutes en ° (pour éviter les erreurs de calculs !)

Pour la lampe spectrale au mercure :

Couleur				
λ				
θ_1				
θ_2				
D_m				

- ➡ 3. En déduire la valeur de n pour chaque raie.
- ➡ 4. Tracer la courbe $n = f\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)$: courbe d'étalonnage.

3) Application : détermination des longueurs d'onde d'une lampe inconnue

Prendre la lampe au sodium. Supposer que le spectre de cette lampe est inconnu.

- ➡ 5. Proposer une méthode pour obtenir les longueurs d'onde des différentes raies, la mettre en œuvre et vérifier avec les tables fournies ci-dessous.

Couleur				
θ_1				
θ_2				
D_m				
n				
λ_{exp}				
λ_{tables}				

DOC : Tables des longueurs d'onde du spectre des lampes au sodium et au mercure

Longueur d'onde	Couleur de la raie	Longueur d'onde	Couleur de la raie
690,7 nm	Rouge	616,1 nm	Rouge
623,4 nm		615,4 nm	(doublet)
579,1 nm	Jaune (doublet)	589,6 nm	Jaune (doublet)
577,0 nm		589,0 nm	
546,1 nm	Vert - Jaune	568,8 nm	Vert (doublet)
491,6 nm	Bleu - Vert	568,3 nm	
435,8 nm	Bleu -Violet	515,2	Vert
404,7 nm	Violet	497,9 nm	Bleu-Vert
		475,0 nm	Bleu
		466,7 nm	

Tableau 1 : spectre de la lampe au mercure.

Tableau 2 : spectre de la lampe au sodium.

Rq : un doublet est un couple de raies de longueurs d'onde très proches.