

# Spectrogoniomètre à réseau (2)

Compétence	En détail	++	+	-	--
Réaliser (/4)	Régler de manière autonome une lunette auto-collimatrice et un collimateur.				
S'approprier (/1)	Expliquer oralement la figure d'interférences.				
Réaliser (/5)	Mesurer des $\lambda_0$ via le minimum de déviation.				
Valider (/1)	Analyser <u>tous</u> les résultats ou observations, de manière critique (ordre 2, valeurs de $\lambda_0$ ).				
Valider (/4)	Évaluer une incertitude de type B et exploiter un algorithme de Monte-Carlo de propagation des incertitudes.				
Valider (/1)	Comparer deux valeurs en calculant un écart normalisé.				
Communiquer (/0,5)	Indiquer les objectifs du TP en introduction du compte-rendu.				
Communiquer (/1,5)	Organiser un compte-rendu expérimental de manière claire.				
Communiquer (/2)	Présenter oralement la démarche suivie.				

Liste du matériel à disposition : goniomètre, lampe spectrale de Hg/Cd, réseau de 600 traits/mm, miroir, spectromètre à fibre optique.

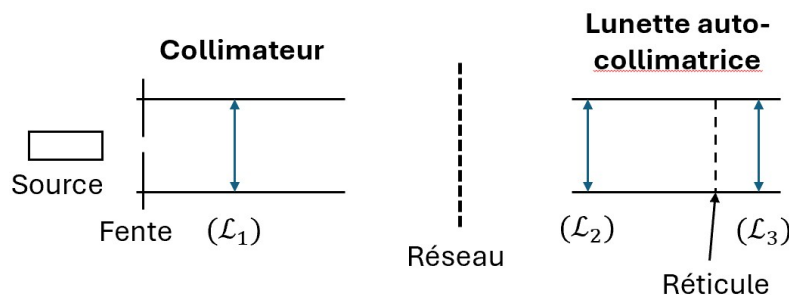
Dans ce TP, on suppose que l'on connaît avec une précision infinie le pas d'un réseau (on prendra la valeur constructeur ; pour la mesure de ce pas : voir TP10). L'objectif est ici de mesurer les longueurs d'onde d'émission d'une lampe spectrale de mercure/cadmium (Hg/Cd), à l'aide d'un spectrogoniomètre à réseau.

## I Préambule théorique

### Constitution d'un goniomètre

#### Schéma du goniomètre

Pour simplifier, la lumière auxiliaire de la lunette auto-collimatrice n'est pas représentée.



Le goniomètre est constitué de trois éléments :

- un **collimateur**. Ce collimateur est ici directement muni d'une fente source de taille réglable.

- un plateau, contenant un support porte-objet, pour fixer le réseau.
- une **lunette auto-collimatrice**.

Un goniomètre a pour intérêt principal de permettre la mesure précise de l'angle séparant deux directions de référence, en utilisant un vernier solidaire de la lunette auto-collimatrice.

### Formule du minimum de déviation pour un réseau

Soit un réseau de pas  $a$ . On s'intéresse à une raie de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ .

On définit alors l'angle de déviation  $D_k = \theta_k - \theta_0$  où  $\theta_k$  est l'angle d'émergence de l'ordre d'interférences  $k$  et  $\theta_0$  est l'angle d'incidence. En modifiant  $\theta_0$ , l'angle de déviation  $D_k$  passe par un minimum  $D_{m,k}$ , appelé angle minimum de déviation, et vérifiant :

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

### Formulaire de quelques fonctions Python :

- `np.random.uniform(a,b)` renvoie un flottant aléatoirement tiré dans l'intervalle  $[a,b]$  avec une densité de probabilité uniforme.
- `np.zeros(N)` renvoie un tableau numpy de N zéros
- `np.mean(L)` renvoie la valeur moyenne de la liste L
- `np.std(L,ddof=1)` renvoie l'écart-type physique des valeurs de la liste L

## II Manipulation expérimentale

### II.1 Réglage du goniomètre

- Régler la lunette auto-collimatrice et le collimateur. Il n'est pas attendu de rédiger le protocole sur le compte-rendu, car il fait partie des protocoles usuels en optique.

### II.2 Détermination des longueurs d'onde de la lampe à vapeur de mercure/cadmium

#### Protocole

*Conditions d'éclairage : lampe à vapeur de mercure. / Réseau de 600 traits par mm.*

- Mesurer l'azimut  $\alpha_0$  de la frange d'ordre 0. Estimer l'incertitude sur  $\alpha_0$ .
- Fixer une des franges d'ordre 2 avec la lunette. Tourner lentement le plateau portant le réseau tout en suivant la frange avec la lunette et repérer l'orientation du réseau pour laquelle le déplacement de la frange change de sens. Mesurer alors l'azimut  $\alpha_2(\lambda_0)$  au minimum de déviation.
- Ré-itérer cette dernière étape pour 2 autres franges d'ordre 2 de différentes longueurs d'onde de la lampe. Estimer l'incertitude-type sur chaque valeur de  $\alpha_2$ .

#### Exploitation

- Quel est l'intérêt d'étudier les minima de déviation dans l'ordre 2 plutôt que dans l'ordre 1 ?
- Dédire de l'expérience les longueurs d'onde de la lampe à vapeur de mercure/cadmium. On ne déterminera pas, pour l'instant, d'incertitude sur ces longueurs d'onde.

## Incertitude

On cherche l'incertitude-type sur les longueurs d'onde  $\lambda_0$  déterminées. Pour simplifier, on suppose dans cette partie que l'on connaît le pas du réseau  $a$  avec une précision infinie. Néanmoins, l'expression de  $\lambda_0$  fait intervenir un sinus : les formules habituelles de composition des incertitudes sont inopérantes. On se propose donc de réaliser une estimation de l'incertitude  $u(\lambda_0)$  par l'algorithme de Monte-Carlo de propagation des incertitudes.

- Ouvrir le fichier "Incertitude lambda MC propagation.py". Quel est le principe de l'algorithme de Monte-Carlo de propagation des incertitudes ?
- En adaptant l'algorithme à vos valeurs expérimentales, estimer l'incertitude sur chacune des longueurs d'onde déterminées.

## Validation

- A l'aide d'un spectromètre à fibre optique et du logiciel Visual Spectra, mesurer les trois longueurs d'onde étudiées ci-avant de la lampe spectrale de mercure/cadmium.
- Comparer les valeurs mesurées avec le spectrogoniomètre et celles mesurées avec le spectromètre à fibre optique.