

Certains élèves nous rapportent que la plate-forme du goniomètre est déjà réglée quand ils arrivent. D'autres ont dû régler eux-mêmes l'horizontalité en suivant les indications données (CCP). Un autre élève rapporte qu'on lui a demandé d'écrire dans son compte-rendu une méthode de réglage pour la plate-forme du goniomètre et de l'appliquer pour la manip (Centrale). Les demandes sont donc très variées : en conclusion, mieux vaut savoir le faire. Par contre, on ne passe jamais à travers **le réglage optique des trois éléments lunette - objectif - collimateur , à savoir faire et à savoir justifier**. L'examinateur attache beaucoup d'importance à la **compréhension** du phénomène physique, à son **explication** et à l'**esprit critique** du candidat. Il est aussi demandé des **calculs d'incertitude**, notamment sur l'angle du prisme et sur son indice. Il est donc bon de vérifier que l'on sait faire (sur l'indice ce n'est pas si évident). La formule de Cauchy ( $n$  fonction de  $\lambda$ ) est à connaître. Un élève rapporte qu'à Centrale ou Supoptique les goniomètres sont de précision supérieure à ceux du lycée. Il faut s'attendre à des graduations à la minute doublées d'un curseur de lecture observable à travers un oculaire : après un petit ajustement avec une vis micrométrique qui permet de déplacer un curseur, on superpose ce dernier sur une des graduations de minutes et on a ainsi accès aux secondes d'arc avec une erreur de  $2''$  sur la mesure.

Exemple d'un rapport d'élève sur le concours CCP :

En ce qui concerne les conditions de l'épreuve, l'examinateur était pour ma part très gentil, très agréable et il nous a, deux garçons et moi, très vite mis en confiance. Lorsqu'il remarquait que je faisais mal une mesure, il venait me voir et me guidait de telle manière à ce que je me rende compte de mon erreur. En effet, j'ai oublié dans la mesure de  $D$ , de prendre deux angles puis de les sommer et de les diviser par deux. Il était de plus nécessaire que je lui explique avec précision le réglage du goniomètre et les conséquences que ces réglages apportent (lunette autocollimatrice réglée à l'infini, collimateur envoyant une onde plane incidente...).

Comme conseils, je dirais de

- bien savoir répondre aux questions relatives au réglage optique du goniomètre (le plateau était déjà réglé)

- être capable de répondre à des questions simples relatives à des phénomènes de dispersion de la lumière, comme celle due à un prisme, ou bien celle que l'on observe dans un arc en ciel. En effet, l'examinateur est venu me voir en premier et m'a beaucoup questionné sur les phénomènes optiques engendrés par le prisme (déviation de la lumière à cause du  $n$ ...) et m'a demandé de faire une comparaison (orale) avec l'arc en ciel en précisant quelles couleurs étaient les moins déviées, les plus déviées, où se situait le vert, le jaune...

## 1 Prisme : à réviser avec le TP fait dans l'année

- Mesure de l'angle d'un prisme

- Par réflexion sur les deux faces recevant le faisceau issu de la lampe spectrale
- Par autocollimation sur les deux faces formant le dièdre d'angle  $A$

- Mesure de l'indice  $n$  d'un prisme

- A l'aide de la méthode du minimum de déviation.
- Savoir démontrer la formule du minimum de déviation même si parfois elle est fournie:

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

- Vérifier la loi (approchée) de Cauchy :  $n = A + B/\lambda^2$ .

## 2 Réseaux : à réviser avec le TP fait dans l'année

- Comment placer un réseau en incidence normale ?

On sait que l'ordre 0 est de la couleur de la lampe spectrale (bleu clair pour le mercure) et n'est pas dévié quel que soit l'angle d'incidence  $\zeta$ -à-d quelle que soit l'orientation du réseau. L'idée est d'ajuster d'abord la lunette (avec ou sans réseau) de façon à recevoir le faisceau de la lampe spectrale en face. Ceci fait on laisse la lunette dans cette position car on sait qu'elle est à incidence nulle. On retire la lampe spectrale, on place le réseau (si celui-ci avait été retiré) et on cherche à obtenir une autocollimation sur le réseau grâce à la lumière annexe de la lunette. Pour cela le réticule vertical doit se retrouver pile sur le réticule objet. Alors on est sûr que le plan du réseau est perpendiculaire à l'axe collimateur-lunette, ce qu'on souhaitait. **On ne touche plus** à la plate-forme pour le restant du TP si on demande de rester dans les conditions d'éclairage sous incidence normale  $i = 0$ .

## 3 Exemples de TP donnés ces dernières années

- Caractéristiques spectrales d'un filtre (verre coloré) (élève aux CCP)

– Etudier un filtre avec un goniomètre à prisme, 2 lampes spectrales inconnues, une source de lumière blanche, le filtre à étudier; une dizaine de spectres était donnée. (*Rép : pour connaître les valeurs des longueurs d'onde, il faut d'abord reconnaître de quelles lampes il s'agit en observant les couleurs émises et en comparant aux spectres donnés . Puis tracer la courbe de l'indice en fonction de  $1/\lambda^2$  (voir TP Prisme) . Enfin mettre comme source la lumière blanche avec le filtre inconnu et mesurer l'indice. Reporter la valeur de cet indice sur la droite tracée précédemment en fonction de  $(1/\lambda^2)$  et en déduire la longueur d'onde du filtre.*)

- Mesure d'un pouvoir dispersif de prisme (élève aux CCP)

– Calculer  $V = (n_D - 1)/(n_F - n_C)$  sachant que  $n_D$ ,  $n_F$  et  $n_C$  sont les indices d'une raie particulière de lampes spectrales dont l'élève dispose. La formule de l'indice en fonction de la déviation minimale est donnée. (*Rép : c'est exactement comme le TP de cours sauf qu'il s'agit d'autres lampes spectrales; il faut bien-sûr auparavant mesurer l'angle A du prisme pour exploiter la formule du prisme*) .

- Détermination du nombre de Rydberg (élèves aux CCP 2016 et 2021)

– Matériel : on dispose d'un goniomètre, d'un prisme , d'une lampe à hydrogène, d'une lampe à vapeur de mercure-cadmium.

– Données : On dispose uniquement des valeurs numériques des longueurs d'onde des différentes couleurs composant la lumière d'une lampe Hg-Cd. Un document donne pour l'hydrogène la formule  $1/\lambda = R_H(1/n_1^2 - 1/n_2^2)$  où  $R_H$  est la constante de Rydberg; on y précise que dans le domaine du visible , seule la série de Balmer est observable ce qui correspond aux couples  $(n_1, n_2) = (2, 3), (2, 4), (2, 5), (2, 6)$  dont les longueurs d'onde associées sont (dans le désordre) le rouge, violet, bleu-vert et indigo. Il y est également précisé que l'angle  $D$  de la couleur déviée par le prisme est une fonction de  $\lambda$  , avec le schéma de la courbe associée ressemblant à une hyperbole; un schéma classique du prisme avec cheminement de deux rayons , l'un bleu et l'autre rouge est également représenté .

- Rq : l'horizontalité de la plate-forme est pré-réglée. C'est au candidat de régler lunette et collimateur. La formule du prisme n'est pas donnée. Il existe un système de blocage du prisme sur sa plate-forme. Papier millimétré fourni. Pas de logiciel.
- Question : Comment peut-on déterminer le nombre de Rydberg  $R_H$  ?
- Rép : *Il faut arriver à connaître les valeurs des quatre longueurs d'onde de la lampe Hg-Cd . Pour cela, placer le prisme de manière à ce que le rayon incident soit réfracté et émerge avec un angle de déviation D . Une fois le prisme en place , on ne touche ni au prisme ni à la plate-forme (blocages utilisés) de manière à ce que l'angle d'incidence reste identique pour tous les rayons. On doit alors mesurer l'angle D pour chaque raie de couleur de la lampe Hg-Cd. Ensuite tracer D en fonction de  $\lambda$  sur un papier millimétré afin d'obtenir une courbe "modèle". On remplace alors la lampe Hg-Cd par la lampe à hydrogène; on mesure D pour les 4 raies de l'hydrogène observables et grâce à la courbe on trouve les abscisses çà-d les longueurs d'onde de  $H_2$ . Ayant les 4 valeurs de  $\lambda$  de l'hydrogène, avec les valeurs des couples associées , soit (2,3) pour le rouge la longueur d'onde la plus grande, on peut calculer la valeur de  $R_H$  pour chaque et en faire la moyenne.*

- Mesure du pas  $a$  du réseau et du  $\Delta\lambda$  du Sodium (élève aux CCP)

- Protocole suggéré: mesure du minimum de déviation et utilisation de la relation des réseaux  $\sin i' - \sin i = k\lambda/a$  connaissant la longueur d'onde moyenne du Sodium. (Rép : cf TP réseau; on a intérêt à se placer à un ordre élevé pour une meilleure précision dans la mesure de  $\Delta\lambda$  ).

- Mesure du pas  $a$  du réseau et du  $\lambda$  vert du Mercure (élève aux CCP 2018)

- Matériel : Gonio, réseau inconnu, lampe à vapeur de mercure, Miroir
- Il était demandé pour le compte-rendu de faire le tracé d'un rayon lumineux dans le gonio sans dispositif sur la plate-forme et les conditions expérimentales à choisir.
- Documents fournis : Formule du  $\delta_{2-1}$  du réseau , présentation du gonio et des réglages , tableau de valeurs des  $\lambda$  pour le mercure et le cadmium.
- Questions posées par l'examinatrice : Que représente l'ordre p ? Comment faire l'auto collimation avec le réseau ?
- *L'élève a eu 18*

- Caractérisation d'une lampe spectrale (élève aux CCP)

- Proposer un protocole expérimental permettant de caractériser une lampe spectrale donnée. Le matériel comprenait un goniomètre , un réseau, une lampe au mercure et une autre inconnue, une feuille caractéristique des différentes raies du mercure et d'autres lampes comme celles au Sodium , au Cadmium, etc. (Rép : *Je suggérerais à l'élève de placer le réseau en incidence normale (cf 2), dans le but de tracer la courbe  $\sin i'$  en fonction de  $\lambda$  grâce à la lampe au mercure dont les longueurs d'onde sont données (en se limitant à un ordre donné le plus élevé), puis de tracer  $\sin i'$  en fonction de  $\lambda$ , ensuite de mesurer les angles  $i'$  des différentes longueurs d'onde de la lampe inconnue par la même méthode au même ordre , de reporter ces points sur la courbe obtenue précédemment et d'en déduire les abscisses qui sont les longueurs d'onde cherchées caractérisant la lampe inconnue).*)

- Mesure du pas  $a$  du réseau par réflexion (élève à Centrale)

- Matériel: miroir plan , goniomètre, collimateur, lunette auto-collimatrice

- Manip et compte-rendu: régler la lunette à l'infini. Régler la plate-forme du goniomètre. Faire un schéma de la lunette et du miroir. Quel est l'avantage d'une lunette autocollimatrice par rapport à une lunette simple ? Faire un schéma pour l'ordre 0, 1 et -1. Proposer une méthode de réglage pour la plate-forme du goniomètre. Proposer une méthode de mesure de l'angle du rayon incident et de l'angle du rayon réfléchi. On donne  $\lambda_{rouge}$ . Calculer le pas du réseau à l'aide de mesure d'angles bien précis. Donner les angles en degrés, minutes et secondes d'arc. Commenter la précision du résultat. En déduire le nombre de traits par millimètres. Calculer les longueurs d'onde observées. On fera un tableau où figureront les angles en degré, minutes et secondes d'arc. (*cf TP Réseau dernière question*) .

## 4 Quelques longueurs d'onde utiles

Élément	couleur de la raie	longueur d'onde (en nm)	intensité relative
Hg	rouge	690,7	moyenne
	jaunes	579,1 et 577,0	très fortes
	vert	546,0	très forte
	bleu-vert	491,6	moyenne
	indigo	435,8	très forte
	violets	434,7 et 404,7	moyenne et très forte
Na	jaune	589,6	très forte
	jaune	589,0	très forte
Cd	rouge	643,8	moyenne
	vert	508,6	forte
	bleu	480,0	forte
	bleu	467,8	forte
He-Ne	632,8	rouge	lumière laser