

TP n° 15 de Physique - Optique - Goniomètre

Introduction et objectif du TP

Chaque élément chimique peut être caractérisé par la lumière qu'il émet sous certaines conditions. Cette lumière est polychromatique et présente un spectre de raies dont les longueurs d'ondes sont liées à la structure électronique de l'élément. Le spectroscope à prisme est un instrument d'optique qui permet d'observer ces spectres, grâce à la dispersion de la lumière par le prisme. On peut ainsi, par exemple identifier un élément inconnu en déterminant les longueurs d'onde des raies émises, ou encore déterminer la composition d'une étoile en analysant la lumière qu'elle émet.

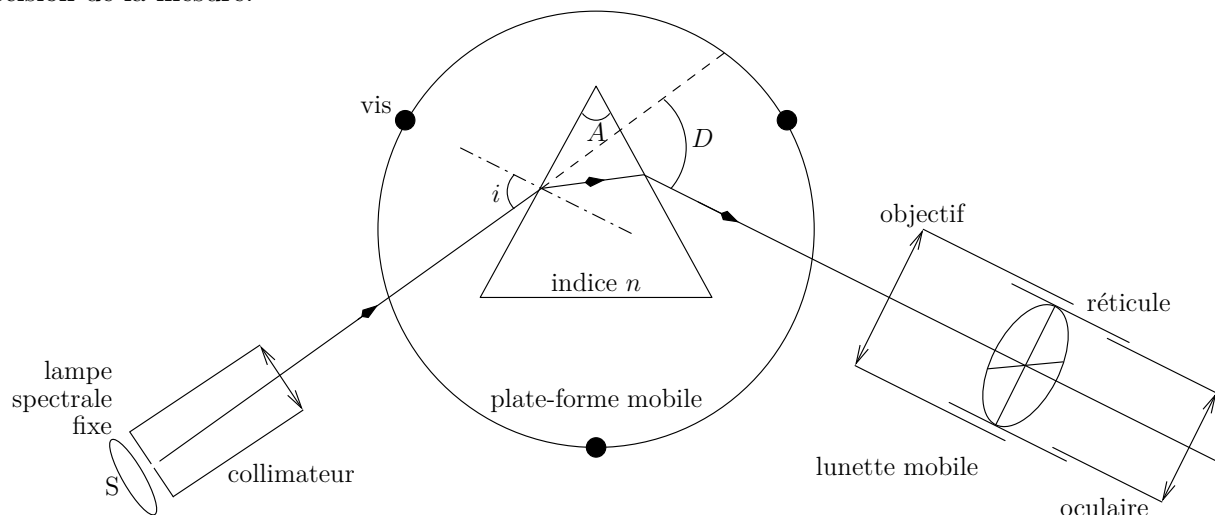
L'appareil avec lequel nous allons nous familiariser pendant cette séance de TP s'appelle aussi goniomètre : il permet de mesurer des angles de déviation. On y place prisme d'angle A et on mesure, pour chaque longueur d'onde, le minimum de déviation $D_m(\lambda)$. Nous vérifierons ainsi que le verre est un milieu dispersif et que cette dispersion suit la formule de Cauchy dans le domaine du visible.

1 Réglage du goniomètre

1.1 Description de l'appareil

Un goniomètre comprend trois parties :

- un **collimateur** produisant un faisceau de rayons parallèles. Il s'agit en général d'une lampe spectrale (par exemple à vapeur de mercure) placée dans le plan focal objet d'une lentille convergente.
- une **plate-forme mobile** sur un disque métallique horizontal fixe, porteur de graduations (α variant de 0° à 360°). C'est sur cette plate-forme qu'est placé le système d'étude, par exemple le prisme.
- une **lunette de visée à l'infini** mobile pour visualiser le faisceau dévié. Elle contient un réticule qui doit être précisément superposé à l'image de la fente. La position de la lunette est repérée sur le cercle gradué du disque fixe. Son support porte un bouton de blocage et une vis de mouvement lent pour augmenter la précision de la mesure.



1.2 Réglage de la lunette à l'infini

La lunette est composée de deux lentilles convergentes (l'oculaire et l'objectif) entre lesquelles se trouve un réticule. Le but est l'observation d'un objet situé à l'infini, que l'on doit voir superposé au réticule.

- $\mathcal{P}1$ Où doit se trouver le réticule par rapport à l'oculaire et à l'objectif pour qu'un œil emmétrope puisse utiliser la lunette sans accommoder ?
- $\mathcal{P}2$ Quel réglage peut-on modifier pour qu'un œil non emmétrope utilise la lunette ?
- $\mathcal{P}3$ Qu'appelle-t-on autocollimation ?

M1 Réglage de l'oculaire

- Allumer le dispositif d'éclairage du réticule (alimentation continue 12 V). Certains goniomètres ont une tirette qu'il faut déplacer pour éclairer le réticule.
- Observer le réticule à travers l'oculaire, et régler le tirage de ce dernier pour que l'observation soit adaptée à sa vue.

M2 Réglage de l'objectif par autocollimation

- Placer un miroir plan à la sortie de la lunette.
- Régler le tirage de l'oculaire pour réaliser l'autocollimation : on observe deux croix nettes, le réticule et son image. Il n'est pas nécessaire qu'elles soient strictement superposées, mais on ne doit les voir se déplacer l'une par rapport à l'autre lorsque l'on bouge l'œil.
- Éteindre la lampe d'autocollimation et basculer la tirette (pour les appareils qui en ont une).

**La lunette de visée est réglée : un objet à l'infini sera vu sans accommoder.
Il est possible de régler à volonté le tirage de l'oculaire pour adapter la lunette à sa vue, mais il ne faut surtout plus toucher au tirage de l'objectif.**

1.3 Réglage du collimateur

Le collimateur se compose d'une fente verticale de largeur réglable et d'un objectif. Le tirage du collimateur est ajustable soit par l'intermédiaire d'une molette, soit par simple déplacement d'un tube télescopique. La fente est éclairée par une lampe spectrale, c'est donc un objet secondaire.

M3 Réglage du collimateur

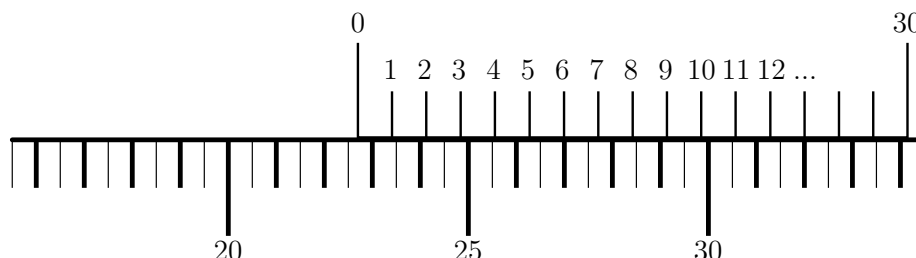
- Enlever le prisme de la plate-forme, **sans en toucher les faces latérales**.
- Placer la lampe à vapeur de mercure derrière la fente, ouverte au départ d'environ 1 mm.
- Regarder à travers la lunette de visée l'image de la fente. Ajuster le collimateur pour rendre l'image nette, en particulier sur les bords.
- Réduire la largeur de la fente. Elle doit être la plus fine possible, tout en étant observable.

Les goniomètres qui n'ont pas de tirette sur la lunette de visée fournissent des images parasites de la fente (on voit 3 fentes). Seule la fente la plus lumineuse (celle de droite) doit être considérée.

L'image de la fente ne sera pas centrée en hauteur si les axes de la lunette et du collimateur ne sont pas confondus. Il suffit alors de régler leur hauteur.

2 Mesures d'angles

Les mesures d'angles sur un goniomètre sont obtenues par lecture d'un vernier. Il s'agit de deux règles graduées en face l'une de l'autre, comme sur l'exemple ci-dessous. La graduation inférieure est en demi-degrés et solidaire de la plate-forme. La graduation supérieure est en minutes d'angle et solidaire de la lunette de visée.



Pour lire sur un vernier, on lit d'abord l'angle au demi-degré inférieur, en regardant la position du 0 de la graduation supérieure par rapport à la graduation inférieure. Ensuite, on repère la première correspondance exacte entre deux graduations, pour obtenir le nombre de minutes à rajouter à la valeur précédente.

P4 Quelle est la valeur indiquée ci-dessus ? Son incertitude-type ?

**Le vernier nous permet donc de réaliser des mesures d'angles à la minute près.
En pratique, ce n'est pas la précision du vernier qui limite mais davantage la latitude de réglage. La précision de la mesure est plus souvent de 3 à 4 minutes environ.**

2.1 Mesure de l'angle du prisme

Le faisceau parallèle provenant du collimateur éclaire à *peu près* également les deux faces du prisme. Deux mesures d'angles sont possibles de chaque côté du prisme.

P5 Montrer que la différence des deux angles vaut $2A$.

M4 Mesurer α_1 , α_2 et en déduire $2A$. Quelle est la précision de cette mesure ?

2.2 Mesure du minimum de déviation pour une longueur d'onde donnée

Le prisme dévie la lumière grâce à la réfraction. Son indice varie en fonction de la longueur d'onde de la lumière incidente : il y a donc dispersion des spectres de lumière incidente. Il existe, pour chaque longueur d'onde, une position du prisme correspondant à un minimum de déviation.

M5 Observer dans un premier temps à l'œil nu le spectre du mercure et le phénomène de minimum de déviation.

La mesure unique de l'angle D_m minimal de déviation n'est pas aisée. Il est plus facile de mesurer de façon absolue les deux angles des deux positions symétriques du prisme correspondant au minimum de déviation. On obtient $2D_m$ en faisant la différence de ces deux mesures.

M6 Mesurer pour chaque raie visible du spectre les deux angles β_1 et β_2 et consigner dans un tableau λ , β_1 , β_2 , D_m ainsi que les incertitudes-types associées. On regardera les raies les plus brillantes de la lampe à mercure :

- la raie jaune à 577,0 nm
- la raie verte à 546,1 nm
- la raie indigo à 435,8 nm
- la raie violette à 407,8 nm

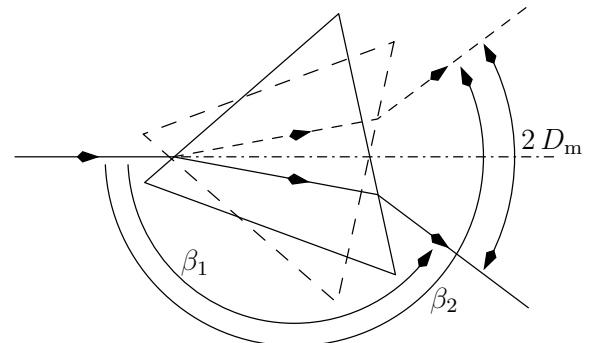
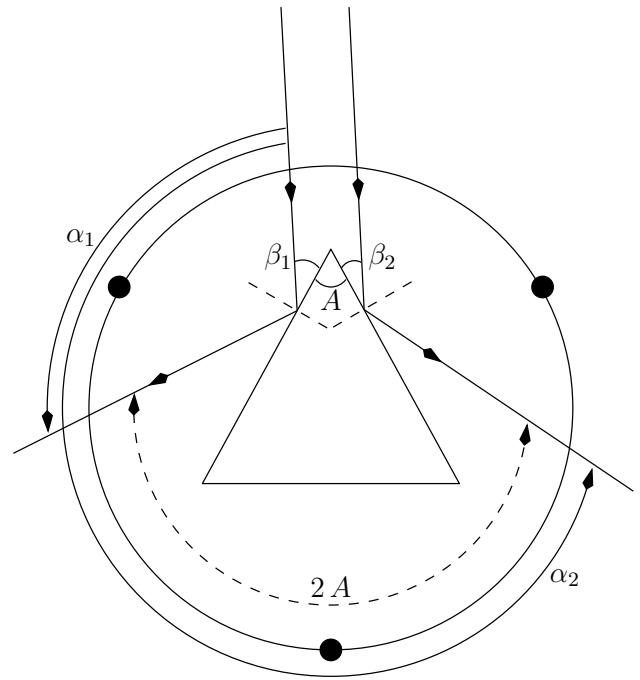
2.3 Exploitation des résultats

P6 Rappeler la formule de Cauchy que suit la dispersion en fonction de l'indice de réfraction dans le domaine du visible

P7 Retrouver la relation entre l'indice $n(\lambda)$ du prisme, A et $D_m(\lambda)$

P8 Quelle régression linéaire peut permettre d'accéder aux coefficients de la loi de Cauchy ?

M7 Déterminer les coefficients de la loi de Cauchy (attention aux unités).



Annexe : raies spectrales pour différents éléments

Élément	Couleur	Intensité	λ (nm)
Cadmium	Rouge	Intense	643,8
	Vert	Intense	508,6
	Bleu	Intense	480,0
	Bleu	Intense	467,8
	Violet	Peu intense	446,7
Hélium	Rouge	Intense	667,8
	Jaune	Intense	587,5
	Vert	Intense	501,5
	Bleu-vert	Peu intense	492,1
	Bleu	Faible	471,3
	Violet	Faible	447,1
Mercure	Rouge	Peu intense	690,7
	Orange	Peu intense	623,4
	Jaune	Intense	579,1
	Jaune	Intense	577,0
	Vert-Jaune	Très intense	546,1
	Bleu-vert	Peu intense	491,6
	Indigo	Intense	435,8
	Violet	Intense	404,7
Sodium	Rouge	Peu intense	616,1
	Jaune	Très intense	589,3
	Vert	Intense	568,6
	Bleu-vert	Faible	515,3
	Bleu	Peu intense	498,3
	Indigo	Faible	466,5