Résumé

Spectroscopie

Prérequis :

Réglage goniomètre (pdf) Vernier (applet) Vernier (pdf)

Objectif : savoir utiliser un goniomètre avec un réseau.

Savoir : vocabulaire (ordre, minimum de déviation).

Savoir-faire : réglage de la lunette autocollimatrice puis du collimateur, lecture d'un vernier, repérage du minimum de déviation.

Précautions :

- Contrôle de la luminosité en sortie du collimateur : cf. « Réglage du goniomètre » page 1.
- Se protéger contre les sources de lumière parasite (paillasses voisines, écrans d'ordinateur…).
- Attention lors de la lecture de verniers.
- Aucun arrondi dans les calculs (angles mesurés à la minute près).
- Calculatrice dans le mode correct (degrés / radians).

Vidéo

Spectroscopie à prisme – Notion de minimum de déviation

Théorie (admise)

L'étude du prisme permet d'établir que l'indice n du prisme dépend de la longueur d'onde dans le vide λ de la radiation considérée : $n(\lambda) = \dfrac{\sin\left(\dfrac{A + D_m(\lambda)}{2}\right)}{\sin\left(\dfrac{A}{2}\right)}$ où A est l'angle au sommet du prisme et $D_m(\lambda)$, le minimum de déviation pour la radiation de longueur d'onde dans le vide λ.

Rq : le principe de la mesure de l'angle au sommet est donné en annexe (utilisation de la méthode d'autocollimation). Les prismes utilisés sont équilatéraux donc A = 60,00°.

Existence d'un minimum de déviation $D_m(\lambda)$ en fonction de l'angle d'incidence i sur le prisme.

Minimum de déviation (simulation et vidéo) Minimum de déviation (applet)

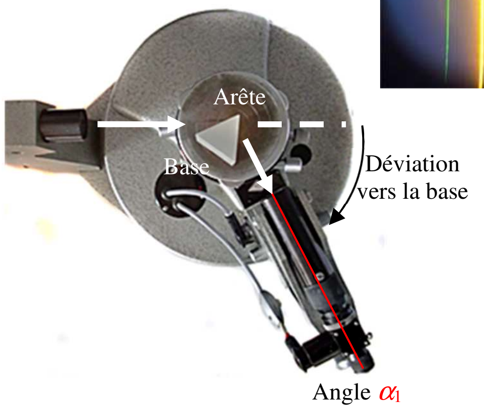
Mesure du minimum de déviation pour une longueur d'onde λ

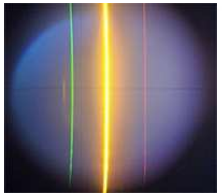
1/ Repérage à *l'œil nu*

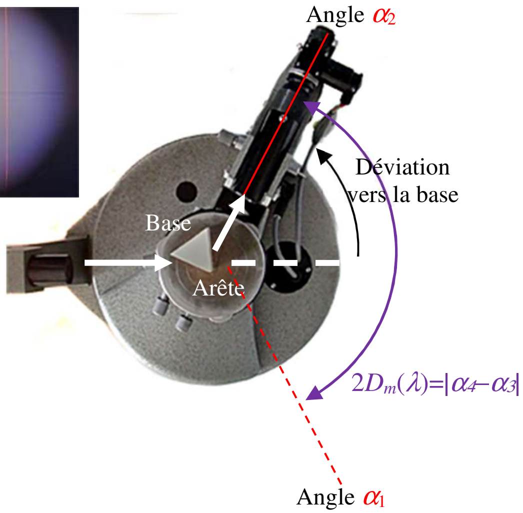
- Chercher le spectre à l'œil en sortie du prisme (<u>déviation du faisceau vers la base</u>).
- Choisir une raie donnée dans le spectre et ne plus la quitter des yeux.
- Faire tourner doucement le socle du prisme dans un sens : rechercher la position du prisme correspondant au « demi-tour » de la raie.
  En cas d'échec tourner le socle en sens inverse.
  Répéter l'opération plusieurs fois afin de déterminer au mieux la position du demi-tour.
- Sans bouger la tête latéralement, placer la lunette devant l'œil et affiner la position précédente en utilisant le même protocole.

2/ Principe des mesures

- **Visée n°1** : *positionner le réticule vertical exactement à l'endroit où la raie étudiée effectue un demi-tour*, noter l'angle α_1.
- **Visée n°2** : procéder de même dans une position approximativement symétrique par rapport au faisceau incident (photos cf. ci-dessous) et noter l'angle α_2.
- Le **minimum de déviation $D_m(\lambda)$** est donné par : $2\,D_m(\lambda) = |\alpha_1 - \alpha_2|$.







Visée n°1 **Visée n°2**

Remarques :

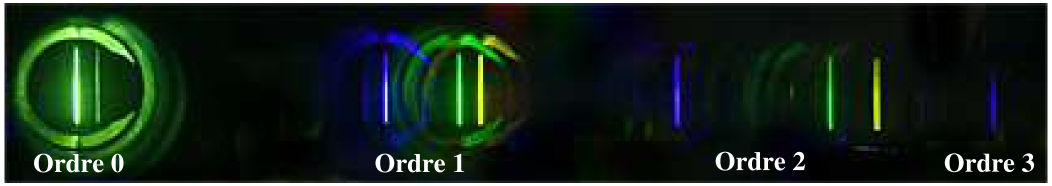
- Utiliser le déplacement fin de la lunette pour positionner précisément le réticule.
- Modifier l'ouverture de la fente pour voir les raies les moins intenses.
- *Noter les angles à la minute près, ne pas arrondir les résultats.*

Spectroscopie à réseau

Vidéo

Savoir-faire

1) Repérage des ordres à l'œil nu à travers le réseau : régler la largeur de la fente pour ne pas être ébloui. Puis observer à la lunette.

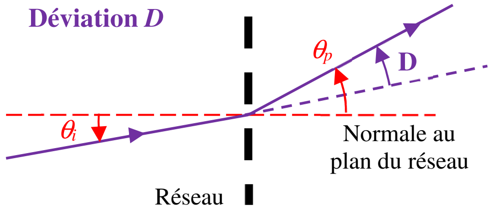


2) Repérage du minimum de déviation pour une *raie donnée* dans un *ordre p donné* : même protocole que pour le prisme, la raie effectue un demi-tour alors que le support du réseau tourne toujours dans le même sens
Le réticule de la lunette devra être positionné très précisément à cet endroit (position α_1 de la lunette dans la suite). Procéder de même à l'*ordre - p* (position α_2 de la lunette).

Théorie (cf. complément)

Définition :
La ***déviation*** dans ***l'ordre p*** est :

$$D_p = |\theta_p - \theta_i|$$

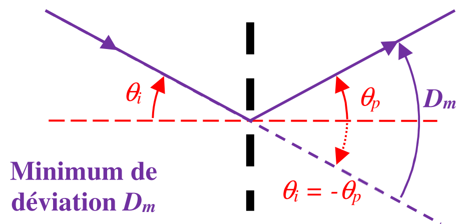


Théorème :
La déviation D_p passe par un minimum lorsque : $\theta_p = -\theta_i$

Le plan du réseau est alors le *plan bissecteur* des rayons incidents et diffractés dans l'ordre p.

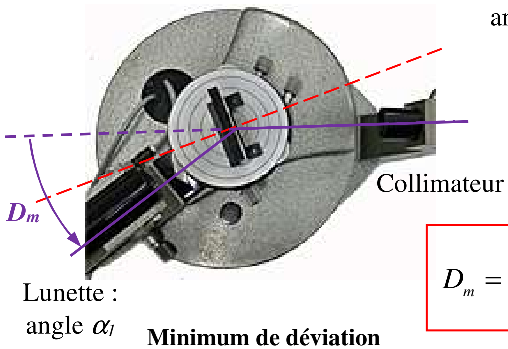
On a alors : $2\sin\dfrac{D_m}{2} = p\dfrac{\lambda_0}{a}$ (admis).

La mesure de D_m permet de déterminer λ_0 connaissant p et a.



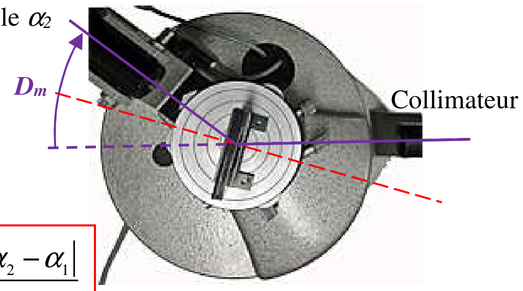
Mesure de D_m

Déterminer avec précision les deux positions α_1 et α_2 de la lunette correspondant au minimum de déviation de chaque côté (cf. schémas ci-dessous).
On en déduit $D_m = |\alpha_2 - \alpha_1|/2$.



Minimum de déviation d'une raie dans l'ordre p

$$\boxed{D_m = \frac{|\alpha_2 - \alpha_1|}{2}}$$



Minimum de déviation de la même raie dans l'ordre -p

Applications – Utilisation de la relation $2\sin\dfrac{D_m}{2} = p\dfrac{\lambda_0}{a}$

- ✓ **Etalonnage** : mesurer $D_m(\lambda)$ pour une raie donnée λ et en déduire le pas a du réseau connaissant λ (spectrophotomètre à fibre optique). Faire un calcul d'incertitude.
- ✓ **Spectroscopie** : mesure $D_m(\lambda)$ pour une raie donnée λ et en déduire la longueur d'onde λ de la raie connaissant le pas a du réseau. Faire un calcul d'incertitude.
  Discuter de la précision des mesures en fonction de l'ordre p dans lequel on mesure D_m.

📝 *Complément théorique* – Démonstration de la relation $2\sin\dfrac{D_m}{2} = p\dfrac{\lambda_0}{a}$

But : démontrer que la déviation D passe par un extremum (minimum) lorsque l'angle d'incidence θ_i varie.

Mathématiquement, la fonction $D(\theta_i)$ passe possède un extremum si $\dfrac{dD}{d\theta_i} = 0$ (1).

En dérivant l'expression de D par rapport à θ_i on obtient $\dfrac{dD}{d\theta_i}$ en fonction de $\dfrac{d\theta_p}{d\theta_i}$.

Ce dernier terme est obtenu en dérivant à son tour la relation fondamentale des réseaux par rapport à θ_i.
La relation (1) possède alors deux solutions dont la seule acceptable est $\theta_p = -\theta_i$.
Il resterait à vérifier que cet extremum est bien un minimum.
La définition de D donne alors $\theta_p = D_m/2$ et la relation fondamentale des réseaux donne alors la relation cherchée.

Annexe - Mesure de l'angle au sommet A d'un prisme

Autocollimation sur deux faces du prisme :

- Base noircie ou dépolie vers le collimateur.
- Immobiliser le socle du prisme et ne plus toucher au prisme.
- Visée sur la 1ère face : les deux réticules *verticaux* doivent être confondus, ***la lunette est alors orthogonale à la face du prisme*** (photo ci-contre), noter l'angle α_1.
- Visée sur la 2nde face : réticules verticaux confondus, noter l'angle α_2.
- $|\alpha_1 - \alpha_2| = \pi - A$.