

TP 10F – Spectrogoniomètre à réseau

Problématique :

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

Compétences expérimentales au programme :

Superposition de N ondes monochromatiques cohérentes entre elles, de même amplitude et dont les phases sont en progression arithmétique.	Mettre en œuvre un dispositif expérimental utilisant un phénomène d'interférences à N ondes.
Mesures de longueurs d'onde	Mesurer une longueur d'onde optique à l'aide d'un goniomètre à réseau.
Créer ou repérer une direction de référence.	Régler et mettre en œuvre une lunette autocollimatrice et un collimateur.
Angles : avec un goniomètre	Utiliser une lunette autocollimatrice. Utiliser des vis micrométriques et un réticule.

Objectifs :

- Confronter résultats théoriques (Ch.04) et expérimentaux.
- Déterminer la longueur d'onde d'une raie spectrale.

A faire pour la séance de TP :

Lire entièrement le sujet et répondre aux questions ✍.

CONSIGNES

- ♦ La lampe spectrale au Sodium sera allumée à 14h et éteinte à 16h.
 - ♦ Une fois allumée, la lampe spectrale au Mercure sera éteinte à 16h.
- Eviter la lumière directe de cette lampe (riche en UV).

Rotation TP10 :

	05-mars	19-mars	26-mars
Térence - Charles	E	F	D
Bastien - Lubin -Jules	E	F	D
Zinedine - Laila	E	F	D
Salahaddin - Baptiste	F	D	E
Pauline - Nolann	F	D	E
Noah - Robin	F	D	E
Alexis - Ethan	D	E	F
Mathilde - Laura	D	E	F
Mathis - Adrien	D	E	F

A) Rappels – Eléments de théorie

1) Réseau par transmission (cf Ch.O4)

a) Caractéristiques d'un réseau – Relation fondamentale des réseaux

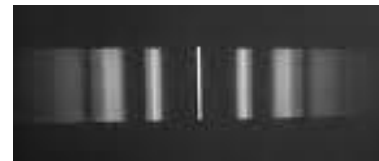
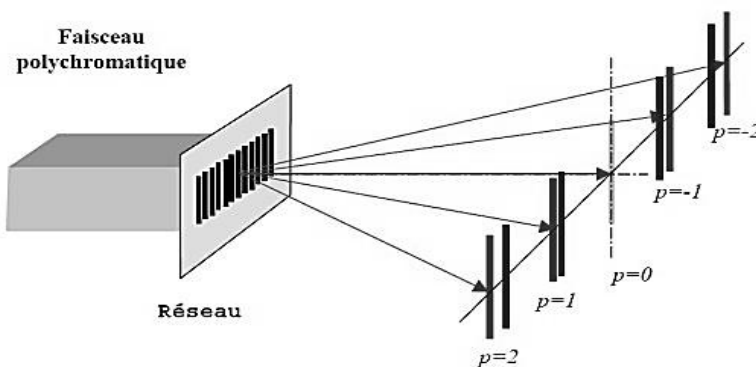
✎➡ 1. Décrire un réseau en transmission. Définir le pas du réseau, noté a . Généralement, le réseau est caractérisé par n le nombre de traits par unité de longueur. Quel est le lien entre a et n ?

On éclaire un réseau en transmission par un faisceau de rayons parallèles d'angle d'incidence θ_0 issu d'une source ponctuelle S **monochromatique** de longueur d'onde λ_0 .

✎➡ 2. Faire un schéma et rappeler la relation fondamentale des réseaux qui donne les angles θ_m correspondant aux maxima de lumière.

✎➡ 3. On note N le nombre de traits éclairés. Rappeler qualitativement l'influence de N sur la figure d'interférences.

Pour une lumière polychromatique, chaque radiation interfère constructivement selon un angle différent : on obtient alors le **spectre** de la lumière. Plus exactement, on observe un spectre pour chaque ordre d'interférences m .



b) Minimum de déviation

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.

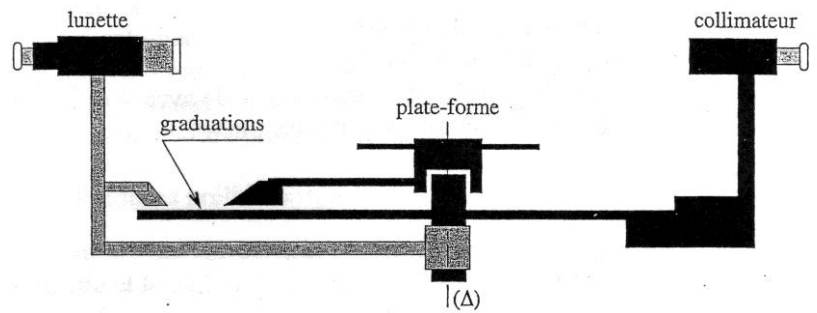
On montre (cf TDO4) que le minimum de déviation $D_{m,min}$ vérifie :

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

Connaissant a le pas du réseau, on peut exploiter cette relation pour déterminer λ_0 mais auparavant il faut mesurer $D_{m,min}$. Nous allons procéder à la **mesure de l'angle de minimum de déviation** selon le protocole décrit dans le DOC 3 et grâce au **goniomètre**.

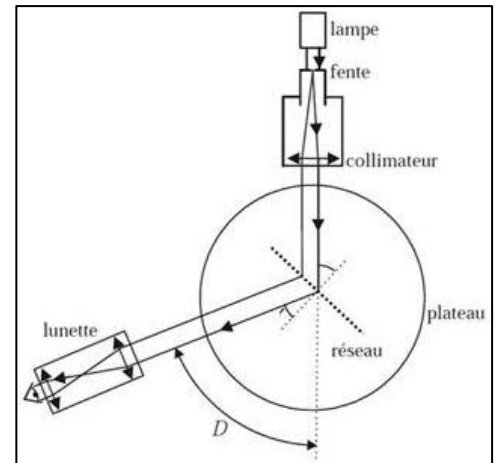
2) Goniomètre

Un **goniomètre** permet d'effectuer des **mesures d'angles**.



Il est constitué de trois éléments mobiles :

- **un collimateur** à fente de largeur réglable, permettant de réaliser un faisceau parallèle à partir d'une source de lumière (par exemple une lampe spectrale) ;
- **une plate-forme mobile** autour d'un axe vertical (Δ). Elle supportera l'élément étudié provoquant la déviation du faisceau incident (prisme ou réseau) ;
- **une lunette de visée à l'infini** (ici autocollimatrice) pouvant recevoir le faisceau dévié. Un **vernier angulaire** permet de mesurer l'angle de déviation D à la minute près, cf DOC 1.



B) Etude expérimentale

1) Réglages

✎ 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 DOC 2.

2) 1^e observations

✎ Éclairer la fente du collimateur à l'aide d'une lampe spectrale. Régler la largeur de la fente du collimateur : compromis entre précision des mesures (fente très fine) et luminosité (fente large).

✎ Déplacer la lunette jusqu'à observer le spectre d'ordre 0 (= image géométrique de la fente du collimateur). Pour la suite, on note P_0 la position de la lunette dans ce cas.

✎ A partir de P_0 , déplacer la lunette dans un sens autour de la platine, identifier alors les spectres d'ordres 1 et 2 ; puis dans l'autre sens, identifier alors les spectres d'ordres -1 et -2.

➡ 4. Comparer la luminosité des spectres d'ordre 1 et 2 (ou -1 et -2). Commenter.

Dans la suite, on travaille sur les spectres d'ordre 1 et -1.

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

On s'intéresse à une raie précise du spectre d'une lampe spectrale.

👉 Mettre en œuvre le protocole décrit dans le DOC 3.

➡ 5. Déterminer la longueur d'onde de la raie étudiée. Estimer l'incertitude sur le résultat et analyser ce résultat.

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

On souhaite déterminer une (ou les) longueur(s) d'onde du spectre d'une source lumineuse S.

Protocole :

On mesure les minima de déviation, des spectres d'ordres ± 1 , associés aux raies d'émission d'une source lumineuse auxiliaire S' dont les longueurs d'onde sont connues, cf DOC 4.

Avec ces mesures, on trace une courbe d'étalonnage reliant les minima de déviation aux longueurs d'onde. On mesure ensuite les minima de déviation, des spectres d'ordres ± 1 , associés aux raies de la source S puis on utilise la courbe d'étalonnage pour déterminer les longueurs d'onde de S.

✎ ➡ 6. Donner l'expression des coordonnées (x, y) à choisir pour que la courbe d'étalonnage puisse être modélisée par une droite.

✎ ➡ 7. En supposant que le pas du réseau est inconnu, comment peut-on le déterminer expérimentalement ?

✎ ➡ 8. Par rapport au protocole du § B.3, quel est le principal avantage du protocole du § B.4 ? Quel est son principal inconvénient ?

👉 Mettre en œuvre le protocole.

➡ 9. Déterminer le pas du réseau et la longueur d'onde de la raie étudiée de la source S.

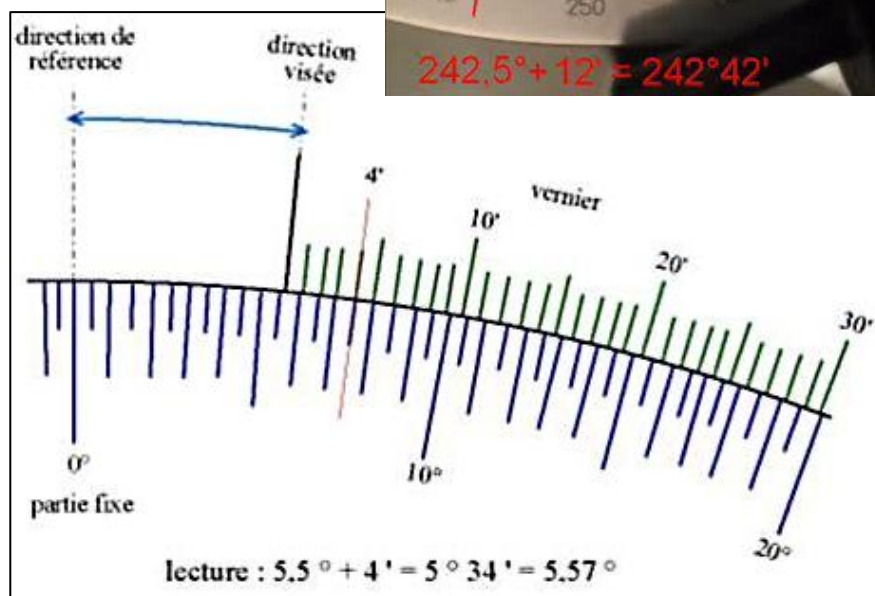
DOC 1 : Lecture sur le vernier

Le vernier du goniomètre fonctionne sur le même principe que celui du pied à coulisse mais il s'agit de mesurer des angles et non des longueurs.

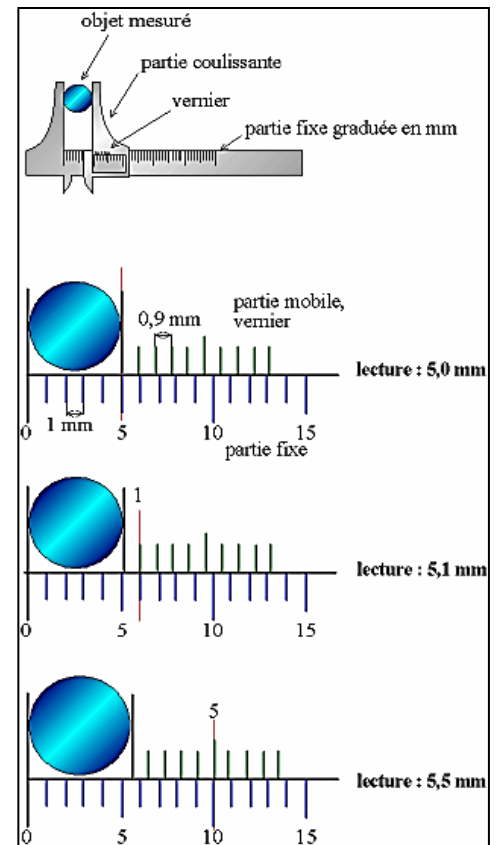
Une minute d'angle (noté 1') correspond à un 60^e de degré.

Conseil : convertir à chaque mesure les minutes en ° pour éviter les erreurs de calculs !

Vernier du goniomètre



Vernier du pied à Coulisse

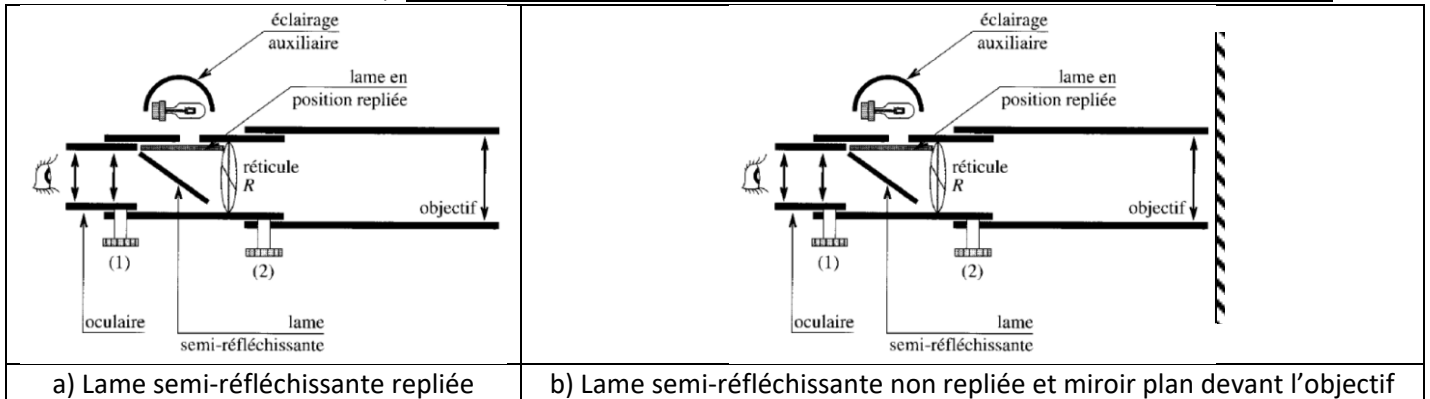


DOC 2 : Réglages des instruments du goniomètre

Réglages successifs dans l'ordre suivant : **du plus proche de l'œil vers le plus proche de l'objet.**

① Réglage de la lunette autocollimatrice

Objectif des réglages de la lunette : la lunette doit donner d'un objet à l'infini une image au punctum remotum de l'œil. Pour cela, **le plan focal image de l'objectif doit coïncider avec le plan du réticule.**



a) Réglage de **L'OCULAIRE DE LA LUNETTE** (propre à l'utilisateur) :

Déplacer l'oculaire jusqu'à voir net le réticule **SANS ACCOMMODER**.

Pour être sûr de ne pas accommoder : **Le réglage correct correspond au tirage maximal de l'oculaire (le plus vers vous) pour lequel le réticule paraît net.**

b) Réglage de **L'OBJECTIF DE LA LUNETTE** par « autocollimation » :

Placer un miroir plan devant l'objectif de la lunette. Allumer l'ampoule de la lunette autocollimatrice et basculer la lame semi-réfléchissante pour éclairer le réticule.

L'œil observe deux images du réticule :

- l'image directe R' du réticule par l'oculaire : $R \xrightarrow{\text{oculaire}} R'$.
- l'image finale R_4 du réticule : $R \xrightarrow{\text{objectif}} R_1 \xrightarrow{\text{miroir plan}} R_2 \xrightarrow{\text{objectif}} R_3 \xrightarrow{\text{oculaire}} R_4$.

Le réticule R se trouve dans le PFI de l'objectifssi R' et R_4 sont vues nettes simultanément.

Modifier la position de l'objectif par rapport au réticule (à l'aide de la vis (2)) jusqu'à observer R' et R_4 simultanément nets (cf méthode d'autocollimation).

Ne plus toucher à l'objectif de la lunette !

② Réglage du collimateur

Objectif du réglage : un collimateur sert à créer un objet à l'infini. Pour cela, **la fente du collimateur doit être dans le plan focal objet de l'objectif du collimateur.**

Réglage de **L'OBJECTIF DU COLLIMATEUR** :

Installer la lampe spectrale au mercure derrière la fente source du collimateur, le filament de la lampe à hauteur de la fente. Choisir une largeur de la fente du collimateur assez fine pour éviter d'être ébloui.

Basculer la lame semi-réfléchissante et éteindre l'ampoule de la lunette. Observer la fente source du collimateur à travers la lunette préalablement réglée.

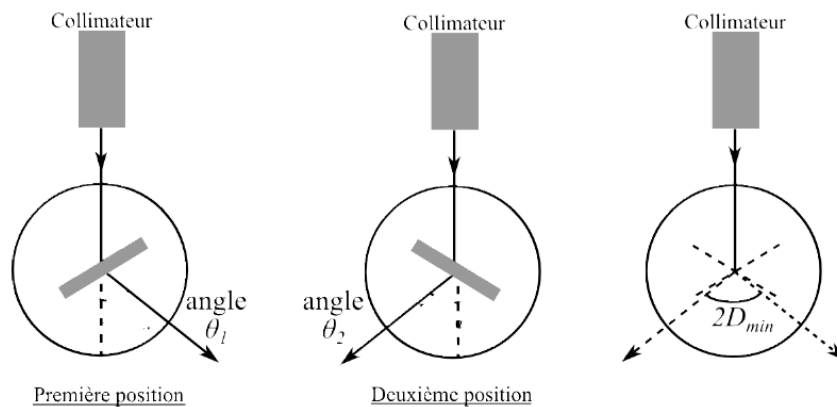
Agir sur la bague de tirage du collimateur pour observer la fente nette.

NB : Diminuer la largeur de la fente pour s'assurer de la parfaite netteté de l'image de la fente !

Ne plus toucher au tirage du collimateur !

Une fois tous les réglages effectués, on a : fente $\xrightarrow{\text{collimateur}} F_1 \infty \xrightarrow{\text{lunette}} F_2$ au PR de l'œil

DOC 3 : Protocole du minimum de déviation



✎ Déplacer la lunette jusqu'à observer le spectre d'ordre 1 et pointer une raie précise du spectre. Faire tourner la platine supportant le réseau dans le sens qui fait diminuer la déviation du faisceau diffracté. On observe que cette déviation passe par un minimum $D_{1,min}$ (la raie semble faire un aller-retour). Positionner la platine et la lunette telles que l'on observe le minimum de déviation pour la raie étudiée. Pour repérer précisément le minimum de déviation : fixer la lunette et la déplacer avec la vis micrométrique jusqu'à ce que la raie au minimum de déviation se superpose avec un axe du réticule (il est possible de faire tourner l'orientation des axes du réticule ou l'orientation de la fente). Noter l'angle θ_1 .

✎ Déplacer la lunette jusqu'à observer le spectre d'ordre -1 et pointer la même raie du spectre. Repérer comme précédemment la position précise de la lunette permettant d'observer le minimum de déviation. Noter l'angle θ_2 .

Vous pouvez ainsi en déduire l'angle du minimum de déviation D_m .

DOC 4 : 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
577,0 nm		589,0 nm	(doublet)
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.