

Spectroscopie à réseaux et Interférences

Partie 1 : Spectroscopie à réseaux

Le but de ce TP est de mesurer des angles avec un goniomètre et mesurer des longueurs d'onde optique avec un goniomètre

Compétences exigibles

- Régler et mettre en œuvre une lunette autocollimatrice (si matériel) et un collimateur.
- Obtenir et analyser quantitativement un spectre à l'aide d'un réseau.
- Utiliser des vis micrométriques et un réticule pour tirer parti de la précision affichée de l'appareil utilisé.

	S'APPROPRIER	ANALYSER/RAISONNER	REALISER	VALIDER	COMMUNIQUER
Questions		Q1 - Q5 - Q6 - Q9	Q2 - Q3 - Q4 - Q7 - Q11 - Q12	Q4-Q10	Tout
Notes					

Note finale :

I. Introduction aux réseaux et bref aspect théorique

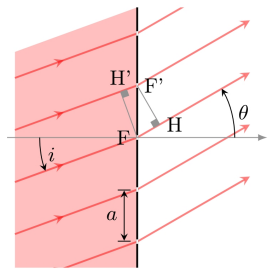
1. Formule fondamentale des réseaux (par transmission) (Programme de 2^e année)

Un réseau est constitué de la répétition périodique d'un même motif. La distance a entre deux motifs successifs est appelée pas du réseau, $n = 1/a$ est le nombre de traits par unité de longueur du réseau.

Le réseau étant soumis à une onde incidente, on observe en sortie une onde diffractée par l'ensemble des motifs du réseau.

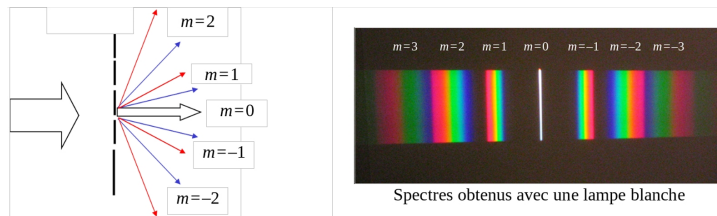
Les rayons émergents sont en phase si leur différence de marche est un nombre entier de longueurs d'onde, soit avec les notations ci-contre :

$$a(\sin \theta - \sin i) = p\lambda \Leftrightarrow \sin \theta = \sin i + p \frac{\lambda}{a}$$



L'ordre zéro (0) est obtenu lorsque l'angle de diffraction est égale à l'angle d'incidence et donc lorsqu'il n'y a pas de déviation. Les ordres p et $-p$ sont ensuite symétriques relativement à la direction incidente et la déviation croît (en valeur absolue) avec p .

En dehors du maximum d'ordre zéro, l'angle i_p correspondant au maximum d'ordre p dépend de la longueur d'onde, le réseau apparaît donc dispersif.



2. Minimum de déviation dans l'ordre p

La déviation des ondes à la traversée du réseau est la variation de direction de ces ondes, soit $D = i - i_0$. L'angle de déviation dans l'ordre p est donc donné simplement par $D_p = i_p - i_0$ pour une incidence i_0 donnée.

Si l'on fait varier i_0 à p fixé, on montre que D_p passe par un minimum donné par

$$\sin \frac{D_{pm}}{2} = p \frac{\lambda}{2a}$$

lorsque les faisceaux incident et diffracté ont des directions symétriques par rapport à la direction normale au réseau.

II. Observations de spectres - Aspect expérimental

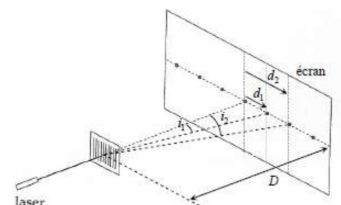
1. Observations préliminaires (montage professeur)

Q1 : On éclaire un réseau marqué 140 traits par mm par un faisceau laser, en incidence quasi normale (le mieux possible), de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$ et on place un écran à $D = 2 \text{ m}$ du réseau.

- Observer sur l'écran les différents ordres et la tache centrale.

- Comment se modifie la figure si on translate le réseau dans son plan ? Si on le remplace par un réseau de pas plus petit ?

- Mesurer les distances d_p entre la $p^{\text{ième}}$ tache secondaire et la tache centrale, en déduire $\sin i_p$ puis le pas du réseau et le nombre de traits par mm de ce réseau.



III. Réglage du goniomètre

Un goniomètre est un appareil de précision permettant de mesurer des angles avec une grande précision (à 1 minute = 1/60° près). Il est constitué :

- d'un plateau circulaire fixe portant une règle graduée. Un plateau tournant sur lequel on peut placer un prisme ou un réseau peut être ajouté sur l'axe central. Il peut être immobilisé par une vis.
- d'un collimateur qui forme une image à l'infini d'une fente de largeur réglable, éclairée par diverses sources.
- d'une lunette de visée, solidaire d'une réglette graduée, réglée sur l'infini, qui permet de « pointer » les différentes radiations issues de la source lumineuse.

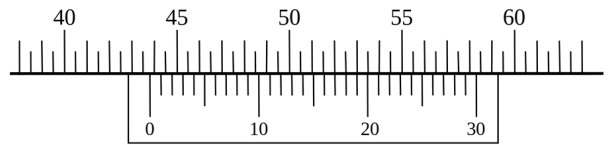
1. Réglage du goniomètre

Régler l'oculaire du goniomètre de façon à voir nettement le réticule puis régler la lunette de visée à l'infini en visant un objet très éloigné (ou en utilisant l'autocollimation si elle est possible). On ajustera le tirage de manière à observer une image nette. Ces réglages ne seront plus modifiés par la suite.

2. Lecture des angles au goniomètre

Un vernier à double lecture permet de mesurer les angles à 1 minute (= 1/60°) près. Les mesures seront faites par différence de sorte que la mesure absolue d'un angle soit sans importance. Cette méthode contribue par ailleurs à diminuer les incertitudes de mesures.

Ici le 0 du vernier tombe juste après la graduation 43,5° (c'est-à-dire 43°30') donc l'angle à mesurer est entre 43°30' et 44°0'. Et la graduation qui coïncide est la 19'. On lit donc 43°30' + 19', soit 43°49'



Q2 Faites vérifier la lecture d'angle par un professeur.

IV. Mesure de longueurs d'onde

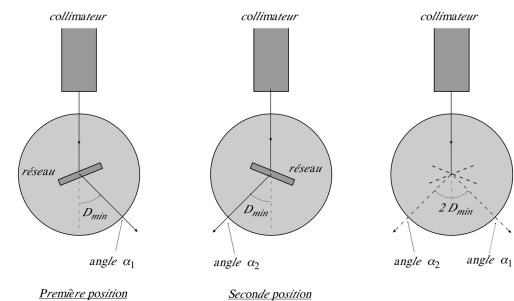
1. Mesure du minimum de déviation dans l'ordre k

Le goniomètre est réglé à l'infini et le collimateur est éclairé par la source au mercure. Pour une direction donnée du faisceau incident, non normale au réseau, en tournant le plateau portant le réseau, on observe un minimum de déviation dans un ordre k donné, pour une radiation donnée λ . On trouve deux positions du réseau, symétriques relativement à la direction du faisceau incident, pour lesquelles on a un minimum de déviation associées aux ordres k et -k.

Q2 Pour mesurer la déviation dans l'ordre k, commencer par pointer avec la lunette la raie brillante d'ordre k pour une longueur d'onde λ donnée. Puis faire tourner la plateforme avec le réseau autour de son axe vertical jusqu'à observer un point de rebroussement. On sera amené pour suivre la raie d'ordre k à faire également tourner la lunette. Pointer cette position et affiner le réglage en tournant très légèrement la plateforme, puis pointer à nouveau la position du minimum de déviation, recommencer si nécessaire puis relever sur le vernier la position α_k de la lunette.

Sans toucher au faisceau incident, déterminer de même la position α_{-k} du minimum de déviation de la raie d'ordre -k.

En déduire l'angle de déviation minimale à l'ordre k : $D_m = \frac{\alpha_k - \alpha_{-k}}{2}$



2. Etalonnage

Q3 Pour les différentes raies de la lumière du mercure, déterminer les déviations minimales à l'ordre 1 et compléter le tableau suivant :

Couleur	Longueur d'onde (nm)	α_1	α_{-1}	$D_{m,1}$
Violet 1	404,7			
Violet 2	407,8			
Indigo	435,8			
Bleu-vert	502,5			
Vert	546,1			
Jaune 1	577			
Jaune 2	579,1			

Q4 Tracer la courbe $\sin\left(\frac{|D_{1,m}|}{2}\right) = f(\lambda)$ et en déduire, par une régression linéaire, une mesure du pas a du réseau et du nombre de traits n par mm .

Partie 2 : Interférences

Compétences exigibles :

- Mise en œuvre du dispositif expérimental des fentes d'Young avec acquisition numérique d'image.
- Acquérir l'image d'un phénomène et l'exploiter à l'aide d'un logiciel (profil d'intensité...) pour conduire son étude.
- Pouvoir évaluer par comparaison avec un étalon une longueur ou les coordonnées d'un point sur une image numérique.
- Prévention des risques : utilisation d'un laser de manière adaptée.

Attention !

Un laser est une source lumineuse émettant une onde presque plane correspondant à un faisceau d'un diamètre de l'ordre du mm. Le fait qu'il s'agisse d'une onde plane fait que ce faisceau ne diverge pas, ou très peu. La puissance lumineuse émise est faible, mais très concentrée : interdiction absolue d'observer directement à l'œil nu le faisceau laser!!!!

V. Dispositif des fentes d'Young. Interférences.

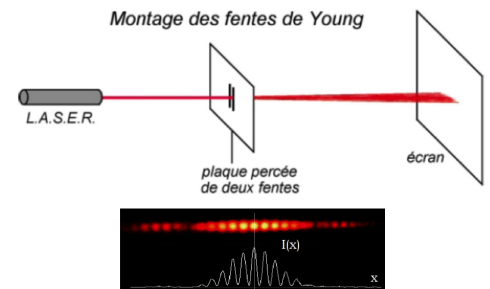
On éclaire un système de deux fentes très fines, distantes de a , par une diode laser et on observe la figure d'interférences sur un écran situé à distance D (environ 2 m) des deux fentes. Cette figure d'interférences est semblable à la figure ci-contre.

Pour commencer, on utilisera les systèmes de deux fentes montés sur diapositive. On veillera à ce que la totalité des deux fentes soit bien éclairée par le faisceau laser.

On utilise la diapositive marquée « $a = 0,30$ mm » et on sélectionne la fente de largeur $l = 0,15$ mm.

Q7 Mesurer et noter la distance D fentes-écran.

Q8 Déterminer directement l'interfrange i par mesure directe sur l'écran. Pour une précision optimale, on déterminera la distance entre par exemple dix franges brillantes (lorsque c'est possible ou même plus pour gagner en précision) et on en déduira l'interfrange i .



Q9 Recommencer plusieurs fois en faisant varier la distance entre les fentes : on prendra la diapositive indiquant « $l = 0,15 \text{ mm}$ » avec diverses valeurs de a (0,25mm; 0,5 mm; 0,75 mm; 1,00 mm) ainsi que le système de fentes sur le support circulaire (fentes 1,2,3,4 et 7 : respectivement $a = 0,5 \text{ mm}, 0,4 \text{ mm}, 0,3 \text{ mm}, 0,2 \text{ mm}, 0,1 \text{ mm}$)

Q10 Tracer alors la courbe donnant l'interfrange i en fonction de λ/a et vérifier que l'on obtient la courbe attendue. Comparer la valeur de la pente expérimentale à la pente théorique (indice de l'air : $n_{\text{air}} = 1$).

1. Enregistrement de la figure d'interférences

- Disposer la caméra à environ 30 cm en avant de l'écran de manière à pouvoir observer l'image sans interrompre le faisceau (vue très légèrement plongeante pour éviter de couper le faisceau lumineux). Faire la mise au point.
 - Lancer le logiciel AMCAP, sélectionner éventuellement la bonne caméra en utilisant « devices » « périphérique USB ».
 - On peut modifier l'exposition et régler les paramètres de la caméra en utilisant la commande « options » « filtre vidéo », « contrôle caméra » « exposition » : les régler éventuellement de manière manuelle.
 - Lancer « startphoto » : le logiciel vous demande éventuellement le répertoire où enregistrer les photos.
 - Réaliser une première photo sur laquelle on voit distinctement la règle graduée et l'enregistrer : cette photo va nous permettre de disposer d'une échelle des distances pour exploiter pleinement les figures suivantes.
- NB : pour une précision optimale, positionner la règle graduée au voisinage immédiat des interférences.
- Réaliser une seconde photo des interférences et l'enregistrer. On réglera les « options » « filtre vidéo », « contrôle caméra » « exposition » de manière à éviter une trop grande saturation de l'image.

2. Traitement de l'image

Pour cela lancer le logiciel Image J et ouvrir le fichier image à traiter.

* Détermination de l'échelle :

- sélectionner l'onglet permettant de tracer un segment de droite sur la première image où la règle graduée est visible ;
- tracer alors un segment sur la règle graduée (ou sur le papier millimétré) ;
- sélectionner « analyse » « set scale » ;
- indiquer alors en cm la longueur du segment considéré, avec comme paramètre 1.0 (même échelle sur les deux axes) ;
- pour que la mise à l'échelle s'applique à toutes les photos, valider « global ».

* Réalisation du profil d'intensité :

- ouvrir la photo pour laquelle on désire réaliser le profil d'intensité ;
- tracer le segment sur lequel on désire le profil d'intensité ;
- sélectionner « analyse » puis « plot profile » : le profil d'intensité s'affiche alors.

En cas de saturation d'intensité, le profil réalisé ne permet pas d'avoir la totalité de l'intensité sur toute la figure d'interférences. Il permet néanmoins de relever les positions des minima de luminosité et donc d'avoir accès à l'interfrange.

Q11 : En précisant la méthode, retrouver la longueur d'onde du LASER. Calculer l'écart normalisé avec la valeur écrite sur le LASER.