

## TRAVAIL PRATIQUE

Manip d'optoélectronique : monochromateur (spectromètre à réseau)

### 1 But de l'expérience

L'objectif de ce travail pratique est de

Comprendre le fonctionnement d'un spectromètre à réseau utilisé en monochromateur (se référer au cours)

Vérifier la calibration en longueur d'onde de l'appareil

Mettre en évidence l'influence de la largeur de la fente d'entrée sur les résultats obtenus en analysant la double raie du sodium

Utiliser tout d'abord un amplificateur simple, puis un lock in (détection homodyne) et constater l'amélioration du rapport signal/ bruit

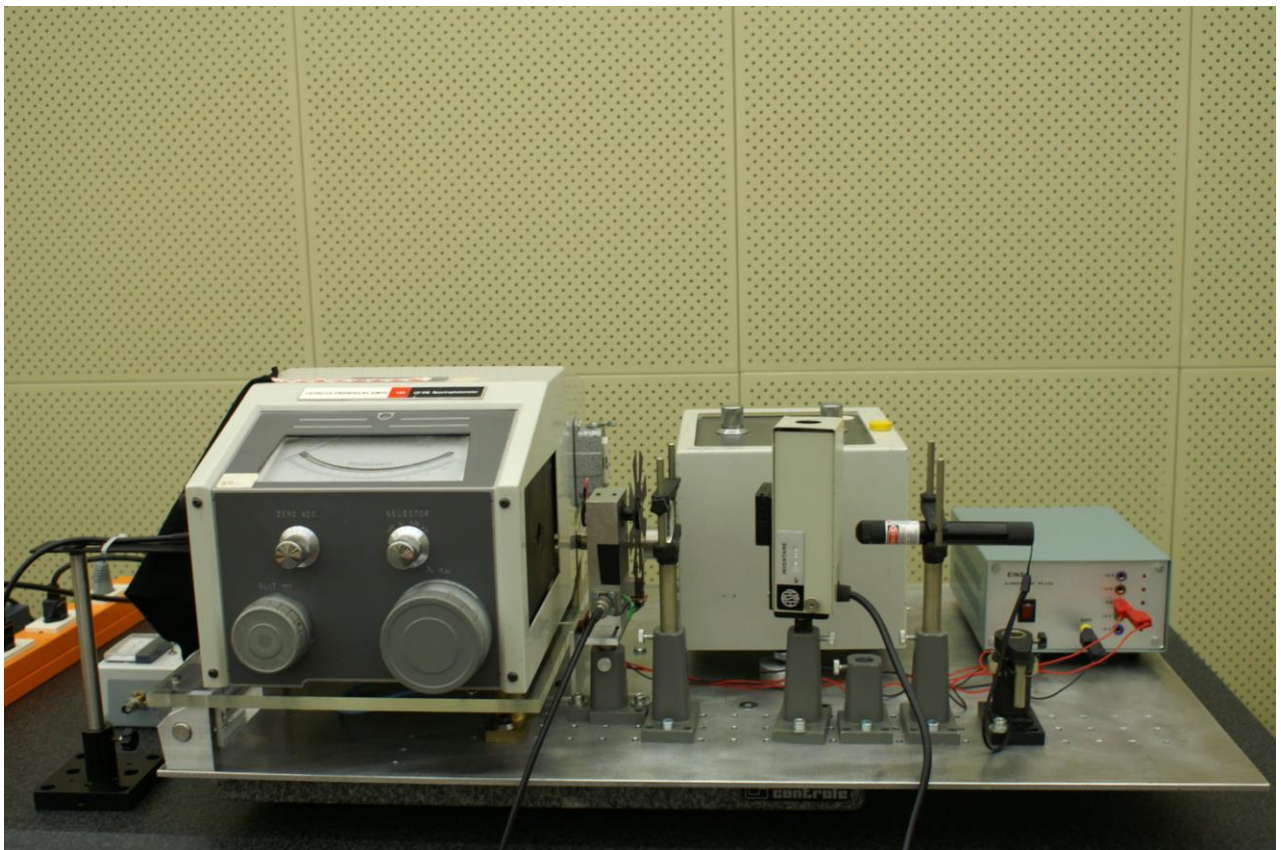


Figure 1

### 2 Matériel et instrumentation

Monochromateur Hitachi – Perkin Elmer, monté sur plaque (Figure 1)

Unité d'entraînement du réseau

PC avec une carte d'acquisition NI + programme Labview

Photodiode.

Photo-amplificateur CSEM (ancien modèle), voir photo ci-dessous (Figure 2)



**Figure 2**

Chopper (roue à fentes avec moteur), avec sortie BNC 5V

Alimentation HEIG 5V

Laser rouge

Lampes spectrales Na, Hg et alimentation

1 lentille avec son support

Amplificateur lock in SRS (Figure 3), voltmètre auxiliaire



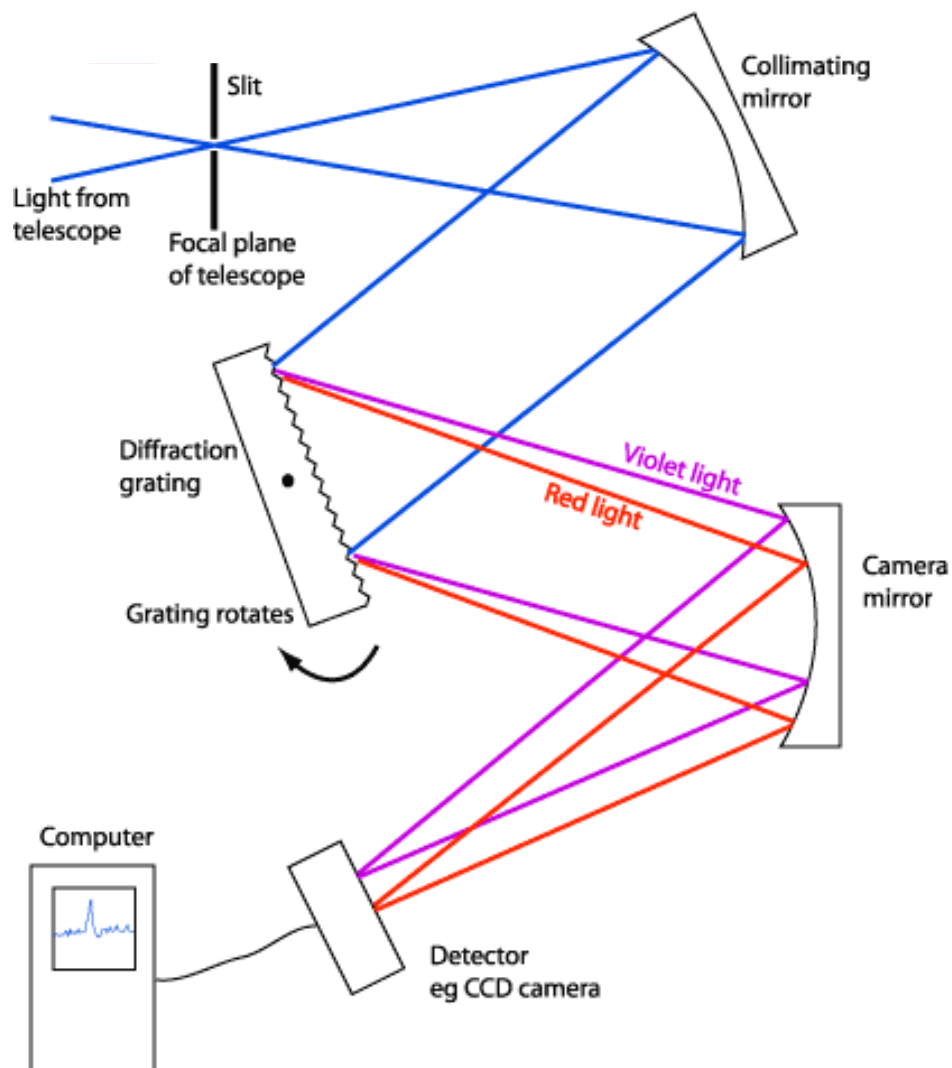
**Figure 3**

Câbles BNC de raccordement

### 3 Rappels de théorie

#### 3.1 Principe du monochromateur

Ce principe est représenté à la Figure 4



**A Schematic Diagram of a Slit Spectrograph**

**Figure 4**

### 3.2 Diffraction par le réseau

La direction des maxima diffractés est donnée par l'équation du réseau,  $a$  étant la séparation entre deux traits du réseau. Dans le cas où un ordre supérieur à 1 pourrait perturber la mesure il faudra l'éliminer par un filtre approprié.

$$a (\sin \theta_m + \sin \theta_i) = m\lambda$$

- $\theta_m$  = angle du maximum d'ordre  $m$
- $\theta_i$  = angle d'incidence au réseau

Comme la longueur d'onde diffractée dépend de l'angle d'incidence le réseau est éclairé en lumière parallèle.

### 3.3 Etalonnage du monochromateur

Il est nécessaire de disposer de sources émettant des lignes dont la longueur d'onde exacte a été mesurée (avec un interféromètre de type Michelson). Les valeurs sont connues avec une très grande précision et sont disponibles dans la littérature.

### 3.4 Le temps de réponse des détecteurs et des amplificateurs associés

Comme une photodiode représente une capacité, il faut un certain temps pour la charger. Donc : plus la photodiode est grande, moins elle est rapide.

La seconde limitation de vitesse est due à la mesure du courant de la photodiode, cette mesure est limitée en temps de réponse par la rapidité de l'électronique utilisée.

Dans notre cas la photodiode représente une surface suffisante pour collecter toute la lumière à la sortie de la fente, on n'a pas besoin d'une réponse plus rapide.

Question : comment ferait-on pour obtenir une réponse plus rapide en collectant la lumière de la fente sur une photodiode de petite surface ?

### 3.5 La technique de détection des signaux modulés

Voir le cours sur les amplificateurs lock in. La méthode consiste à moduler la source de lumière à une fréquence bien déterminée et à mesurer le signal dans un intervalle de fréquence étroit autour de cette fréquence de modulation. Cette méthode est à la base de tout récepteur radio ou TV.

Ici on module la source au moyen d'un « chopper », roue avec fentes. Si l'on avait une source diode laser ou LED on pourrait moduler le courant mais avec les lampes spectrales ce n'est pas aisé.

## 4 Procédure de travail

### 4.1 Préparation

Examiner le montage de mesure.

Comprendre le principe général: Comprendre la fonction de chaque élément et des divers réglages.

Dessiner un schéma avec les principales fonctions. Ce spectromètre est aussi appelé monochromateur parce qu'il permet de sélectionner une seule longueur d'onde. Expliquer comment.

Quelle est la condition de diffraction sur le réseau ?

Pourquoi le réseau doit-il être illuminé en lumière parallèle ?

Remarquer que la largeur de la fente peut être réglée de façon précise. Quelles sont les deux paramètres essentiels conditionnés par le réglage de la fente ?

Quelle différence y a-t-il entre un monochromateur et un spectromètre équipé d'une CCD (comme le spectromètre avant ?)

### 4.2 Observation visuelle simple.

Mettre une petite lampe blanche devant la fente d'entrée. Agir sur le bouton de réglage de la fente, puis sur l'angle du réseau en tournant à la main le bouton de sélection des longueurs d'onde. Prendre soin de débrayer le moteur en tournant le commutateur sur Manual. Regarder en mettant votre œil devant la fente de sortie.

Que constatez-vous ?

### 4.3 Mesure de la longueur d'onde d'un pointeur laser rouge

Illuminer l'entrée du monochromateur avec le laser rouge. Observer la sortie avec un papier NE PAS METTRE L'OEIL. (Pourquoi ?) Quelle est la longueur d'onde du laser (à lire sur le bouton) Effectuer un balayage aller-retour autour de la longueur d'onde du laser en utilisant le moteur, dans chaque sens.

### 4.4 Contrôle de la calibration en longueur d'onde

Illuminer la fente d'entrée avec la lampe spectrale au mercure (Hg). Repérer les différentes raies. Noter leur position indiquée par le bouton d'entraînement du réseau et comparer avec les valeurs connues.

Mettre la photodiode devant la fente de sortie. Régler le monochromateur pour être sur une raie, régler le gain du photo-amplificateur pour obtenir un signal.

Estimer l'influence de l'éclairage ambiant sur le détecteur. Protéger celui-ci au moyen d'un tissu noir et répéter la mesure

Relever un spectre complet de la lampe au mercure en utilisant l'interface labview. Identifier les raies spectrales et contrôler la correspondance avec l'indication du bouton manuel du spectromètre.

#### 4.5 Mise en évidence de la double raie du sodium

Concentrer la lumière produite par la lampe au sodium (Na) sur la fente d'entrée au moyen d'une lentille.

Relever avec labview un spectre autour de la raie à 589 nm avec la fente ouverte à 1.5 mm, puis fermer graduellement la fente jusqu'à ce que l'on distingue les deux raies (très proches) du sodium.

#### 4.6 Mesure en utilisant l'amplificateur lock in

Monter le chopper. Mettre celui-ci en rotation en observer que le lock in indique une fréquence de référence. Répéter la mesure de la raie du sodium et comparer les résultats avec ceux obtenus avec l'amplificateur simple.

### 5. Distribution du travail

Ce TP sera généralement réalisé en équipe de 3 personnes.

Chaque groupe est évidemment libre de s'organiser: toutefois on suggère que :

- au moins une personne se dédie déjà durant la manip au transfert de données dans le rapport et à la compréhension des résultats trouvés ;
- au moins une personne vérifie que toute la procédure est entièrement et bien suivie et prene des notes, des mesures et des croquis exhaustifs durant la manip ;
- au moins une personne soigne particulièrement le montage et les mesures, prene des photos, etc..

Le rapport peut être rédigé en se partageant le travail mais il devra être revu et corrigé avant livraison par tous les membres.

Il est en tout cas primordial que **tous les membres de l'équipe maîtrisent tous les aspects**, à la fois pratiques et théoriques, de ce travail pratique.