

TP 7.a : Réalisation d'un spectromètre

Objectifs

- Mesurer des longueurs d'onde à l'aide d'un montage de type spectromètre nécessitant un étalonnage.

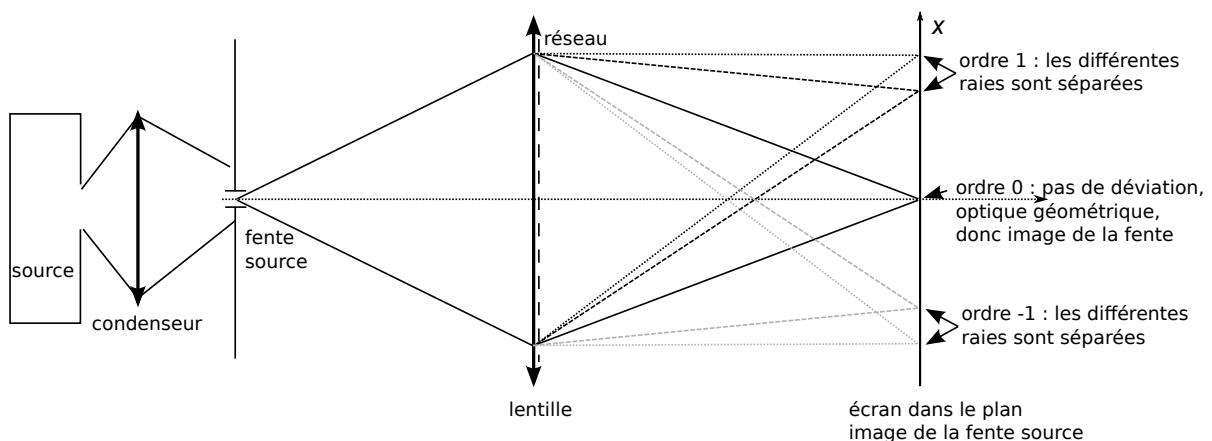
Attention : Ne pas éteindre les lampes spectrales.

Ne pas déplacer les lampes spectrales (ou alors très doucement) : les ampoules sont fragiles.

La spectroscopie (ou spectrométrie) optique est l'étude du spectre d'un rayonnement lumineux. Le premier spectre précis fut produit par Fraunhofer vers 1814 à l'aide du premier réseau de diffraction, qu'il mit au point lui-même. La lumière analysée était celle du Soleil, qui contient des milliers de lignes d'absorption dû à l'absorption de son rayonnement par les gaz constituant la couronne solaire.

Un spectromètre (ou spectroscopie) est toujours constitué d'une fente source, d'un élément dispersif qui dévie la lumière différemment en fonction de sa longueur d'onde (un prisme, ou ici un réseau car plus pratique), et d'un moyen d'observation ou de mesure (vernier d'un goniomètre, capteur CCD, mesure sur une feuille de papier...).

On utilise un montage qui permet de projeter le spectre d'une source. Le schéma est le suivant :

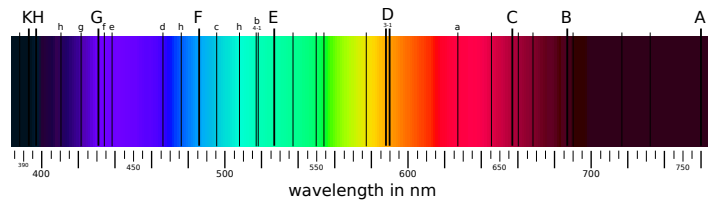


Dans la mesure où les angles sont petits, on peut montrer que la position x_λ sur l'écran d'une raie de longueur d'onde λ suit une loi affine, du type $x_\lambda = a'\lambda + b'$, soit encore écrit dans l'autre sens : $\lambda = a \times x_\lambda + b$.

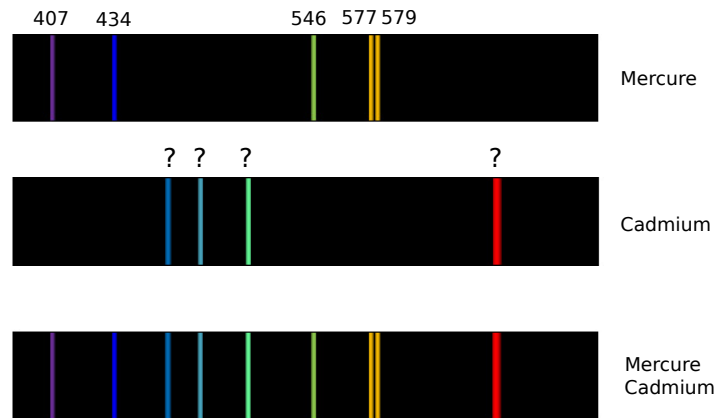
Si on connaît la valeur de certaines longueurs d'onde λ_i , et qu'on mesure leurs positions x_i sur l'écran, on peut en déduire les coefficients a et b . Cette étape est l'étape d'étalonnage.

On peut ensuite déterminer la longueur d'onde d'une radiation inconnue, simplement en mesurant sa position x sur l'écran et en utilisant la loi ci-dessus.

On utilise d'abord la lampe à vapeur de mercure (Hg), pour laquelle on suppose connu le spectre. Il s'agit donc de notre lampe étalon, qui va servir à étalonner le spectromètre.



Spectre d'absorption de la lumière solaire. Seule quelques raies d'absorption sont représentées.



Exemples de spectres d'émission de lampes à vapeur.

1 – Montage et réglages :

Réaliser le montage ci-dessus.

Le réglage se fait d'abord sans le réseau.

Bouger la lentille de projection pour qu'elle produise sur l'écran une image nette de la fente source (l'écran doit être à au moins un mètre de la lentille).

Le condenseur doit condenser la lumière au maximum sur la fente source, afin que la figure sur l'écran soit la plus lumineuse possible.

Placer ensuite le réseau, et visualiser les raies sur l'écran. Un réseau produit un spectre de chaque côté de l'image centrale, on ne s'intéresse qu'à un seul. On peut tourner le réseau sur lui-même pour avoir un spectre le plus net possible.

On peut ouvrir la fente pour avoir plus de lumière, mais pas trop car ceci élargi les raies et on perd en précision.

Obtenir sur l'écran un spectre raisonnable.

2 – Observations :

Reproduire vos observations sur votre compte rendu.

Identifier les différentes raies par rapport au spectre donné en page 1, et noter leurs longueurs d'onde tabulées.

3 – Étalonnage :

À l'aide d'une régression linéaire, déterminer les valeurs de a et b .

4 – Utilisation avec une autre lampe :

Appeler le professeur afin d'utiliser ensuite la lampe mercure-cadmium. Attention, ne toucher à rien sauf aux lampes et aux condenseurs.

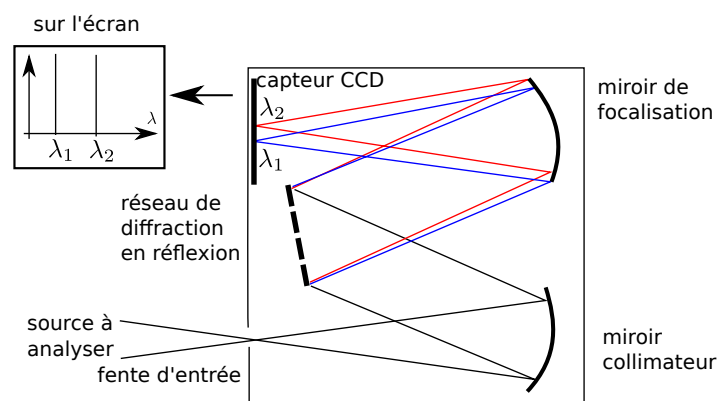
Reproduire le spectre observé sur votre compte rendu.

Identifier les raies produites par le mercure, et celles produites par le cadmium.

Déterminer la valeur des longueurs d'onde inconnues.

5 – Si vous avez le temps, essayer de faire le spectre d'autres sources (lumière blanche, led...).

Remarque : Le montage utilisé ici mime le fonctionnement d'un spectroscopie commerciale, voir ci-dessous :



Principe d'un spectroscopie commerciale. On reconnaît, comme sur le montage effectué ici en TP : la fente source, le réseau qui disperse, et un moyen de mesurer la position des pics (capteur CCD à la place d'un écran). Un tel spectromètre a besoin d'être étalonné, tout comme nous l'avons fait pour notre écran.

TP 7.b : Réalisation d'un microscope

Objectifs

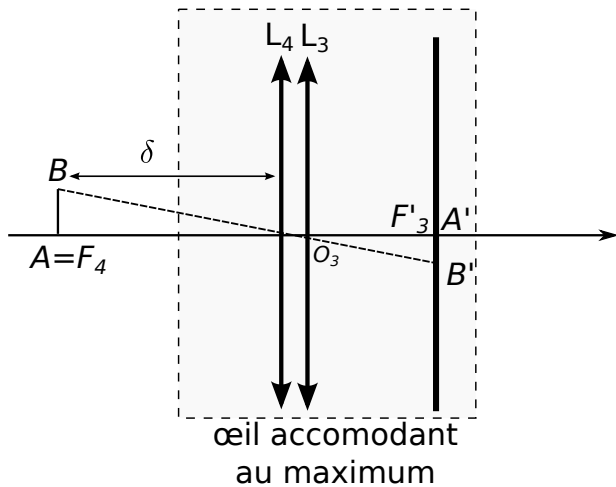
- Étudier le dispositif optique de type microscope.

Ce TP reprend l'exercice VI du TD, et en propose une réalisation pratique.

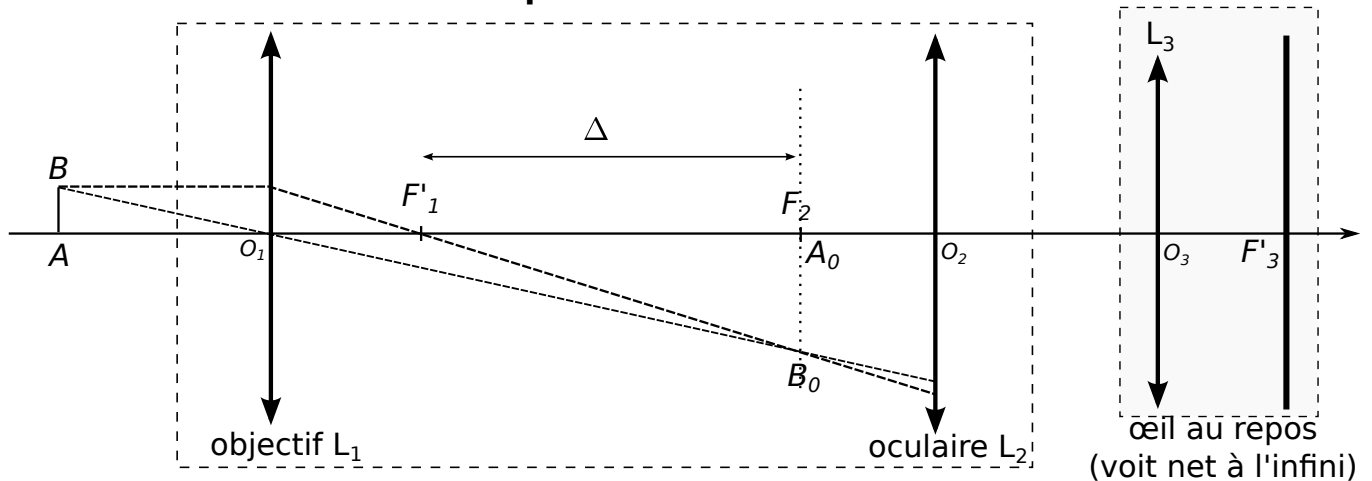
Pour manipuler plus simplement, toutes les longueurs et focales sont multipliées par un facteur 4 ou 5 par rapport à un œil réel ou à un microscope réel. Ceci ne change rien au principe ni au grandissement.

Schémas

observation à l'œil nu :



observation avec le microscope :



Réalisation d'un modèle de l'œil

Il faut d'abord réaliser un modèle d'œil, à l'aide d'une lentille (le cristallin) et d'un écran (la rétine).

1.a – Œil au repos :

L'œil au repos voit net des objets situés à l'infini.

Prendre une lentille de focale $f'_3 = 10\text{ cm}$, et placer un écran à une distance f'_3 de celle-ci. Rendre ce couple lentille-écran solidaire à l'aide d'une tige.

Pourquoi cet œil forme-t-il une image nette sur l'écran uniquement pour des objets situés à l'infini ?

1.b – Œil qui accomode au maximum :

Pour voir un objet avec le plus de détails possibles, on le rapproche le plus possible de notre œil, jusqu'à ce qu'il soit au punctum proximum, soit environ 25 cm pour l'œil humain (en dessous, l'œil n'arrive plus à accomoder).

Pour simuler un œil qui accomode, on place une lentille de focale $f'_4 = 1,0$ m accolée à la lentille f'_3 .

Cet œil va voir un objet net lorsqu'il est situé à une distance f'_4 de O_4 . (pourquoi ?) C'est ce qui correspondra à son punctum proximum.

Faire le montage. Mesurer la taille de l'objet sur l'écran. Ceci correspondra à la taille maximale pour notre œil-modèle, accomodant au mieux, et c'est ceci que nous souhaitons améliorer dans la suite à l'aide du microscope.

Réalisation du microscope

Rappelons que le microscope est constitué d'un objectif, qui forme une image intermédiaire agrandie A_0B_0 de l'objet AB .

Cette image intermédiaire doit être placée dans le plan focal objet de l'oculaire, qui l'envoie à l'infini sous un angle important, vers l'œil, qui peut ainsi l'observer sans acomoder.

On prendra $f'_1 = 10$ cm pour l'objectif, $f'_2 = 20$ cm pour l'oculaire, et $\Delta = 80$ cm pour la distance $\overline{F'_1F'_2}$.

2.a – Montage :

Ajuster la position de la lentille 1 pour qu'elle forme l'image intermédiaire A_0B_0 de l'objet à une distance $f'_1 + \Delta$ de son centre.

Vérifier par une mesure que le grandissement $\gamma_1 = \overline{A_0B_0}/\overline{AB}$ est alors bien donné par la formule issue du TD, $\gamma_1 = -\Delta/f'_1$.

Ajouter ensuite la lentille 2 et l'œil (qui n'acomode pas, donc sans la lentille 4). Ajuster la position de la lentille 2 pour que l'image vue par l'œil soit nette. Le microscope est réglé.

2.b – Compléter le tracé des deux rayons en pointillés sur le schéma du microscope.

2.c – Mesurer la taille de l'image sur la rétine.

2.d – Calculer la valeur du grossissement du microscope, $G = \frac{\overline{A'B'}_{\text{avec microscope}}}{\overline{A'B'}_{\text{œil acomodant au maximum}}}$.

Vérifier que ceci est cohérent avec la formule démontrée lors du TD : $G_{\text{théo}} = -\frac{\Delta f'_4}{f'_1 f'_2}$.