

# TP 4 : Réalisation d'un spectromètre

## Objectifs

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

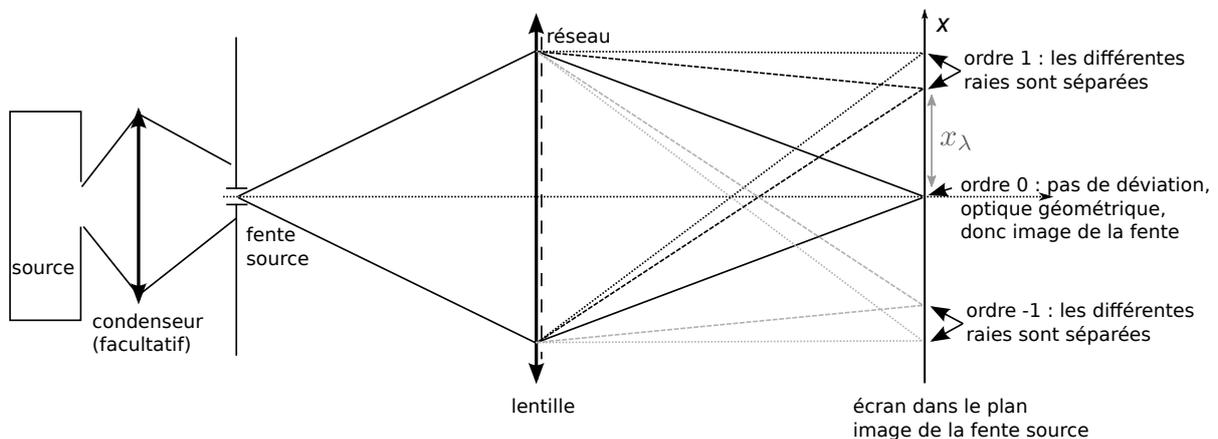
**Attention :** ne pas éteindre les lampes spectrales.

Déplacer les lampes spectrales 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.

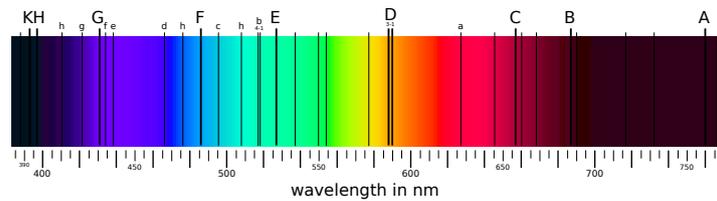
Un spectromètre (ou spectroscopie) est toujours constitué d'une fente source, d'un élément dispersif qui dévie la lumière différemment en fonction de sa longueur d'onde (un prisme, ou ici un réseau car plus pratique), et d'un moyen d'observation ou de mesure (vernier d'un goniomètre, capteur CCD, mesure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

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

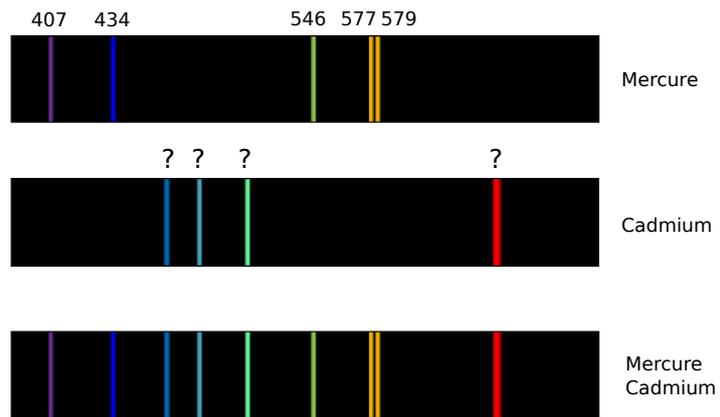


Dans la mesure où les angles sont petits, on peut montrer que la position  $x_\lambda$  sur l'écran d'une raie de longueur d'onde  $\lambda$  suit une loi affine, du type  $x_\lambda = a'\lambda + b'$ , soit encore écrit dans l'autre sens :

$$\lambda = a \times x_\lambda + b.$$



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



Exemples de spectres d'émission de lampes à vapeur.

Si on connaît la valeur de certaines longueurs d'onde  $\lambda_i$ , 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 (image ci-dessus). Il s'agit donc de notre lampe étalon, qui va servir à étalonner le spectromètre.

### 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).

La fente source doit être éclairée le plus possible, 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 plusieurs spectres de chaque côté de l'image centrale, et 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 :

Mesurer les positions  $x_\lambda$  des différentes raies sur la feuille.

À l'aide d'une régression linéaire, déterminer les valeurs de  $a$  et  $b$  de la loi  $\lambda = ax_\lambda + b$ .

### 4 – Utilisation avec une autre lampe :

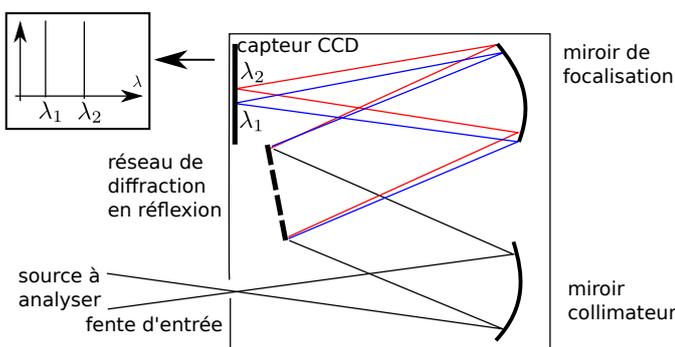
Appeler le professeur afin d'utiliser ensuite une autre lampe. Attention, **ne toucher à rien sauf aux lampes** (et au condenseur s'il y en a), car sinon cela change les coefficients  $a$  et  $b$ .

Reproduire le spectre observé sur votre compte rendu.

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 4 (suite) : Lunette de Galilée

En 1609, Galilée reproduit et améliore une lunette construite par un opticien hollandais ou italien, et a l'idée de la pointer vers le ciel. Il fait alors des découvertes révolutionnaires. Sa lunette est constituée d'une lentille divergente et d'une lentille convergente. Nous allons en étudier le principe ici.

Cette lunette est afocale : elle sert à observer des objets situés à l'infini, et en produit des images envoyées à l'infini (afin que l'œil puisse l'observer sans effort). Elle est constituée de deux blocs optiques :

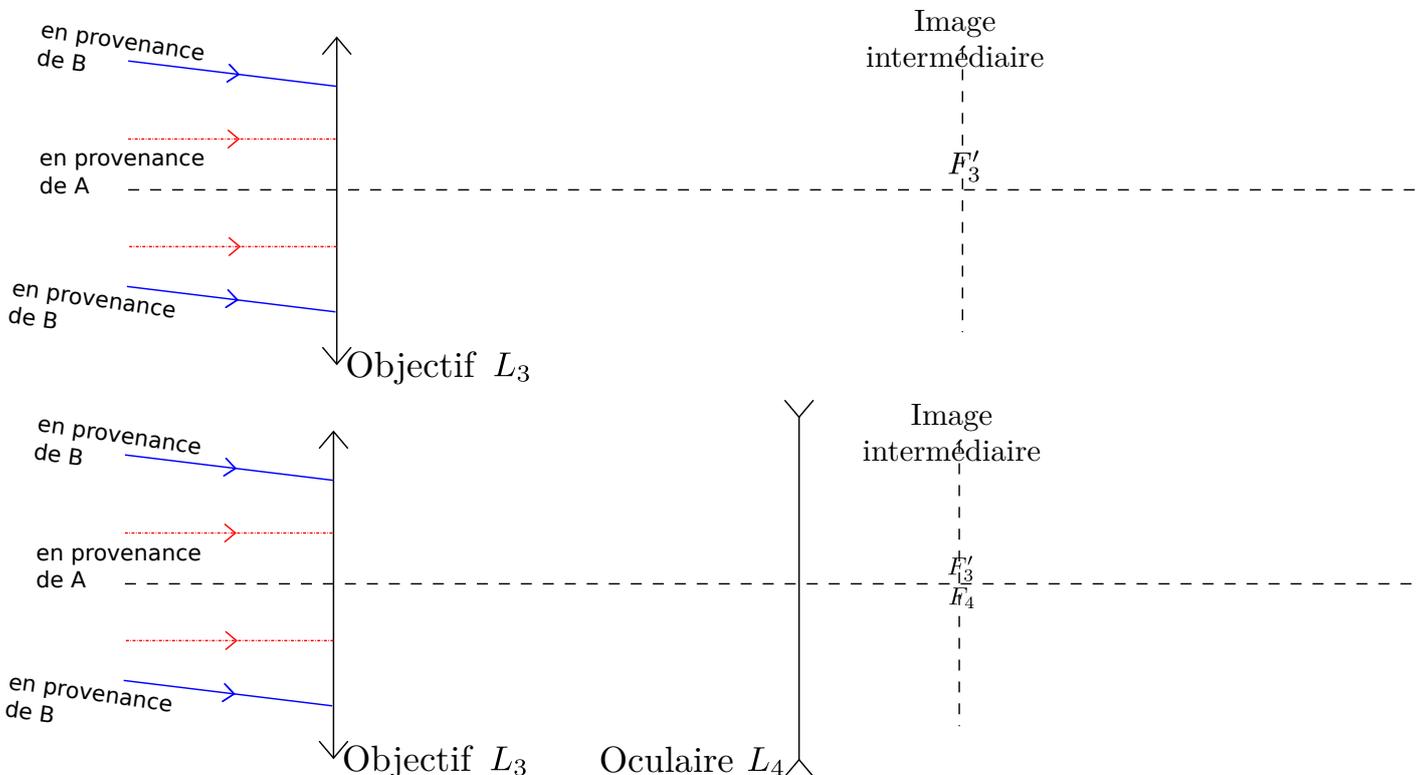
- Un objectif  $L_3$  que nous modéliserons par une lentille convergente de focale  $f'_3 = 300$  mm. Son rôle est de former de l'objet  $AB$  (qui lui est à l'infini) une image  $A_1B_1$ .
- Un oculaire  $L_4$  que nous modéliserons par une lentille divergente de focale  $f'_4 = -100$  mm. Son rôle est de former de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  une image  $A'B'$  située à l'infini, observable par l'œil.

1.a – Par rapport à la lentille  $L_3$ , où se forme l'image intermédiaire  $A_1B_1$  ?

1.b – Pour que  $A'B'$  soit à l'infini, où doit être située l'image intermédiaire  $A_1B_1$  par rapport à la lentille  $L_4$  ?

1.c – D'après les deux questions précédentes, comment doivent être placées les deux lentilles l'une par rapport à l'autre (position de leurs foyers) ?

Compléter le schéma ci-dessous en prolongeant les rayons : d'abord sur le schéma où il y a seulement l'objectif, puis ensuite sur le schéma complet.



1.d – Prendre les lentilles  $L_3$  et  $L_4$  et, en les tenant à la main et en regardant par la fenêtre, voir si cela fonctionne.

Pour étudier la lunette sur le banc optique de la salle de TP, il va falloir également “fabriquer” deux autres éléments essentiels : un objet à l’infini (qui joue le rôle de ce qu’observerait la lunette dans le ciel), et un œil.

- 2** – Reprendre le TP précédent sur la lunette astronomique, et fabriquer sur le banc optique un objet à l’infini (à l’aide de la lentille  $f'_1 = 125$  mm, puis un œil qui observe cet objet (à l’aide de la lentille  $f'_2 = 200$  mm). Pour l’instant il n’y a pas la lunette sur votre banc optique.
- 3** – Intercaler la lunette entre l’œil et l’objet. Constaté alors que l’image sur l’écran est bien grossie.
- 4** – Mesurer le grandissement angulaire de la lunette. Ceci est-il compatible avec la formule théorique  $G = f'_3/f'_4$  ?