

Bon exposé, globalement dynamique, avec quelques « baisses de régime » dans certaines parties (hésitations avec les grandissements).

Plan choisi :

## 1 — Lentille simple

Focométrie par la méthode de Bessel ; traitement sous Regressi avec estimation des incertitudes de lecture.

## 2 — La lunette astronomique

### 2.1 Grossissement

L'explication est assez confuse, et prend beaucoup de temps.

### 2.2 Diaphragme de champ, diaphragme d'ouverture

## 3 — Le microscope

### 3.1 Puissance

### 3.2 Critère de Rayleigh

Manipulation pas très convaincante (signal noyé dans le bruit).

## Quelques remarques et suggestions

### Lentille simple

Bonne idée de commencer par la lentille simple, comme « brique » essentielle des instruments d'optique.

► Je pense que la méthode de Bessel se prête bien à un traitement statistique des incertitudes : on peut faire une série de mesures, en modifiant la distance  $D$  image-écran. On dispose alors d'un ensemble de  $N$  valeurs de  $f'$ . La meilleure estimation de  $f'$  est la moyenne  $\overline{f'}$  des mesures. La meilleure estimation de l'écart-type est  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (f'_i - \overline{f'})^2}$ . L'incertitude-type sur  $f'$  est alors  $\sigma_{f'} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$  si on dispose d'un grand nombre de mesures ; si on dispose d'un petit nombre, on utilise  $\sigma_{f'} = t \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$  où  $t$  est le coefficient de Student, que l'on trouve tabulé pour un intervalle de confiance donné (95 %). On peut se reporter au BUP n° 928, *Incertaines expérimentales*, F.-X. Bally et J.-M. Terroir.

► On peut parler des conditions de Gauss qui n'ont pas été évoquées, alors que l'on est dans un contexte de formation d'image. Il faut présenter l'intérêt des conditions comme étant expérimental : le but n'est pas de linéariser des sinus... mais d'avoir une image nette!

On peut prendre une grille objet, et faire d'abord l'image en éclairant la totalité de la surface de la lentille (on règle le condenseur de la source) : on n'est pas dans les conditions de Gauss. On modifie ensuite l'éclairage de façon à faire l'image de la source au centre de la lentille avec le condenseur : l'image est nettement meilleure!

► Bien fixer les éléments sur le banc d'optique, et veiller à avoir une fixation solide et stable de la lampe.

### La lunette astronomique

On peut préciser l'ouverture angulaire du champ d'observation :  $2\theta \approx \frac{D_c}{f'_1}$  où  $D_c$  est le diamètre de l'oculaire (verre de champ) et  $f'_1$  la focale de l'objectif. Pour une longue focale, le champ est très étroit, d'où l'utilisation d'une lunette chercheuse, montée en parallèle sur le tube : lunette de courte focale, donc large champ, avec un réticule, pour « viser » l'astre que l'on veut observer.

Attention : c'est bien de parler du grossissement, mais il faut dire que ce n'est pas le critère le plus important en soi. Avec  $G = \frac{f'_1}{f'_2}$ , on peut avoir un même grossissement pour divers couples  $f'_1$  et  $f'_2$ . Pour un fort grossissement, il vaut mieux un objectif de longueur focale, et grand diamètre (image plus lumineuse, et de meilleure résolution). Le diamètre de l'objectif est un paramètre essentiel de la lunette.

## Le microscope

On peut revenir sur les conditions de Gauss de la première partie, quand on parle de l'objectif comme diaphragme d'ouverture : avec des rayons passant par toute la surface de la lentille, on n'est plus dans les conditions de Gauss. On fait remarquer l'orientation choisie de la lentille : sa surface la plus bombée doit être placée du côté des rayons les moins inclinés, pour limiter les aberrations géométriques (mais pas pour se placer dans les conditions de Gauss : les rayons ne sont pas plus proches de l'axe, ni moins inclinés par rapport à celui-ci). On peut d'ailleurs parler de l'ouverture numérique, et faire remarquer qu'en microscopie on travaille avec une forte ouverture numérique.

Bien insister sur l'image intermédiaire que l'on peut montrer en plaçant un écran (elle est réelle) : l'objectif joue alors le rôle de loupe pour l'observer (la loupe avait justement été étudiée en début du montage).

À propos de la puissance, on peut revenir au microscope réel : sur l'objectif et sur l'oculaire<sup>1</sup> sont notés des grossissements (ex  $\times 15$  sur l'objectif et  $\times 10$  sur l'oculaire) : comment obtient-on le grossissement du microscope?

On peut peut-être utiliser un modèle d'œil plus « convivial » pour le jury : utiliser un miroir plan à  $45^\circ$  pour renvoyer la lumière vers le jury, puis un dépoli pour que l'on puisse voir l'image formée par transparence. Pour les mesures, on peut reprendre l'œil « rectiligne » pour avoir plus précisément la distance lentille-écran.

## Montage « surprise »

*Caractériser un filtre; on dispose d'un GBF, d'un oscilloscope. Il s'agissait d'un pont de Wien.*

*Une fois la nature du filtre identifiée, on précise que la fonction de transfert est de la forme*

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

- Pour déterminer le plus précisément la fréquence où entrée et sortie sont en phase, il faut se mettre en mode XY : on a alors un segment de droite (une ellipse dans le cas général). Il faut bien zoomer à l'aide des calibres de voies pour déterminer le moment où l'ellipse devient un segment.
- Ne pas se tromper dans la définition de la bande passante :  $\Delta f = f_2 - f_1$  où les fréquences  $f_1$  et  $f_2$  sont telles que  $G(f) = \frac{G_{\max}}{\sqrt{2}}$ . On en déduit le facteur de qualité par  $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$ .
- Pour estimer la bande passante rapidement sans calcul, on pourra remarquer que si

$$G(f_{1,2}) = \frac{H_0}{\sqrt{2}} = \frac{H_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{1,2}}{f_0} - \frac{f_0}{f_{1,2}}\right)^2}},$$

on a  $\frac{f_{1,2}}{f_0} - \frac{f_0}{f_{1,2}} = \pm 1$ , soit  $\underline{H} = \frac{H_0}{1 \pm j}$ . L'argument de  $\underline{H}$  vaut alors  $\pm 45^\circ$ . On repère rapidement (mesure de déphasage à l'oscillo) les fréquences où le déphasage vaut  $45^\circ$  et  $-45^\circ$  et le tour est joué!

1. Oculaire et non occulaire...