

MP6 : Instruments d'optique

B.Brun, S.Vaupre

13 novembre 2009

Rapport 2009 : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. Il n'est pas suffisant d'appliquer aveuglément un protocole trouvé dans un bouquin.

Biblio

- [1] *Les instruments d'optique*, Dettwiller, Ellipses.
- [2] Duffait

Table des matières

1	Grandissement de la lunette de Galilée	2
1.1	Mise en place de la lunette	2
1.2	Mesure du grandissement	2
1.3	$G = G(f_1/f_2)$ [1] p.202	2
2	Résolution de la lunette de Galilée	3
2.1	Critère de Rayleigh	3
2.2	$\theta_{lim} = \theta(\lambda/d)$	3
3	Clarté du microscope	4
3.1	Mise en place du microscope	4
3.2	Rayon du cercle oculaire. [1] p.178	4
3.3	Clarté	4

Intro

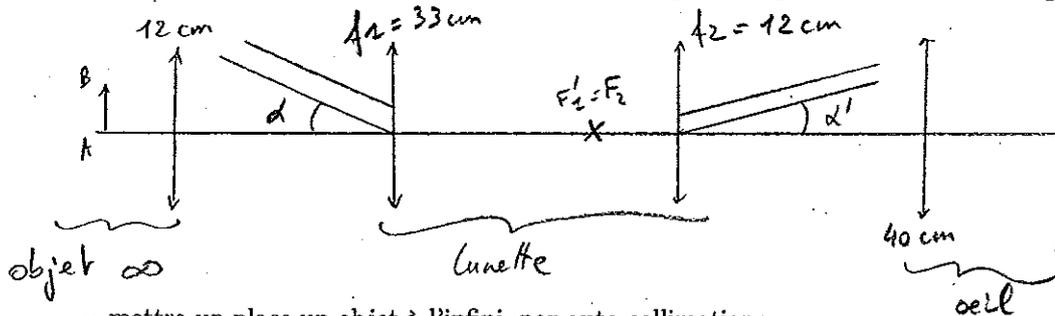
Les instruments d'optique sont des associations de systèmes optiques ayant la plupart du temps pour but de former une image [contre-exemples : le phare, le projecteur...] sur un écran de projection - on parle d'instruments objectifs - ou sur la rétine d'un observateur - instruments visuels. Pour ces deux familles, un instrument sera caractérisé par :

- le grandissement, la puissance (changement d'échelle)
- la résolution (précision)
- la clarté (luminosité)
- le champ (portion de l'objet observable)

1 Grandissement de la lunette de Galilée

1.1 Mise en place de la lunette

"Il faut manipuler devant le jury", Henri. Donc manipulons, on pourra sur un banc d'optique :



- mettre un objet à l'infini, par auto-collimation ;
- sortir un oeil tout fait, parce qu'il faut quand même pas déconner ;
- monter la lunette en plaçant les deux lentilles et en retrouvant une image nette sur la "rétine".

L'utilisation d'une courte focale (12 cm) pour l'objet augmente l'angle apparent pour pas cher et compacte le montage. Une plus longue (40 cm) pour l'oeil permet de rendre plus démonstratives les images.

Où placer l'oeil ? On peut montrer le cercle oculaire et y placer l'oeil pour récupérer un max de lumière. *et de champ.*

Champ de contour, de pleine lumière : A montrer, obtenir un plus grand champ avec un verre de champ et une meilleure image avec un diaphragme.

- L'image est NON renversée ---

1.2 Mesure du grandissement

G est le rapport des angles sous lequel l'oeil voit l'objet avec et sans instrument, dans une vision au repos (image à l'infini).

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1}{f_2}$$

On dispose d'une grille pour la mesure. Soit N le nombre de carreaux et L la longueur sur laquelle ils s'étalent.

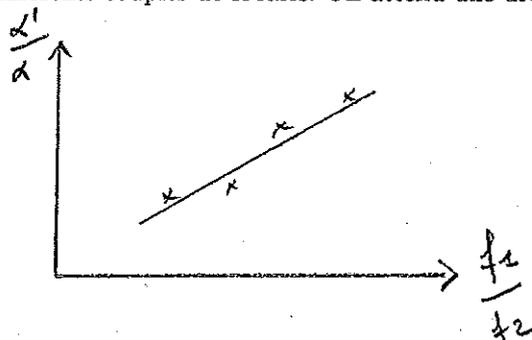
$$\begin{aligned} N_{\alpha'} &= \\ L_{\alpha'} &= \pm \\ N_{\alpha} &= \\ L_{\alpha} &= \pm \end{aligned}$$

$$\Rightarrow G = \frac{L_{\alpha'}/N_{\alpha'}}{L_{\alpha}/N_{\alpha}} = \pm$$

Avec $f_1 = 33$ cm et $f_2 = 12$ cm, on attendait $G = 2.75$.

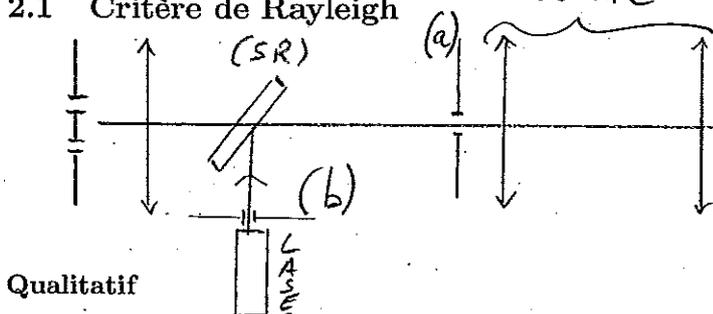
1.3 $G = G(f_1/f_2)$ [1] p.202

En préparation, on a tracé le grandissement pour différents couples de focales. On attend une droite de pente 1. On peut reporter ce nouveau point.



2 Résolution de la lunette de Galilée

2.1 Critère de Rayleigh



On pourra projeter sur un écran très très loin pour être plus démonstratif.

point LASER si objet résolu.

Qualitatif

Une jolie expérience, qui au dire des anciens n'est présente dans aucun livre et vaut le coup d'être connue. En fait, a posteriori, y a un truc qui ressemble dans le Duffait p. 110. On utilise pour objet une bifente de séparation connue (si l'on désire faire du quantitatif). Une fente diffractante est placée devant l'objectif (f_1) et modélise une ouverture plus petite de la lunette (équivalent à des objets de séparation angulaire moindre : on aurait pu placer l'objet à 10 mètres, comme c'est proposé dans un des bouquins (!)....). On pointe un laser sur l'image d'une des deux fentes (avec lame semi-réfléchissante, faire bien attention pendant la mise en place du laser).

- Fente en (a) : Diminuer la largeur de la fente et observer le brouillage.
- Pas de fente, pointer le laser sur l'image d'une des fentes images.
- Fente en (b) : Sans toucher la largeur de la fente, on diffracte le laser, et on observe Rayleigh : le premier minimum tombe sur la fente-image d'à côté.

Quantitatif

La bifente utilisée fournit une séparation angulaire d'observation. On peut maintenant mesurer la largeur de la fente correspondant au critère de Rayleigh pour cet objet avec l'image de diffraction du laser.

$$\theta_{lim} = \lambda/d$$

On mesure d tel que $\frac{\Delta_{laser}}{d} = \frac{L}{ND}$ avec N le nombre d'extinctions de la figure de diffraction (sinus cardinal de période $\pi\theta d/\lambda$), L la longueur sur laquelle ils s'étalent et D la distance fente-écran.

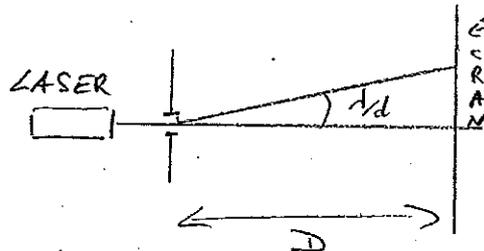
Pour une séparation angulaire donnée, on a donc le diamètre minimum de l'objectif de la lunette pour résoudre un objet.

Séparation angulaire :

$$\theta_{lim} = \pm$$

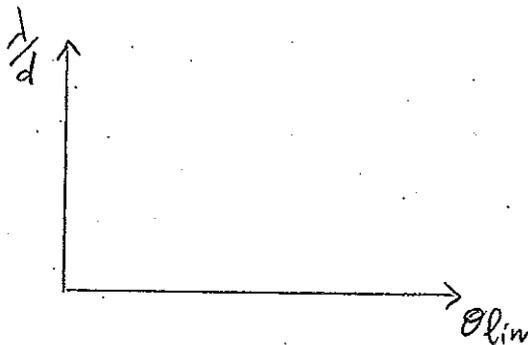
Diamètre min :

$$d = \pm$$



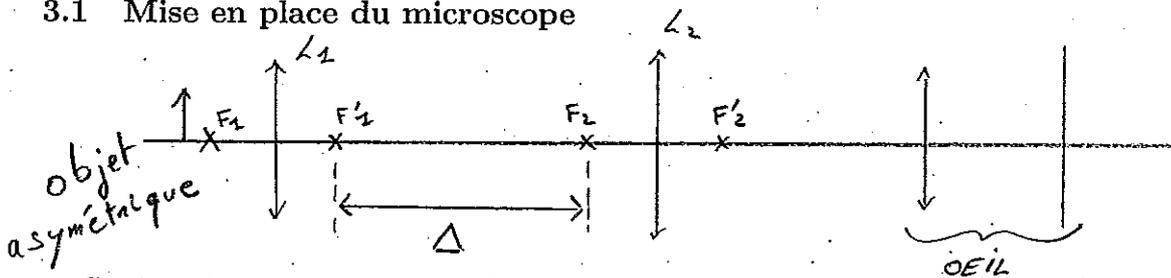
2.2 $\theta_{lim} = \theta(\lambda/d)$

On a préparé une série de mesure pour 2 longueurs d'onde d'observation λ et 3 bifentes de séparation différentes. On retrouve que la résolution est meilleure pour le vert que le rouge. On ne peut pas reporter ce nouveau point si on est en lumière blanche, ce qui est quand même plus démonstratif car plus lumineux qu'avec un filtre interférentiel.



3 Clarté du microscope

3.1 Mise en place du microscope



Ce n'est plus un système afocal. On prend deux lentilles de courte focale et on place un objet à distance finie. On peut prendre un objet asymétrique.

- placer l'objet à dist. finie, proche du foyer objet de L_1 .
- placer L_2 de manière à retrouver image nette sur la rétine.

→ L'image est *NON renversée*...

→ L'image intermédiaire est au foyer objet de L_2

3.2 Rayon du cercle oculaire. [1] p.178

Vérifions la relation

$$R = \frac{\omega_0 f_1 f_2}{\Delta}$$

avec $\omega_0 = \sin(u)$ l'ouverture numérique (u est l'angle apparent de la lentille depuis l'objet, et dépend donc de la distance d entre l'objet et L_1), f_i sont les 2 focales, et Δ est la distance entre les foyers.

Mesure de R

Avec $f_1 = f_2 = 12\text{cm}$.

$$\begin{aligned} d &= \pm \\ \Delta + f_1 + f_2 &= \pm \\ R &= \pm \end{aligned}$$

On peut reporter ce point sur la courbe obtenue en préparation.

3.3 Clarté

C'est le rapport des flux au niveau de la rétine avec (ϕ) et sans (ϕ_0) microscope.

$$\begin{aligned} \phi &= \pm \\ \phi_0 &= \pm \\ C = \frac{\phi}{\phi_0} &= \pm \end{aligned}$$

Conclusion

On choisira un instrument d'optique pour ses caractéristiques (grandissement, résolution, luminosité....) selon l'utilisation que l'on veut en faire.

[par exemple, en astronomie, instruments ≠ pour observer des objets planétaires ou du ciel profond...]