

Montage – INSTRUMENTS D’OPTIQUE

contact : pierre.lombardo@univ-amu.fr

1 Introduction

Le titre de ce montage a changé en 2009, notamment parce que le jury ne voulait plus voir uniquement un catalogue des aberrations en optique. Il convient donc de prendre garde à ne pas passer trop de temps sur les aberrations des lentilles minces. Comme instrument d’optique, il est bon d’utiliser un instrument modèle comme la lunette astronomique sur banc d’optique, mais aussi de vrais instruments d’optique comme par exemple un objectif photographique commercial.

Rapport de Jury 2015 : Montage 7 : Instruments d’optique. Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d’obtention d’images de bonne qualité. L’étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. Les candidats doivent comprendre quelles sont les conditions pour que la mesure du grossissement puisse se ramener à la mesure d’un grandissement lorsqu’ils présentent des dispositifs afocaux. Enfin, dans certains cas, les candidats peuvent envisager l’utilisation de lunette de visée afin d’améliorer leurs mesures.

Rapport de Jury 2013 : Montage 6 : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d’obtention d’images de bonne qualité. L’étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. De bons exposés ont été observés sur ce sujet.

Rapport de Jury 2012 : les conditions de stigmatisme (approché ou rigoureux), les conditions de Gauss, les aberrations géométriques et les aberrations chromatiques ... doivent être connues. Les manipulations proposées doivent illustrer réellement le fonctionnement de l’instrument choisi.

Rapport de Jury 2010 : 6 Instruments d’optique 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 livre. L’intitulé devient Instrument(s) d’optique en 2011.

Rapport de Jury 2009 : 6 Instruments d’optique 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 livre.

Rapport de Jury 2008 : 6 Formation des images en optique Il ne faut pas se limiter à une énumération des aberrations des lentilles. Les objets et leurs images peuvent aussi être étendus. Le jury apprécierait l’étude d’un instrument d’optique. C’est pourquoi, dans la liste 2009, le titre de ce montage est changé.

2 Aberrations des lentilles

Biblio : [1] page 37

2.1 Aberration sphérique

Biblio : [1] page 38

Ici la source est ponctuelle et sur l’axe. On pourra éclairer un trou source avec un condenseur et une quartz-iode. Ne pas oublier un filtre coloré (large spectre) pour ne pas avoir en même temps d’aberrations chromatiques. Pour que l’expérience soit démonstrative, choisir une lentille de grand diamètre (pour pouvoir obtenir des rayons très inclinés) et mettre la face bombée du côté le plus près (contraire à la règle *Plus Plat Plus Près*, donc pas comme dans la Figure 1). En déplaçant l’écran, on visualise les nappes sagittale et tangentielle.

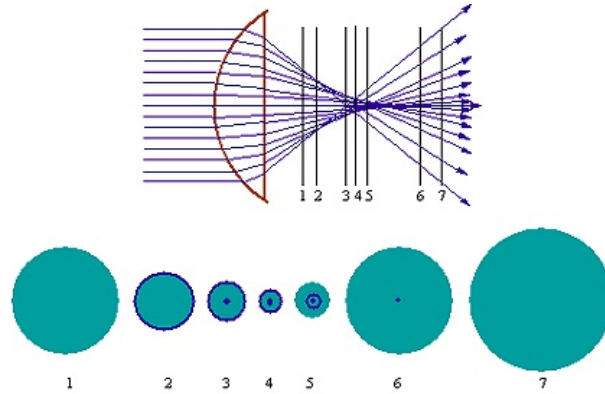


FIGURE 1 – Aberration sphérique.

2.2 Distorsion

Biblio : [2]

Attention pour cette expérience une source diffusante est nécessaire (quadrillage imprimé sur papier calque par exemple). Plusieurs rayons doivent en effet partir de chaque point source, dans toutes les directions. Pour expliquer la forme de l'image, il suffit de savoir que les rayons frappant les bords de la lentille convergente (la prendre d'assez grand diamètre) seront trop convergents. En déplaçant le diaphragme avant, sur ou après la lentille, on sélectionne certains rayons. Par exemple, dans la Figure 2 (b), le diaphragme avant la lentille sélectionne un rayon qui passe par le point N , frappant donc le bord inférieur de la lentille. Le rayon émergent sera trop convergent, et arrivera en B' , au lieu de B'_0 , l'image de Gauss. On obtient donc le barillet car l'image d'un point éloigné de l'axe (un coin du carré objet) sera plus proche de l'axe que l'image de Gauss non distordue.

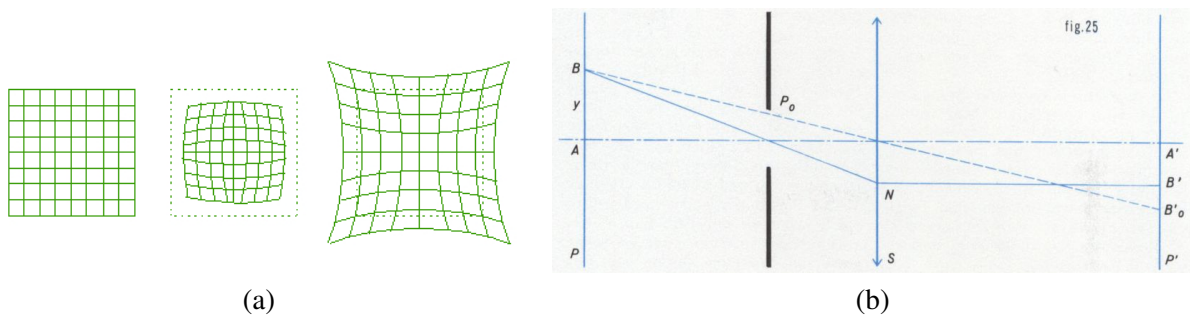


FIGURE 2 – (a) Distorsion coussinet ou barillet, (b) Distorsion en barillet

2.3 Aberration chromatique

Le bleu est davantage réfracté que le rouge.

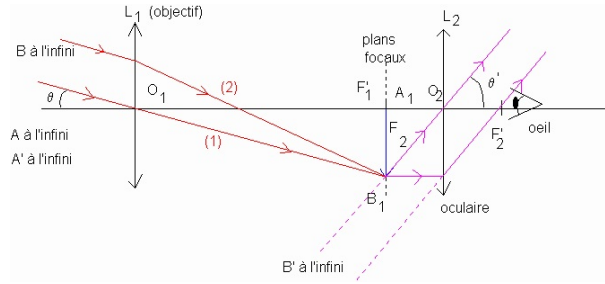


FIGURE 3 – Lunette astronomique.

3 Lunette astronomique

Il est nécessaire pour bien réaliser et commenter cette expérience de connaître parfaitement les définitions des *pupilles* et *lucarnes* d'un instrument d'optique. L'instrument lui-même est constitué de diaphragmes (diaphragmes réels ou supports des lentilles). Parmi ceux-ci, deux jouent un rôle important : le diaphragme de champ (c'est celui qui limite le champ transversal) et celui d'ouverture (celui qui limite la luminosité de l'image). La pupille d'entrée (ou de sortie) est l'image du diaphragme d'ouverture par rapport à ce qui le précède (ou qui le suit). La lucarne d'entrée (ou de sortie) est l'image du diaphragme de champ par rapport à ce qui le précède (ou qui le suit).

Les notions de champ de contour et de cercle oculaire (pupille de sortie) sont également à connaître.

4 Objectif photographique

Biblio : [1] page 34-36

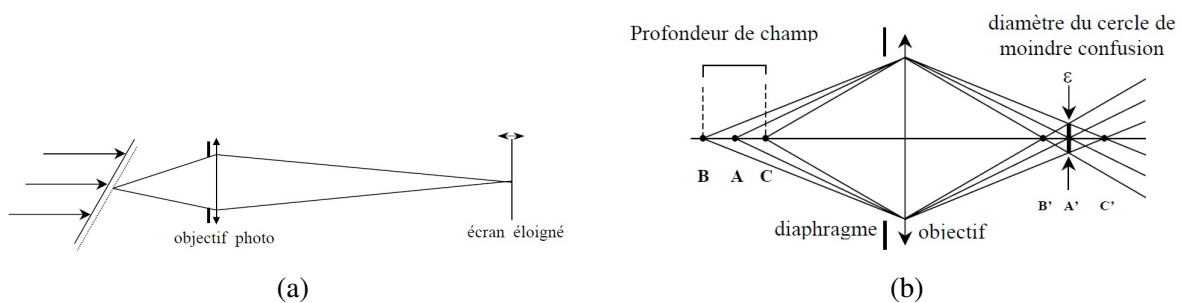


FIGURE 4 – (a) Objectif photo. Profondeur de champ longitudinale sur un écran à 45 degrés, (b) cercle de moindre confusion. A, B et C apparaissent nets. En réduisant la taille du diaphragme, pour un même cercle de confusion, la profondeur de champ longitudinale (la distance BC) augmente.

Deux expériences sont réalisées ici. La première est qualitative : on montre que la profondeur de champ longitudinale augmente lorsqu'on réduit le diamètre du diaphragme d'ouverture de l'objectif.

La seconde expérience est quantitative. A l'aide d'une photodiode branchée en court-circuit, on mesure l'intensité sortant de l'objectif en fonction du nombre d'ouverture $n.o. = f/d$. Là encore, une source diffusante est nécessaire.

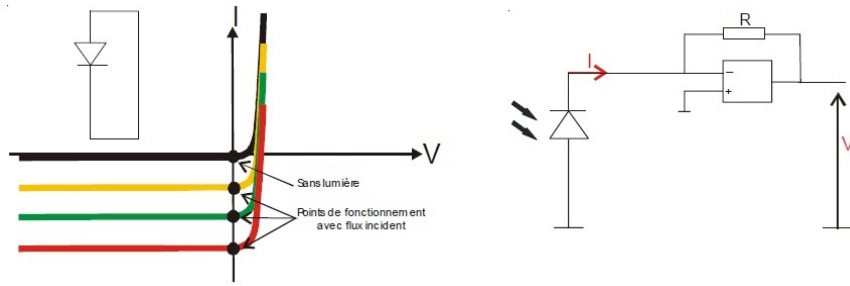


FIGURE 5 – Photodiode branchée en court-circuit. Convertisseur courant-tension.

5 Pouvoir de résolution : critère de Rayleigh

Biblio : [1] page 136

Ici l'instrument d'optique qui nous intéresse est formé de l'association $L + F$. Pour chaque fente source de la bifente, on est dans les conditions de Fraunhofer de la diffraction par la fente F , puisqu'on a placé l'écran dans le plan image de la source. On a donc sur l'écran la superposition en intensité de deux sinus cardinaux et c'est sur ces fonctions qu'on va vérifier le critère de Rayleigh : deux distances sont à comparer, γa (où γ est le grandissement) et $\xi = \lambda L/e$ (demi-largeur du sinus cardinal, fréquence spatiale $q = 1/e$). On peut prendre la triple bifente, avec les trois largeurs $a = 0.2 \text{ mm}$, 0.3 mm et 0.5 mm . Par soucis de pédagogie, il vaut mieux ne pas oublier d'utiliser un filtre coloré (assez large pour ne pas perdre trop de lumière) qui permettra de savoir à quelle longueur d'onde on travaille.

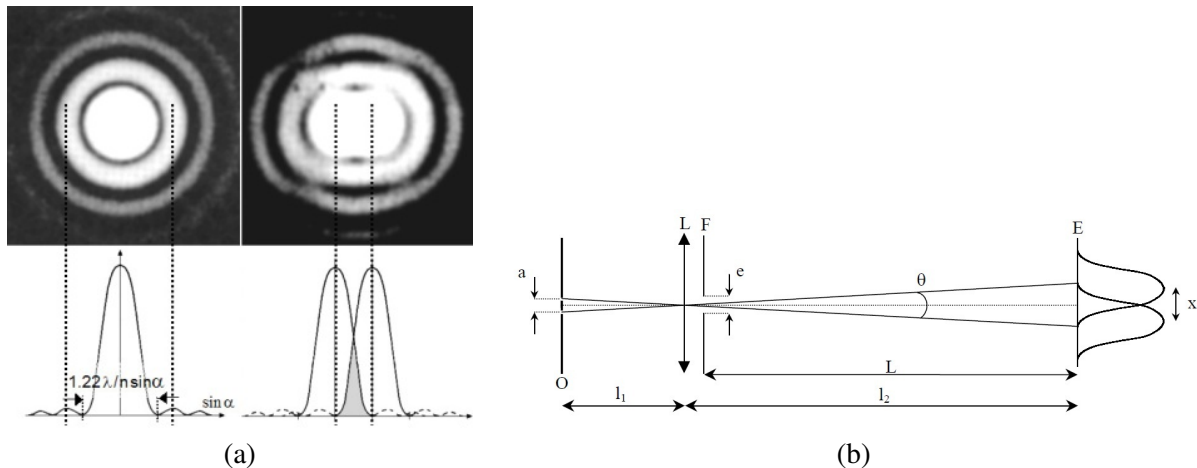


FIGURE 6 – (a) Critère de Rayleigh dans le cas d'un diaphragme circulaire, (b) Image d'une bifente (sinus cardinaux de la diffraction de Fraunhofer)

Références

- [1] Sextant, Optique Expérimentale
- [2] Expériences d'optique - Agrégation de sciences physiques, R. Duffait