

M07 : Instruments d'optique

Rapport du jury : 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, les candidats peuvent envisager l'utilisation de lunettes de visée afin d'améliorer leurs mesures de distances. Les conditions de stigmatisme (approché ou rigoureux), les conditions de Gauss, les aberrations géométriques et les aberrations chromatiques ... doivent être connues.

Introduction:

Nous sommes tous équipés d'instruments d'optique : nos yeux. Malgré tout, ils ne sont pas infaillibles. En effet, lorsqu'il s'agit d'observer de fins détails comme les étoiles doubles ou les détails d'une cellule végétale, ils sont limités : ils n'ont pas une résolution suffisante. Il nous faut donc améliorer les caractéristiques de nos capteurs, et pour faire cela, nous utilisons des instruments d'optique. Notre analyse lors de ce montage portera sur le fonctionnement des objectifs photographiques, puis on abordera différentes aberrations qui nuisent à la qualité de l'image.

Caractéristiques d'un instrument d'optique :

- permet de modifier la perception d'un objet en terme de taille.
- La focale joue sur le grandissement, c'est ce qui donne l'information sur la capacité à donner des images plus ou moins loin.
- la luminosité
- le champ d'observation (zoom = changement de focale)
- sa résolution (capacité à corriger les aberrations géométriques, la diffraction)
- mise au point (permet de modifier la focale de changer le plan où l'image sera nette)

I - Les objectifs photographiques

Poly M7 - IV

1) Mesure de f' , recherche de PH et PH'

Objectif photographique est un système optique épais : on n'a pas un centre optique et deux plans focaux, comme pour les lentilles minces. On a deux plans principaux à l'intérieur de l'objectif, et deux foyers image et objet. On cherche à déterminer la position de ces points. On placera l'écran loin de l'objectif, du fait que les plans principaux ne sont pas forcément situés à l'intérieur du système optique.

Poly - Montage p08 : mesure de f et f' , placement des plans PH et PH'.

Attention : Réglage de l'appareil photo : Mise au point à l'infini, diaphragme ouvert au maximum (NO le + petit) pour réduire la profondeur de champ et ainsi avoir une variation de la netteté plus rapidement et zoom au maximum (= grande focale, 7 cm dans notre cas) !

Avoir un grandissement important pour améliorer la précision sur la mesure de l'image.

Brancher la lampe (QI) sur une alimentation 12V avec puissance 100W (petite, en alternatif).
On place l'objet (règle/pied à coulisse) devant la lampe.

Repérage de PH et PH' :

Pour commencer, on place l'objectif face inverse à la lumière. Car on est sûrs que le plan focal image est à l'extérieur de l'objectif et donc qu'on peut obtenir une image nette.

Une fois l'image nette obtenue, on considère que l'objet est quasiment dans le plan focal image de l'objectif, car on considère que notre image est à l'infini, donc l'objet sur f' (car le sens de l'objectif est inversé). A partir de l'objet, on compte la distance égale à la focale choisie (donc dans notre cas, 7 cm) et on trouve PH'. On doit être environ à 40-45 mm de la monture dans l'objectif → tirage mécanique : Relever la position de H'!

On fait de même pour PH, en inversant le sens de l'objectif. L'objet sera alors quasiment dans le plan focal objet. Pour repérer le plan PH, on compte 7 cm depuis l'objet.

Mesure de la focale:

On garde le même montage, on place l'objet en F (position trouvée approximativement juste avant) et l'écran à quelques mètres de l'objectif. Comme on a formé une image à une distance très éloignée de l'objectif comparée à sa focale, on peut considérer que l'objet est quasiment dans le plan focal objet de l'instrument.

Pour mesurer $L = \overline{H'A'}$ on utilise un mètre ruban en ayant au préalable repéré H' (incertitude d'environ 1.5 cm). On mesure le grandissement D/d (D taille de l'image vs d taille objet)

On en déduit $f' = L/(1 + D/d)$. Comparer avec le constructeur.

Ne pas oublier de prendre en compte les incertitudes!

$$\Delta f' = f' \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \frac{1}{D^2}(\Delta D^2 + \frac{D^2}{d^2} \Delta d^2)}$$

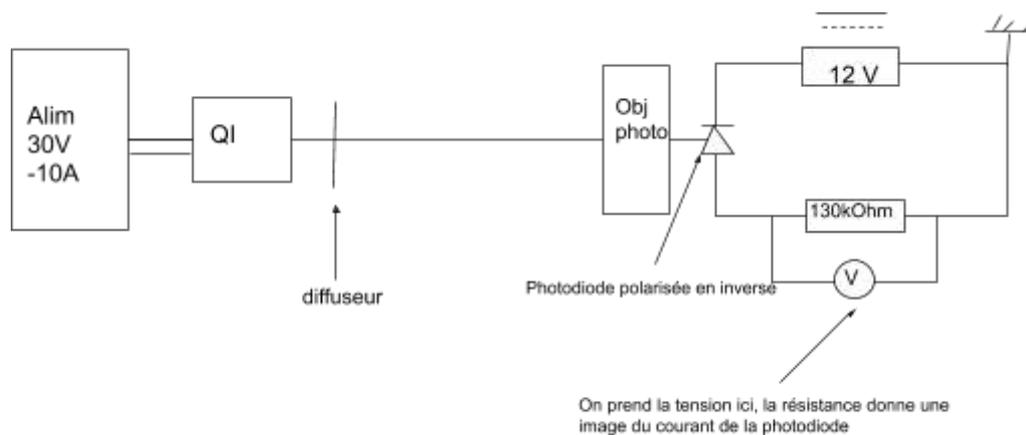
Voir Excel

(Si le temps on peut parler de l'hypothèse que l'objet soit située dans le plan focal objet - voir poly p.9)

2) Influence de l'ouverture sur la luminosité des objectifs

Sextant p 34 + p66.

La luminosité des objectifs joue un rôle fondamental dans la formation d'image, car un appareil à fort grossissement ne sert à rien si il n'est pas suffisamment lumineux. On peut jouer sur la luminosité d'un objectif en modifiant son nombre d'ouverture NO.



Prendre l'objectif Leica 35 mm.

On alimente la lampe avec une alimentation de puissance continu 30V-10A réglée à 12V, alimentation stabilisée afin d'avoir un éclairage continu et ainsi une meilleure précision sur nos mesures. Relevé de différentes mesures de tension pour chaque Nombre d'Ouverture (NO). **Voir précautions à respecter poly p.12!**

- On prend une résistance de charge suffisante pour avoir un signal assez fort pour un NO de 2.
- On mesure aussi la tension avec le cache vissé sur l'objectif pour corriger les mesures.
- Objectif suffisamment éloigné du calque.

Comme on a :

i prop à éclairage, éclairage prop D_{PE}^2 , NO prop à $1/D_{PE}$

D'où V prop à $1/(NO^2)$ → On trace sur Regressi, ne pas oublier de faire une moyenne (répétée l'expérience 3 fois et mesurer la tension en montant et descendant le NO car il y a une variation due probablement à un défaut systématique dans le calage du diaphragme au NO souhaité suivant le sens de rotation de la bague d'ouverture), écart-type par rapport au modèle et incertitude sur la moyenne.

Problème: le point correspondant au plus petit NO n'est pas sur la courbe : on montre que c'est une erreur du constructeur. Pour corriger cette erreur, on projette l'image de la pupille d'entrée et on mesure le diamètre (coin vers bord).

On a normalement un rapport inverse : $NO/NO' = D'/D$ (1)

On calcule les rapports entre NO et entre D, et on vérifie le rapport (1). On a bien un problème sur la + petite valeur de NO. On corrige la valeur de NO avec (1).

Conclusion : La luminosité est un des intérêts pour l'emploi d'objectif très ouvert, mais cela permet aussi de réduire la profondeur de champ pour s'affranchir de l'arrière-plan en photographie de portrait.

II - Les aberrations

Voir *Duffait-Expériences d'optique p25 et Sextant Chapitre 1 p37* pour les différents types d'aberration.

Penser à ne pas prendre de lentille achromat pour les aberrations.

Lentille achromat sont constitués de 2 lentilles (une convergente et une divergente) de dispersion différente, afin d'atténuer à la fois les aberrations chromatiques et géométriques.

Montage : voir poly p18

Aberration géométrique : Elles résultent des écart à l'optique de Gauss.

Distorsion: Ce défaut s'observe pour une très faible ouverture lorsque le point image est très décalé de l'axe optique.

→ Utiliser grande lentille + bien fermer diaphragme (afin de limiter les aberrations en h car les aberration de distorsion sont uniquement en y^3 → voir Duffait)

Si le diaphragme n'est pas proche de la lentille : distorsion

trop devant lentille = Coussinet

trop derrière lentille = Barillet

C'est pour cette raison que dans un objectif photo, le diaphragme est toujours entre 2 lentilles afin de supprimer les aberrations de distorsion.

Sphéricité

p37-39 Sextant , p27 Duffait, Bellier p 30

Pour un point situé sur l'axe optique mais un faisceau très ouvert : on va observer une aberration de sphéricité car les faisceaux arrivent sur les bords de la lentille. On constate que le respect de la règle des 4P atténue ces aberrations, d'où l'utilité de respecter cette règle lors des montages en optique.

Montage : poly VI.1.1 p16

→ Lentille de Leybold pas utile pour montrer aberration (elle sert juste pour avoir des faisceaux parallèles et réaliser les mesures).

On utilise un diaphragme pour le trou d'environ 1mm de diamètre.

→ Observation de la nappe tangentielle, puis sagittale, puis point de Gauss (voir les livres)

→ *Si temps trop court faire une étude qualitative mais bien mettre les faisceaux parallèles dans ce cas là!! Ou peut-être faire influence de l'ouverture sur la profondeur de champ pour l'objectif photo.*

Conclusion :

On a pu comprendre le fonctionnement d'un instrument d'optique, ainsi que les différents paramètres mis en jeu pour obtenir une image de qualité. Cependant, on a pu voir que plusieurs facteurs peuvent influencer sur la qualité de l'image, notamment à travers les aberrations du système optique (qu'on a illustré avec quelques aberrations géométrique), mais il existe d'autres facteur tel que la structure granulaire du récepteur, ou encore le phénomène de diffraction.

Questions:

- D'une manière générale, comment peut-on minimiser les aberrations géométriques ?
Respecter les conditions de Gauss.

- Pour un microscope on parle de grossissement, pourquoi ? car l'image est virtuelle. Pourtant votre mesure, avec projection de la mire sur l'écran, est bien une mesure de grandissement ? En effet, grandissement du système complet, (microscope + écran) : image réelle donc grandissement. Cela ne pourrait-il pas induire un élève en erreur ?

<http://serge.bertorello.free.fr/optique/dispoagr/dispoagr.html>