

TRAVAIL PRATIQUE No 1:

Formation des images

1 But de l'expérience

Le but du TP est de former des images de sources lumineuses par des montages optiques simples.

On utilisera et vérifiera en particulier:

- Les relations de conjugaison objet-image pour des lentilles simples et des associations de lentilles.
- La présence d'aberrations géométriques et chromatiques.
- Les notions de grandissement transversal et longitudinal

2 Matériel et instrumentation

- Rail pour montage optique et divers supports
- Diodes luminescentes alimentées avec circuits de prototypage
- Lentilles, éléments de montage (Microbench)
- Ecran et papier millimétré
- Règles de mesure (de distance)

PC ou calculette pour effectuer les calculs.

Appareil photographique (utile)

3 Procédure



1. Faites l'inventaire de tout le matériel à disposition.
2. Monter le circuit avec les deux LEDs blanches (une grande et une plus petite) comme source-objet principale. Monter l'écran, poser une feuille de papier millimétré.
3. Créer avec une seule **grande** lentille une image réelle de même taille à 1000 mm de l'objet.
 - Calculer les distances f , p et p' nécessaires.
 - Choisir la lentille parmi celles à disposition.
 - Observer les aberrations, ajouter un diaphragme d'ouverture et observer son effet.
 - Observer et décrire les effets (coma ?) quand l'objet est placé hors axe (plus haut ou plus bas)
4. Remplacer la grande lentille par une de taille moyenne mais **même focale**. Monter sur le circuit la diode carrée (dont le côté illuminé est d'environ 8,5 mm) comme source-objet.
 - Vérifier que le grandissement est toujours $= -1$. (à cause de la basse luminosité de la diode carrée il faudra éteindre la lumière).
 - Avec le même objet et la même lentille faire un montage avec un grandissement (latéral) de -2 . Pour cela vous devez calculer p , p' et donc la distance à l'écran et repositionner la lentille et l'écran en conséquence.
 - Mesurer le grandissement effectif.
 - Ajuster éventuellement les distances pour avoir le plus possible exactement un grandissement de -2 et décrire la configuration au plus précis.

5. Remettre les LEDs blanches. Créer avec une seule lentille une image agrandie **8 fois**, placée à environ **1200 mm** de l'objet.
 - Définir la focale de la lentille et faire le montage avec, parmi les disponibles, celle dont la focale s'approche le plus à la valeur recherchée. Recalculer ainsi les distances exactes p et p' dans notre montage, nécessaires pour $G = -8$.
 - Faire le montage et ajuster au plus précis pour $G = -8$.
 - Rapporter toutes les valeurs calculées et mesurées.

6. Remplacer la lentille unique avec une paire (doublet) de lentilles séparées.
 - Concevoir et construire cette paire pour avoir le même grandissement de -8 avec les petites lentilles «Microbench» disponibles. Il se trouve qu'une association de deux lentilles de respectivement $f_1 = 100$ mm, $f_2 = 150$ mm répond à la demande (cf. cours sur les associations de lentilles et les plans principaux) si celles-ci sont positionnées de manière opportune.
 - Calculer la distance d entre ces lentilles qui donne la focale recherchée du système (120 mm).



- Calculer pour cette association de lentilles la position des plans principaux de l'ensemble
- Placer en conséquence l'ensemble pour avoir le grandissement de -8 comme au point 5. Calculer pour cela la position p_1 à laquelle il faut place l'objet par rapport à la première lentille, la position de l'image finale p_2' , faire le montage, trouver l'image et ajuster au plus précis.
- Où se trouve l'image intermédiaire «produite» par la première lentille ?
- Rapporter toutes les valeurs calculées et mesurées. En phase d'analyse et évaluation après le labo, incluez dans le rapport un schéma optique avec l'image intermédiaire produite par la première lentille.

7. Remplacer l'objet par le support avec les LEDs alignés selon l'axe (comme montré dans la **photo ici-bas**). Ce système constituera un objet étendu à la fois en sens longitudinal et vertical.
- Poser le circuit **obliquement** de manière telle que les LEDs pointent vers l'écran à **des distances et hauteurs différentes**. Mesurer préalablement ces distances horizontales et verticales entre les LEDs et faire un croquis de l'objet.



- Prendre comme référence la première LED (verte, la plus proche de la lentille) et faire un montage avec la lentille de focale 150 mm et une distance $p = 200$ mm.

Calculer la position théorique de l'image p' (de la LED verte) et la chercher avec l'écran.

Il pourra être utile de placer un diaphragme pour minimiser les aberrations géométriques. Aussi veillez à que les LEDs soient **bien orientés** dans l'axe afin d'avoir une image nette sur l'écran: le cas échéant orientez les LEDs légèrement pour en obtenir l'image la plus lumineuse.

- **Sans bouger l'objet ni la lentille**, calculez les positions p' de chaque autre LED et vérifiez-les en bougeant l'écran. Ensuite notez dans un tableau ces distances p et p' pour chaque LED.
- En déduire le **grandissement longitudinal** de l'objet étendu constitué par les quatre LEDs, sa variation sur son étendue longitudinale ainsi que celle du **grandissement latéral** pour chaque LED.
- En phase d'analyse et évaluation après le labo, décrivez dans le rapport au moyen de tableaux et diagrammes les relations entre la position de l'objet et, respectivement, la position de l'image, le grandissement (latéral) G , et le grandissement longitudinal (G_{long}).

7. Remonter le circuit avec la diode carrée comme source objet. Enlever l'écran.

- Poser une grande lentille (par exemple celle de focale 300 mm) devant l'objet, dans une configuration qui aura la particularité que quand vous regardez à travers de la lentille **l'objet apparaît à votre œil de la même taille** indépendamment de votre distance de la lentille (et donc de l'objet).
- Quelle est cette configuration (f, p, p') ? Où se trouve l'image produite par la lentille ?
- Vérifier cette propriété avec un appareil photo.
- Par extension justifiez aussi le fait que si vous remplacer l'œil avec un ensemble écran-lentille dont la distance réciproque (écran-lentille) est fixe à une certaine valeur (laquelle ?), la même image (de même taille) sera projetée sur l'écran pour n'importe quelle position sur l'axe de cette ensemble écran-lentille. Vérifiez cette propriété et dessinez dans le rapport le schéma optique.

8. A la fin,

rangez svp tous les composants utilisés et **remettez tout le matériel soigneusement dans l'état d'avant son début.**

4 Rapport

Le rapport doit inclure :

- Toutes les configurations testées: objets, lentilles, distances, etc. (avec les schémas mis au propre, photos à l'appui bienvenues).
- Toutes les vérifications, ajustements, analyses, calculs effectués pour **répondre aux questions posées.**
- Vos conclusions et suggestions.

5. Distribution du travail

Ce TP sera généralement réalisé en équipe de 2 ou 3 personnes.

Chaque groupe est évidemment libre de s'organiser à son gré. Si le groupe est constitué de 3 personnes on suggère que :

- au moins une personne se dédie déjà durant la manip aux calculs théoriques de support et compréhension des résultats trouvés ;
- au moins une personne vérifie que toute la procédure est entièrement et bien suivie et prene des notes et des croquis exhaustifs durant la manip ;
- au moins une personne soigne particulièrement le montage et les mesures, prene des photos, etc..

Ce TP demandera un travail de mise au propre des schémas et des calculs après le labo. Le rapport peut être rédigé en se partageant le travail mais il devra être revu et corrigé avant livraison par tous les membres.

Il est en tout cas important que **tous les membres de l'équipe maîtrisent tous les aspects**, à la fois pratiques et théoriques, de ce TP.

On rappelle que l'examen final d'optique pourra inclure des questions en rapport avec les TP effectués.

Formules générales pour les associations de lentilles et les systèmes centrés

1. Soit une lentille épaisse (ou aussi une association de lentilles) L_1 avec focale f_1 et plans principaux localisés à x_{H_1} (entrée) et $x_{H'_1}$ (sortie)
2. On veut y ajouter une lentille L_2 avec focale f_2 et plans principaux localisés à x_{H_2} et $x_{H'_2}$, distante de

$$d = x_{H_2} - x_{H'_1}$$

3. La focale du nouvel ensemble L_1+L_2 est:

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}$$

3. La position des plans principaux de l'ensemble est:

$$x_H = x_{H_1} + \frac{f \cdot d}{f_2}$$

$$x_{H'} = x_{H'_2} - \frac{f \cdot d}{f_1}$$

