



Lycée Gustave EIFFEL
DIJON

Classe de PTSI



Formation d'images en optique géométrique

Avertissement : Pour vous aider, les questions à préparer avant la séance sont signalées par une astérisque *. Il est **indispensable** de les préparer.

1 Introduction

Le but de ce TP est de se familiariser avec le matériel optique. Dans une première partie, on estimera, de plusieurs manières, la distance focale de plusieurs lentilles. Dans une seconde partie, on proposera, pour différentes situations expérimentales, un montage optique adapté. On veillera à soigner systématiquement la qualité des images obtenues.

On donne en annexe le principe de fonctionnement d'un viseur à frontale fixe et quelques règles pour obtenir de belles images.



Capacités à acquérir :

- Éclairer un objet de manière adaptée.
- Optimiser la qualité d'une image (alignement, limitation des aberrations...)
- Mesure de longueur par déplacement du viseur entre deux positions.
- Estimer l'ordre de grandeur d'une distance focale.
- Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée.

2 Matériel à disposition

- 1 banc d'optique, 1 lampe à incandescence, 1 écran,
- Plusieurs lentilles convergentes ou divergentes de distance focale inconnue,
- 1 objet (lettre F ou diaphragme si l'on veut un objet de plus petite taille), quelques feuilles de papier calque pour atténuer la luminosité de l'objet,
- 1 viseur à frontale fixe.

3 Qui est qui ?

**Objectif :**

Vous disposez de plusieurs lentilles minces de distance focale inconnue, à vous de retrouver les valeurs de leur distance focale par différentes méthodes !

3.1 Identification rapide des lentilles

**Astuce pour déterminer le caractère convergent ou divergent d'une lentille :**

- Si on arrive à obtenir une image d'une source éloignée (les néons de la salle par exemple) sur un écran (ou le sol par exemple), la lentille est convergente. Sinon, elle est divergente.
- On peut regarder un texte à travers une lentille. La lentille étant initialement collée sur le texte, on l'en éloigne progressivement. Si l'image observée grandit, la lentille est convergente (cas d'une loupe) et si sa taille diminue, la lentille est divergente.
- Pour obtenir l'estimation de la distance focale d'une lentille convergente, on forme l'image sur le sol, par la lentille convergente, d'un objet éloigné (un néon ou le soleil par exemple). La distance lentille-sol donne un bon ordre de grandeur de la distance focale de la lentille.

Travail demandé :

1. * Justifier les assertions précédentes au moyen de schémas clairs.
2. Identifier la nature convergente ou divergente des lentilles à disposition.
3. Donner l'ordre de grandeur de la distance focale des lentilles convergentes à disposition.

3.2 Détermination par la formule de conjugaison des distances focales

**Rappel de quelques relations utiles :**

On redonne la relation de conjugaison de Descartes pour les lentilles minces : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$

On rappelle également l'expression du grandissement transversal : $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$

Travail demandé :

4. * Proposer un protocole expérimental qui permette de déterminer la distance focale des lentilles disponibles. On commencera par une lentille convergente, puis si le temps le permet on effectuera le même travail pour une lentille divergente. Attention : le protocole de mesure sera différent entre lentilles convergentes et lentilles divergentes, du fait de la nature (réelle ou virtuelle) de l'image...

NB1 : On fera en sorte de réaliser une régression linéaire dans le cas de la lentille convergente.

NB2 : On utilisera le logiciel Regressi et un travail sur les incertitudes devra être réalisé (voir encadré qui suit).

NB3 : Pour repérer la position d'une image virtuelle, on pourra utiliser un viseur à frontale fixe.

5. Mettre en œuvre le protocole précédent pour déduire de ces mesures l'ordre de grandeur des distances focales des différentes lentilles à disposition.
6. Vérifier que ces nouvelles estimations de distances focales sont cohérentes avec celles obtenues précédemment.

**Détermination d'une incertitude-type $u(\ell)$ de type B sur la mesure d'une longueur**

Lorsque l'on effectue une mesure unique d'une grandeur (ici une longueur), l'incertitude-type $u(\ell)$ se détermine en considérant l'intervalle $\ell_{max} - \ell_{min}$ dans lequel la grandeur mesurée est susceptible de s'y trouver. L'incertitude-type $u(\ell)$ se détermine alors via l'expression :

$$u(\ell) = \frac{\ell_{max} - \ell_{min}}{2\sqrt{3}}$$

4 Quelques projections en pratique

**Objectifs :**

Vous devrez prévoir (par le calcul, par lecture graphique...), pour les différents cas suivants, quelle(s) lentille(s) choisir et à quelle position placer les différents éléments d'optique pour répondre à la problématique proposée. Faites systématiquement un schéma de la situation pour vous aider dans vos raisonnements ! Vous devrez ensuite réaliser le montage expérimental correspondant pour vérifier vos prédictions. On veillera à soigner la qualité des images obtenues !

4.1 Situation A*

On place un objet à $D = 43$ cm d'un écran. On souhaite obtenir sur celui-ci une image renversée et telle que $\gamma \simeq (-1,5)$. Quelle lentille choisir et où doit-on la positionner ?

(Rq : pour la préparation avant séance, on ne connaît pas encore les focales des lentilles disponibles, ce qui n'empêche pas de faire des schémas, des calculs littéraux, de proposer des valeurs de f' et d'adapter le résultat en séance.)

4.2 Situation B

On repart de la situation précédente. On souhaite obtenir une image encore plus grande : on souhaiterait avoir un grandissement transversal $\gamma \simeq (-5, 0)$. On s'autorise seulement deux choses : on a le droit de déplacer l'écran et d'ajouter une lentille, tous les autres éléments positionnés précédemment restent fixes. Quelle solution pouvez-vous envisager ? La tester.

(Rq : Même remarque que précédemment.)

4.3 Situation C*

Proposez un montage qui simule des rayons provenant d'un objet à l'infini.

Comment pourriez vous tester votre proposition en rajoutant, à votre montage, une lentille de focale connue et un écran ?

(Rq : Ici, pas besoin de connaître la focale pour faire des propositions.)

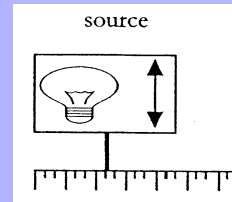
5 Annexe 1 : quelques règles à respecter pour obtenir de belles images en optique



Quelques conseils pour obtenir de belles images !!

- Réglage des sources lumineuses :

Dans le boîtier de la source lumineuse est inclus, après la source, un *condenseur*. Il s'agit d'une lentille convergente de courte focale permettant d'obtenir un faisceau lumineux plus ou moins convergent (voir figure ci-contre). La distance entre la lampe et le condenseur peut être réglée à l'aide d'une manette placée sur le côté du boîtier métallique.



- Eclairement convenable d'un objet :

Il s'agit de faire converger le maximum de lumière sur l'objet en jouant sur la manette de la lampe, l'éclairement au niveau de l'objet devant être le plus uniforme possible sur toute l'étendue de l'objet.

- Consignes pour réaliser un bon montage d'optique :

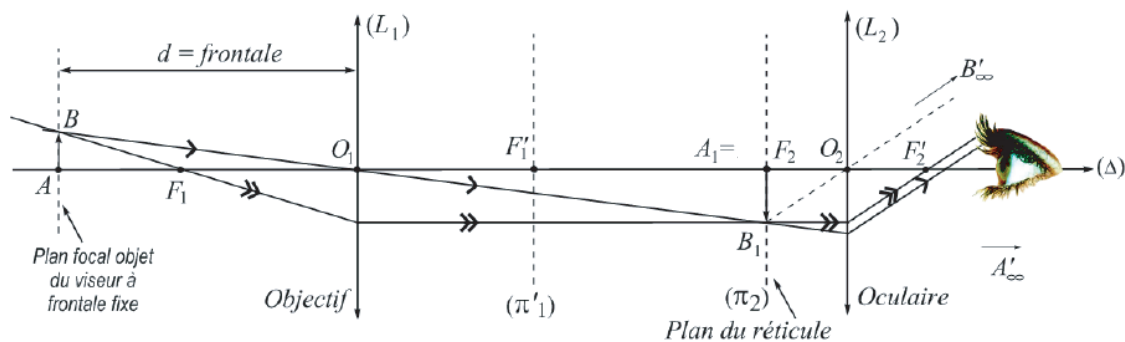
Il faut toujours veiller à bien aligner les différents éléments d'optique sur le banc.

Il faut travailler autant que possible avec le centre des lentilles pour limiter les aberrations géométriques.

6 Annexe 2 : principe de fonctionnement d'un viseur à frontale fixe

Définition :

- Un **viseur** donne une image nette d'un objet à distance finie.
- Sur de nombreux viseurs, la distance d est fixée par construction. On parle alors de **viseur à frontale fixe**. Dans notre cas, nous disposons de viseurs à frontale fixe de focale 150 mm.



Réglage du viseur à frontale fixe :

- Régler l'oculaire afin de voir le réticule sans accommoder.
- Mettre une ou deux feuilles de papier calque avant l'objet pour diminuer l'éclairement.

- La frontale d du viseur étant fixée, la mise au point consiste à déplacer l'ensemble du viseur jusqu'à l'observation, sans accommoder, d'une image $A'B'$ nette : la distance {objet-objectif} est alors égale à la distance de visée d .
- Vérifier que A_1B_1 est bien dans le même plan que le réticule : pour cela, on peut déplacer légèrement la tête verticalement et horizontalement : l'image et le réticule ne doivent pas se déplacer l'un par rapport à l'autre (ils se déplacent en bloc).

Application à la focométrie :

- Réglage du viseur : régler l'oculaire du viseur pour voir le réticule sans accommoder.
- Placer l'objet (lettre F ou diaphragme dont on pourra varier l'ouverture) sur le banc d'optique. Mettre une à deux feuilles de papier calque avant l'objet pour diminuer l'éclairement. Placer le viseur sur le banc d'optique et le déplacer pour pointer l'objet.
- Noter l'abscisse x_1 du viseur qui pointe l'objet.
- Placer la lentille de focale inconnue et déplacer le viseur pour observer la face avant de la lentille (on repère en réalité les imperfections du verre constituant la lentille).
- Noter l'abscisse x_2 correspondante.
- Déplacer à nouveau le viseur pour observer l'image de l'objet à travers la lentille.
- Noter l'abscisse x_3 correspondante.
- On peut alors en déduire $\overline{OA} = x_1 - x_2$ et $\overline{OA'} = x_3 - x_2$.