

# Optique géométrique

## Lentilles, lunette, viseur, collimateur

---

### I- Propriétés des lentilles, objets et images – Constructions géométriques.

Effectuer sur le document annexe la construction géométrique, par une lentille convergente puis divergente, de l'image d'un objet réel puis virtuel, de distance variable par rapport à la lentille. Indiquer dans chaque situation les caractéristiques du grandissement (image droite ou inversée, plus petite ou plus grande que l'objet).

### II- Propriétés des lentilles, objets et images – Aspects expérimentaux.

- 1- On dispose d'un banc d'optique, d'un diaphragme en forme de lettre P (ou F) sur support, rétro éclairé par une lampe blanche, et d'un écran blanc. On dispose également de différentes lentilles de focales connues.
  - Vérifier rapidement les propriétés obtenues précédemment par construction géométrique, dans la configuration *objet réel / image réelle*. L'image est-elle visible à l'œil nu à travers la lentille ?
  - Réaliser une *image virtuelle* à partir d'un *objet réel* et **faire vérifier**. L'image est-elle visible à l'œil nu à travers la lentille ? Est-elle visible sur un écran ? Peut-on mesurer la position de l'image sur le banc ? (On ne demande pas de le faire).
  - Proposer un montage permettant d'éclairer la lentille d'étude par un *objet virtuel* et déterminer expérimentalement la position de l'image. Confronter aux prévisions obtenues par construction géométrique et **faire vérifier**.
- 2- On dispose d'une lentille de focale inconnue.
  - Compte tenu des constructions géométriques faites en préparation, comment déterminer simplement si la lentille inconnue est convergente ou divergente ?

### III- Utilisation d'un viseur à frontale fixe.

On dispose d'un collimateur à réticule et d'un ensemble instrument pouvant servir de lunette ou de viseur à frontale fixe par réglage du tirage de son objectif. Ces instruments (lunette, viseur, collimateur), leur structure (tubes coulissants) et les déplacements à effectuer pour les réglages sont rappelés dans le document annexe « rappels sur les instruments d'optique ».

- Identifier le collimateur et la lunette / viseur.
- Régler l'oculaire de la lunette, puis son objectif en visant un objet situé à grande distance (à l'infini).
- Utiliser la lunette pour régler le collimateur.
- Modifier le tirage de l'objectif de la lunette pour la transformer en viseur à frontale fixe, de frontale environ égale à 40 cm. La valeur exacte de la frontale n'a pas d'importance et pourra être modifiée par la suite si nécessaire (mais pas au milieu d'une mesure évidemment !).

#### Mesure de focale :

Eclairer la lentille de focale inconnue avec le collimateur et utiliser le viseur afin de déterminer la mesure cette focale, assortie de son incertitude-type. On expliquera soigneusement la méthode utilisée. Cette méthode s'adapte-t-elle aussi bien aux lentilles convergentes que divergentes ? **Rendre compte oralement.**

*Remarque* : Il est essentiel d'assurer un bon centrage du système sur le banc (alignement des axes optiques du collimateur et du viseur et du centre optique de la lentille). En outre, pour repérer la position de la lentille, viser les bords de la lentille, puis les poussières ou rayures sur la face de la lentille.

### **Mesure de la position d'une image virtuelle :**

Eclairer la lentille avec la lampe suivie du diaphragme en forme de lettre P (ou F) et réaliser une image virtuelle de cet objet. Utiliser le viseur afin de mesurer la position de cette image. **Rendre compte oralement.**

*Dans le cas où l'image du P est trop lumineuse pour être observée à travers le viseur, intercaler temporairement une feuille de papier (ou mieux, de papier calque) entre la lampe et le diaphragme en P.*

*Remarque* : on dispose d'un autre type de viseur, à frontale très courte et non réglable, et à très faible profondeur de champ. Utiliser ce viseur pour déterminer la focale de la lentille convergente et discuter son intérêt.

# Optique géométrique

## Lentilles, lunette, viseur, collimateur

---

**Matériel:**

- 1 banc d'optique + lanterne + alimentation 6V
- 3 supports de lentille/objet
- 1 écran
- Lentille  $+2\delta$ ,  $+3\delta$ ,  $+8\delta$ ,  $-3\delta$ ,  $-2\delta$
- 1 miroir plan
- 1 lampe de bureau
- 1 collimateur
- 1 lunette de visée/viseur

# Rappels sur les instruments d'optique

*Les figures sont rassemblées à la fin.*

## I- L'instrument d'observation de base : la loupe

### A- Principe.

L'œil humain ne peut distinguer deux points A et B d'un objet étendu que si l'angle sous lequel ces 2 points sont vus est supérieur à une valeur limite  $\varepsilon$  de l'ordre d'une minute d'angle ( $3 \cdot 10^{-4}$  rad).

Pour voir un objet étendu sous un diamètre angulaire élevé, il suffit de rapprocher l'objet de l'œil. Or, notre œil ne peut pas accommoder sur un objet situé à une distance inférieure à  $d \approx 25$  cm, appelée « punctum proximum » de l'œil (déterminez votre propre PP !) : on ne peut donc pas observer un objet AB sous un angle supérieur à  $\alpha \approx AB / d$  (figure 1).

**Conclusion :** si un objet AB est trop petit,  $\alpha$  peut devenir inférieur à  $\varepsilon$  et être donc trop faible pour que l'œil puisse distinguer les points A et B.

De plus, l'accommodation sur un objet proche fatigue l'œil.

Pour observer les détails de petits objets, on utilise donc une LOUPE !

### Loupe = Lentille mince très convergente (de courte focale)

L'objet à observer est placé près de la lentille, entre le foyer objet F et le centre optique O, de façon à obtenir une image virtuelle agrandie qui sera aisément observée par l'œil (cf. cours sur les lentilles).

Le réglage idéal consiste à placer l'objet dans le plan focal objet de la lentille : ainsi, l'image virtuelle est rejetée à l'infini et est observée par l'œil sans accommodation, donc sans fatigue (figure 2).

### B- Grossissement.

Le grossissement de la loupe est défini par :

$$\boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha}}$$

avec  $\alpha'$  : angle sous lequel l'œil voit l'image de l'objet à travers le système.  
 $\alpha$  : angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu quand il est situé au PP.

L'objet étant dans le plan focal objet de la lentille (figure 2), on a :  $\alpha' \approx AB / f'$  ; compte tenu que  $\alpha \approx AB / d$  (figure 1), on a donc :

$$\boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha} \approx \frac{d}{f'}}$$

Ex :  $f' = 2,5$  cm  $\Rightarrow G \approx 10$ .

$G$  est d'autant plus élevé que la lentille est convergente (que  $f'$  est faible) mais, en pratique, on ne peut pas dépasser  $G \approx 20$  car une lentille trop convergente possède des défauts chromatiques et de sphéricité trop importants... D'où des systèmes plus complexes comme les microscopes.

## II- Les instruments d'observation « évolués » : la lunette et le viseur

### A- Rôle, constitution et principe de fonctionnement.

Leur rôle est l'observation sans fatigue par l'œil de l'image d'un objet :

- Situé à l'infini dans le cas de la lunette (voir § 3.)
- Situé à distance finie dans le cas du viseur (voir § 4.)

Ils sont constitués de l'association de deux systèmes optiques appelés l'**objectif** (dirigé vers l'objet à observer) et l'**oculaire** (derrière lequel on positionne son œil), situés de part et d'autre d'une plaque transparente appelée « **réticule** » sur laquelle est imprimée une croix noire ; chacun de ces trois éléments (objectif, réticule, oculaire) est fixé sur un tube mobile, leurs distances relatives étant ainsi réglables en faisant coulisser les tubes les uns dans les autres (*figure 3*).

Principe de fonctionnement :

- L'objectif forme de l'objet une image réelle intermédiaire dans le plan du réticule ;
- Cette image ainsi que la croix du réticule jouent le rôle d'objets pour l'oculaire qui fonctionne sur le même principe que la loupe et en donne donc une image à l'infini observable sans accommodation par l'œil

### B- Constitution et réglage d'un oculaire.

Un oculaire est une **loupe améliorée** : c'est un système fortement convergent (de **courte focale** notée par la suite  $f'_2$ ), formé d'au moins deux lentilles et conçu pour réduire au maximum les aberrations (chromatiques et de sphéricité). Il est identique, sur le principe, pour tous les instruments d'observation (lunette, viseur, mais aussi microscope).

Le réglage consiste à placer le réticule (qui matérialise le plan où se situera l'image intermédiaire de l'objet à observer) dans le plan focal objet de l'oculaire ; pour cela, **on modifie lentement la distance réticule-oculaire jusqu'à voir net le réticule sans accommoder** (en regardant « à l'infini »). C'est le premier réglage à faire lors de l'utilisation de l'instrument.

Attention ! Ne pas accommoder en regardant dans l'instrument demande un effort conscient : il faut essayer de regarder au loin, vers l'infini, et attendre que la croix apparaisse dans le champ de vision grâce au réglage de la distance réticule-oculaire. La tendance naturelle est, au contraire, d'accommoder et de chercher à voir la croix...

Pour que l'instrument puisse être utilisé par les deux membres du binôme ainsi que par votre professeur bien-aimé, vous devez faire ce réglage avec vos lunettes sur le nez, le cas échéant.

### C- La lunette.

#### 1- Rôle, principe de fonctionnement et réglages.

Son rôle est de permettre l'**observation d'un objet très éloigné** (« à l'infini ») **en augmentant son diamètre apparent**, c'est-à-dire l'angle sous lequel il est vu.

Pour cela, l'objectif retenu est un système optique convergent (une ou plusieurs lentilles) de **grande focale**, notée  $f'_1$ . Il suffit alors que le réticule, qui matérialise le plan observé à travers l'oculaire, soit situé dans le plan focal image de l'objectif (*figure 4*).

But des réglages : faire coïncider le réticule, le foyer objet de l'oculaire et le foyer image de l'objectif.

- Régler d'abord la distance réticule – oculaire comme indiqué au § 2. (la croix du réticule doit être vue nette sans accommoder).
- Viser ensuite un objet très éloigné et **régler la distance entre l'objectif et l'ensemble réticule-oculaire de façon à voir l'image de cet objet nette dans le même plan que la croix** : concrètement, on doit voir la croix et l'image nettes simultanément, sans qu'elles se déplacent

l'une par rapport à l'autre lorsqu'on déplace l'œil latéralement derrière l'oculaire (réglage par parallaxe).

*Remarque* : une lunette est donc un système afocal.

## 2- Cas particulier d'un réglage par autocollimation.

Une lunette autocollimatrice (*figure 5*) comporte en plus, par rapport à une lunette standard, une source lumineuse incorporée S et une lame semi réfléchissante G que l'on peut incliner à 45° sur l'axe optique (position 1 ; le réticule est alors éclairé) ou rabattre (position 2).

L'oculaire se règle comme pour une lunette standard, puis on règle l'objectif par **autocollimation** : c'est une méthode très précise pour régler la lunette « à l'infini » dont le principe est le même qu'en focométrie pour mesurer la distance focale d'une lentille :

- On place devant la lunette un miroir plan (on peut également utiliser une face du prisme comme « miroir ») et on bascule G en position 1 de façon que le réticule R soit éclairé ; celui-ci joue alors le rôle d'objet pour l'objectif et, s'il se trouve bien au foyer de l'objectif (lunette réglée à l'infini), il sort de la lunette un faisceau parallèle (*figure 6*) ; ce faisceau se réfléchit sur le miroir en un faisceau parallèle qui entre dans la lunette et converge au foyer de l'objectif, c'est-à-dire dans le plan du réticule R : l'objet R et son image sont donc dans le même plan.
- Le réglage consiste donc à ajuster le tirage objectif - réticule de façon à voir nettement l'image du réticule.

## 3- Grossissement.

Le grossissement de la lunette est défini par :

$$\boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha}} \quad \text{avec} \quad \alpha' : \text{angle sous lequel l'œil voit l'image de l'objet à travers le système.}$$

$$\alpha : \text{angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu (il est alors à l'infini).}$$

Orientons ces angles ; l'image intermédiaire A'B' est (cf. *figure 4*) :

- dans le plan focal image de l'objectif, donc :  $\alpha \approx + A'B' / f'_1$  ;
- dans le plan focal objet de l'oculaire, donc :  $\alpha' \approx - A'B' / f'_2$  ;

$$\Rightarrow \boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha} = - \frac{f'_1}{f'_2}} \quad G < 0 \ \& \ |G| > 1 : \text{l'image est renversée et angulairement agrandie.}$$

Spécifications : la lunette est caractérisée par deux nombres donnés sous la forme 10 × 20, ce qui signifie : |G| = 10 & diamètre de la pupille d'entrée = 20 mm.

## D- Le viseur.

### 1- Rôle, principe de fonctionnement et réglages.

Son rôle est **l'observation d'un objet proche dans le but de pointer précisément sa position.**

Pour cela, l'objectif est un système optique convergent dont la distance au réticule a été préréglée de façon que seul un objet à une distance  $d$  précise de l'objectif donne une image réelle située dans le plan du réticule et soit ainsi vu net par l'observateur (*figure 7*). Cette distance  $d$  s'appelle la **frontale** du viseur.

Dans certains cas, la distance objectif-réticule ne peut pas être modifiée et la frontale n'est pas réglable : on parle d'un « viseur à frontale fixe » ; le seul réglage à faire est donc celui de la distance réticule-oculaire, comme indiqué au § 2. (la croix du réticule doit être vue nette sans accommoder).

Dans d'autres cas, la distance objectif-réticule, et donc la frontale, sont réglables : la frontale augmente lorsqu'on diminue la distance objectif-réticule. D'ailleurs lorsque celle-ci atteint la focale de l'objectif, la frontale tend vers l'infini et le viseur se comporte en lunette !

## 2- Utilisation.

Pour pointer un objet, c'est-à-dire repérer sa position, on déplace l'ensemble du viseur sur le banc d'optique jusqu'à voir son image nette dans l'oculaire (superposée à celle de la croix du réticule).

Si l'on connaît la valeur de la frontale  $d$ , on est alors en mesure de dire où l'objet se trouve (en évaluant la position de l'objectif le long du banc...). Malheureusement la frontale n'est connue que grossièrement et l'utilisation du viseur est alors à la fois grossière et fastidieuse.

- **UTILISATION PRATIQUE DU VISEUR** : on n'a pas à connaître précisément la frontale car on ne mesure en général que des distances entre deux objets : on pointe successivement les deux objets et on note les positions correspondantes du viseur ; la distance entre les deux objets est aussi la distance mesurée entre les deux positions du viseur (*figure 8*) !

## IV- Le collimateur

### A- Rôle, constitution et principe de fonctionnement.

Son rôle est de « **réaliser un objet à l'infini** » à partir d'une source de lumière à distance finie. Concrètement, si on place une source ponctuelle à l'entrée du collimateur, on récupère en sortie un faisceau de lumière parallèle : tout se passe comme si la source avait été rejetée à l'infini.

Il est constitué de deux tubes mobiles comportant respectivement une fente de largeur réglable (derrière laquelle on placera la source de lumière) et un objectif achromatique (*figure 9*).

Principe de fonctionnement : la fente, rétro-éclairée par la source, joue le rôle d'objet ; elle est **placée au foyer objet de l'objectif** et son image est donc rejetée à l'infini. Cette image joue alors le rôle d'objet à l'infini pour le reste du montage.

Sur certains collimateurs, la fente est remplacée par une plaque transparente marquée d'une croix (type réticule, *figure 10*) ; parfois, la source de lumière est alors incorporée au collimateur.

### B- Réglage.

But du réglage : faire coïncider la fente (ou la croix du réticule) avec le foyer objet de l'objectif.

- Eclairer la fente / le réticule avec une source lumineuse et observer le faisceau émergent avec une lunette **préalablement réglée (sur l'infini)**.
- Régler la distance fente-objectif du collimateur jusqu'à voir nette l'image de la fente / du réticule dans la lunette : on a alors bien un faisceau de lumière parallèle entre le collimateur et la lunette (*figure 11*).

FIGURES

Figure 1 : Observation directe d'un objet.

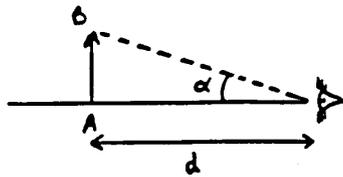


Figure 2 : Utilisation d'une loupe.

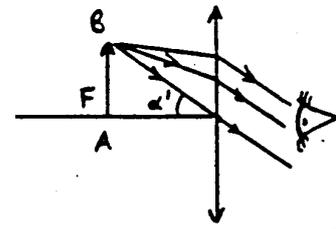


Figure 3 : Constitution d'une lunette / d'un viseur.

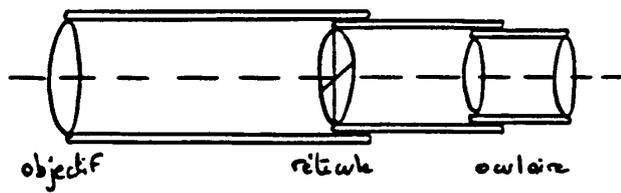


Figure 4 : Observation à travers une lunette.

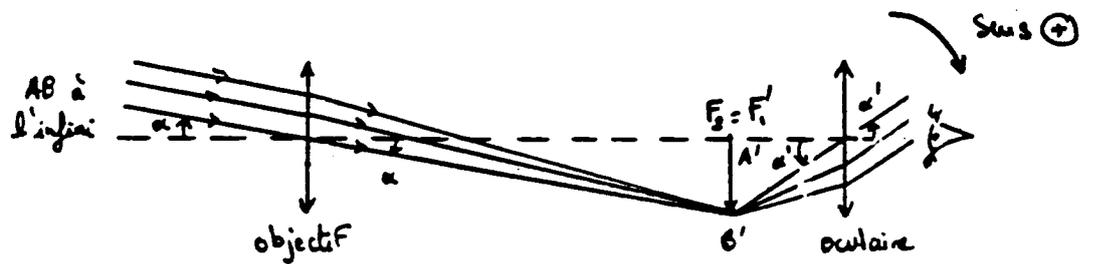


Figure 5 : Lunette autocollimatrice.

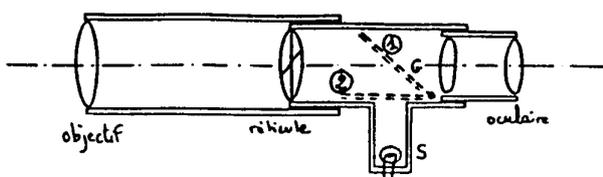


Figure 6 : Principe de l'autocollimation.

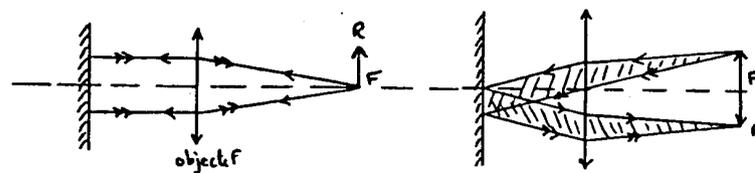


Figure 7 : Observation à travers un viseur.

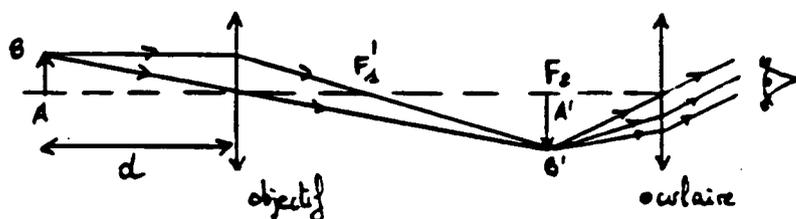


Figure 8 : Utilisation d'un viseur.

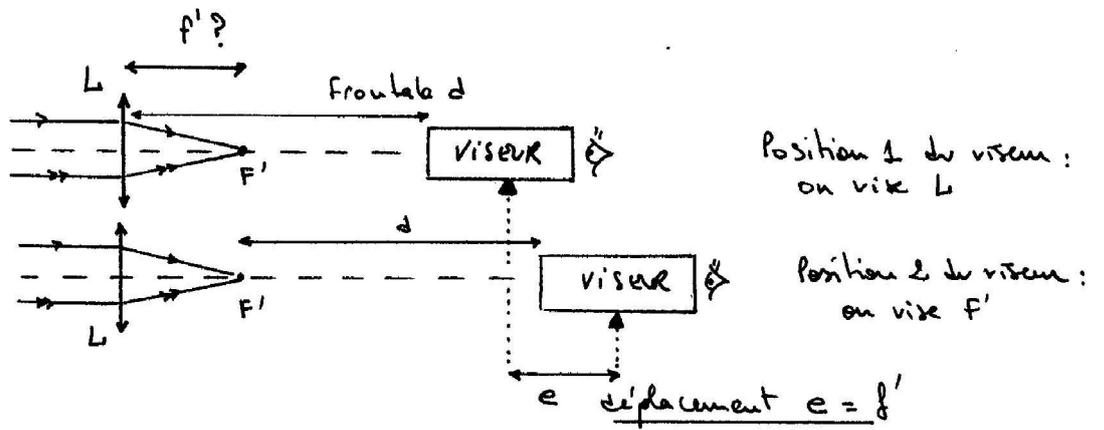


Figure 9 : Constitution d'un collimateur à fente.

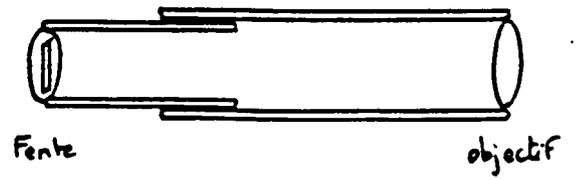


Figure 10 : Collimateur à réticule.

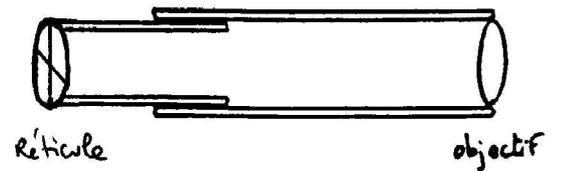


Figure 11 : Réglage du collimateur à l'aide de la lunette.

