

Le but de ce TP est dans un premier temps de revoir quelques notions fondamentales d'optique géométrique que l'on appliquera par la suite à un microscope optique réel.

1 Rappels d'optique géométrique

1.1 Définition du grandissement angulaire ou grossissement

Dans le schéma expérimental ci-dessous, on utilise une seule lentille mince comme une loupe, c'est-à-dire avec l'objet (AB) positionné sur le foyer objet F afin d'obtenir une image à l'infini pour une observation confortable à l'oeil (attention de toujours mettre un filtre anticalorique après la lampe blanche) :

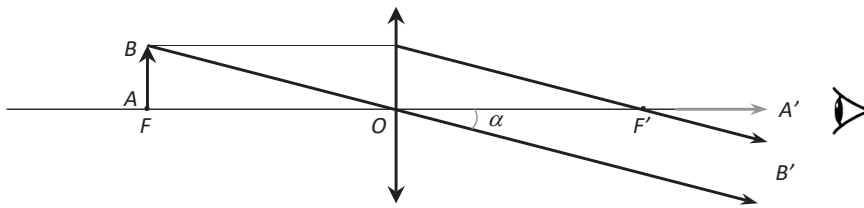


Fig. 1 – Lentille convergente simple utilisée comme une loupe

Lorsqu'une configuration optique fait intervenir une image ou un objet à l'infini, on ne peut bien sûr pas définir de grandissement transverse $G_t = A'B'/AB$. On définira alors dans ce cas le grandissement angulaire ou grossissement noté G faisant intervenir un rapport d'angle :

$$G = \frac{\alpha \text{ (angle sous lequel est vu l'objet à travers l'instrument)}}{\theta \text{ (angle sous lequel est vu l'objet à l'oeil nu à } d_m = 25\text{cm)}}$$

La convention internationale pose $d_m = 25\text{cm}$, qui représente la distance minimum (*Punctum Proximum*) en dessous de laquelle l'oeil ne peut plus accommoder et donc pour laquelle l'objet est vu le plus *gros* possible à l'oeil nu. On parlera de grossissement *conventionnel* avec l'angle θ déterminé par le calcul :

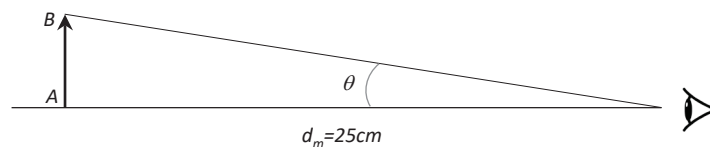


Fig. 2 – Distance minimum pour observer un objet à l'oeil nu (*Punctum Proximum*)

L'oeil n'étant sensible qu'au diamètre apparent des objets, le grossissement G correspond aussi au rapport des tailles des images vues sur la rétine. Dans le cas du microscope, avec une observation à l'oeil, les angles α et θ seront considérés comme petit.

1.2 Mesure d'un angle à l'aide d'un oeil fictif

Une technique simple pour mesurer l'angle α est de fabriquer un *oeil fictif* constitué d'une lentille convergente et d'un écran placé à la distance focale de cette même lentille :

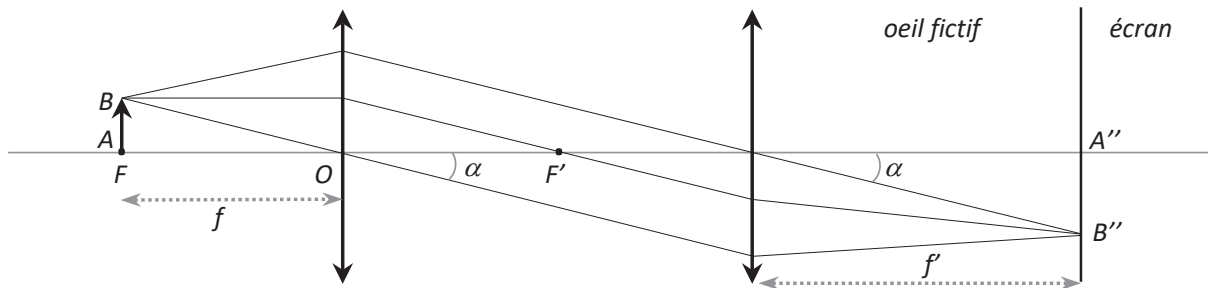


Fig. 3 – Mesure de l'angle α à l'aide d'un oeil fictif

- Par une méthode de votre choix placer l'objet dans le foyer objet de la première lentille. Régler l'oeil fictif à votre disposition de manière à observer une image nette, bien éclairée et entière de l'objet (pour une meilleure précision il est conseillé de choisir une lentille d'assez grande focale pour fabriquer votre oeil fictif).
- Mesurer expérimentalement l'angle α et calculer l'angle θ de manière à déterminer le grossissement conventionnel de la loupe $G_{\text{expérimental}} = \alpha/\theta$. Comparer avec la valeur théorique donnée par la formule $G_{\text{théorique}} = d_m/f$ que l'on redémontrera.

1.3 Fabrication d'un microscope simplifié avec deux lentilles convergentes

Dans un premier temps, pour nous familiariser avec le microscope, nous allons en fabriquer un, simplement avec deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 . La lentille L_1 , la plus proche de l'objet sera nommée **objectif**, et la lentille L_2 , la plus proche de l'oeil sera nommée **oculaire**.

- Faire l'image d'un objet à l'aide de la première lentille (objectif). Repérer la position de l'image.
- Comment doit-on placer la deuxième lentille (oculaire) pour obtenir une image finale à l'infini ?
Schéma des rayons lumineux.
- Une convention internationale fixe ce que l'on appelle l'intervalle optique $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$. A quoi cela sert-il ? Déterminer la valeur de cet intervalle sur votre montage.
- Mesurer expérimentalement le grandissement G_t de l'objectif, le grossissement G_0 de l'oculaire, ainsi que le grossissement total du microscope simplifié $G_{\text{microscope}}$ en gardant toujours Δ fixé.
- Redémontrer la formule du grossissement conventionnel total d'un microscope :

$$G_{\text{microscope}} = G_t G_0$$

- Application numérique.

2 Le microscope réel

Pour comprendre le fonctionnement d'un microscope réel, nous en avons mis un sur un banc d'optique :

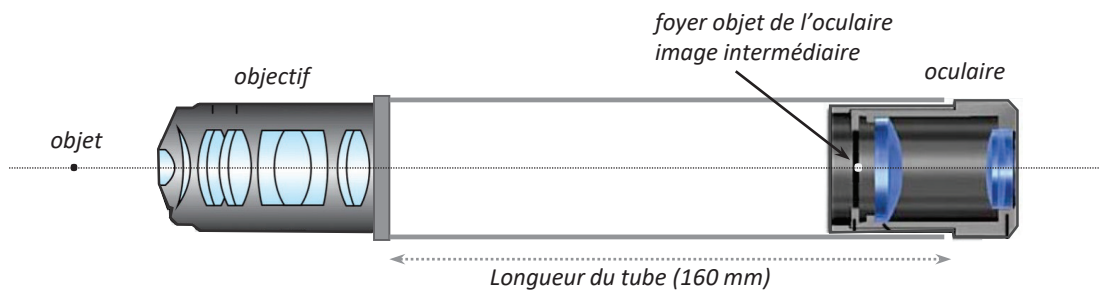


Fig. 4 – Microscope réel

2.1 Mesure de grandissement et de grossissement

- Visualiser une mire graduée placée sur la platine réglable du microscope (mettre un filtre anticalorique juste après la lampe blanche, attention de ne pas s'éblouir). A quel distance de l'oculaire doit-on mettre l'oeil pour une observation optimale ? Notion (qualitative) de cercle oculaire ou de pupille de sortie.
- Placer une lentille convergente d'assez grande focale en sortie du microscope de façon à visualiser l'image nette de la mire sur un écran (fabrication d'un oeil fictif).
- Mesurer expérimentalement le grandissement G_t de l'objectif, le grossissement G_0 de l'oculaire, ainsi que le grossissement total du microscope $G_{microscope}$. Comparer avec la valeur donnée par le fabricant. Précision.

2.2 Mesure de l'ouverture numérique

L'ouverture numérique ($ON = n \sin\theta$) est un paramètre important du microscope qui permet entre autre d'avoir une indication sur la limite de résolution de l'appareil ($LR = 0.61\lambda/ON$). La mesure de l'angle θ peut s'effectuer simplement en injectant un faisceau de lumière parallèle du côté de l'oculaire et en mesurant l'angle du cône de lumière émergeant de l'objectif (principe du retour inverse de la lumière) :

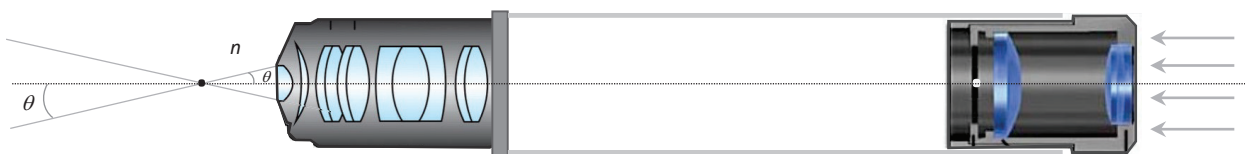


Fig. 5 – Ouverture numérique $ON = n \sin\theta$

- Mesurer l'angle θ et en déduire la valeur de l'ouverture numérique ON (on prendra $n = 1$ l'indice de l'air). Comparer avec la valeur gravée sur l'objectif.

2.3 Mesure de la taille d'objets microscopiques

La mesure d'objets microscopiques s'effectuera en regardant directement à l'oeil dans le microscope (prendre soin de décaler la source lumineuse pour ne pas s'éblouir). On se servira de la graduation présente sur le foyer objet de l'oculaire pour mesurer la taille des objets suivants :

- réseau de 100 traits/mm, cheveu, taille d'un pixel de l'écran de votre smartphone

