

TP de Physique n°6 : Instruments d'optique : lunette, viseur, microscope

Objectifs :

- Fabriquer une lunette astronomique (ou une lunette terrestre) rudimentaire en utilisant deux lentilles.
- Apprendre à utiliser un viseur à frontale réglable pour faire des mesures précises de distances sur banc d'optique.
- Se familiariser avec le fonctionnement de l'œil en utilisant un « œil fictif » : lentille convergente (cristallin) avec un écran (rétine) placé au niveau du plan focal. Possibilité de rajouter une deuxième lentille convergente pour modéliser le processus d'accommodation.
- Mieux comprendre comment fonctionne un microscope en en construisant un sur le banc d'optique et en mesurant ses caractéristiques (grossissement commercial, etc).

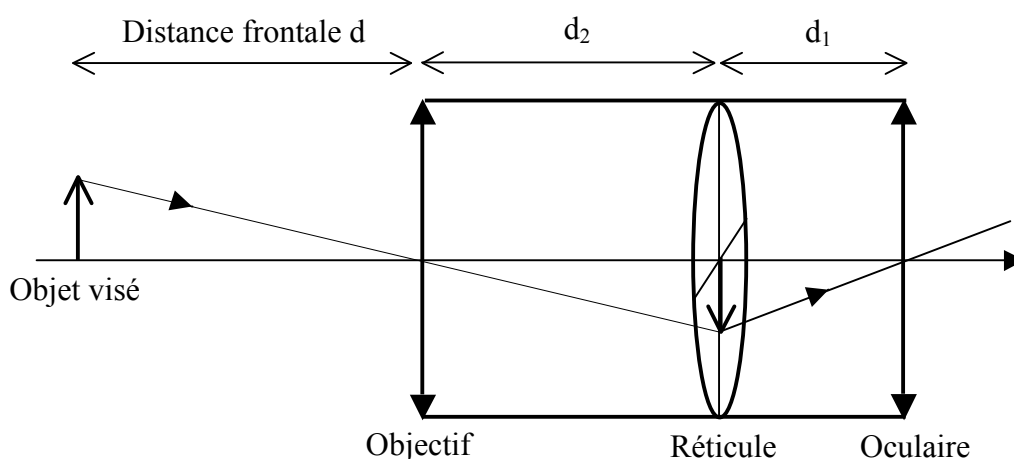
I Lunette astronomique et lunette terrestre :

- À l'aide de deux lentilles de votre choix, de la barre métallique et des noix de serrage, fabriquez une lunette astronomique rudimentaire (vous indiquerez quelles lentilles vous utilisez et comment vous les positionnez). Utilisez votre lunette pour observer des objets lointains (en regardant par la fenêtre de la salle de TP ou du couloir). La valeur théorique du grossissement de votre système (que vous calculerez) est-elle cohérente avec vos observations ? Observez-vous des aberrations (géométriques ou chromatiques) ?
- Réalisez à présent une lunette terrestre (vous indiquerez quelles lentilles vous utilisez et comment vous les positionnez). Observez à nouveau un objet lointain (à travers la fenêtre) et décrivez ce que vous observez. Faites une construction géométrique pour expliquer le fonctionnement de cette lunette (vous ferez ça quand vous aurez terminé le TP).

II Le viseur :

1) Principe de fonctionnement :

Le viseur est un système optique constitué d'un objectif, d'un « réticule » (en général une croix ou une graduation) et d'un oculaire :



Quand le viseur est bien réglé, on doit voir le réticule de manière nette à travers l'oculaire.

Les objets situés à la distance d de l'objectif (appelée « distance frontale » ou « distance de visée »), donnent une image intermédiaire sur le plan du réticule, et donc on les verra nets en même temps que le réticule. L'intérêt du viseur est donc de savoir que les objets que l'on voit nets sont tous situés à la même distance d de l'objectif.

« Viser » ou « pointer » un objet consiste à positionner l'instrument de manière à former l'image intermédiaire de cet objet dans le plan réticulaire.

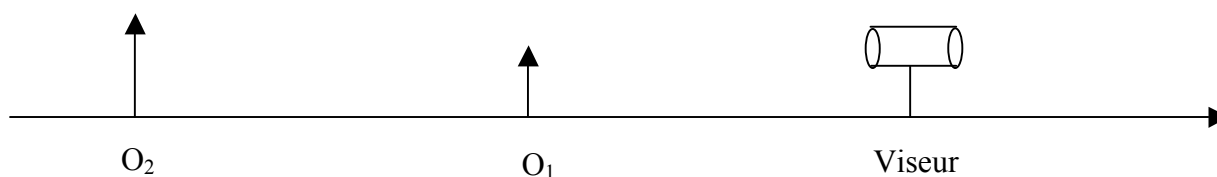
2) Réglage :

- Pour un viseur à « frontale fixe » (c'est à dire pour lequel la distance d n'est pas réglable), le seul réglage à effectuer est celui de l'oculaire : à l'aide d'une molette, faites varier la distance d_1 entre l'oculaire et le réticule de manière à voir le réticule net. Si vous portez des lunettes, pour plus de confort, faites ce réglage sans vos lunettes (mais, dans ce cas, votre binôme, qui n'a pas la même vue que vous, devra refaire le réglage quand il utilisera le viseur).

- Nous disposons de viseurs à frontale réglable, c'est à dire que nous pouvons choisir la distance frontale (ou distance de visée) d en réglant la distance d_2 entre l'objectif et le réticule à l'aide d'une deuxième molette. Réglez votre viseur de manière à ce que les objets visés soient situés à une trentaine de centimètres de l'objectif.

3) Utilisation : mesure précise de distances :

L'intérêt du viseur est de pouvoir mesurer précisément la distance entre deux objets le long de l'axe optique. Pour cela, on n'a même pas à connaître la distance frontale d du viseur.



Pour mesurer précisément la distance O_1O_2 à l'aide du viseur, il suffit :

- de viser O_1 et de noter alors la position x_1 du viseur
- puis de bouger le viseur jusqu'à ce qu'on vise O_2 et de noter alors la position x_2 du viseur

La distance O_1O_2 est alors égale à la distance dont on a déplacé le viseur, c'est à dire $x_2 - x_1$. On voit que la distance frontale d n'intervient nulle part, on utilise seulement le fait qu'elle n'a pas changé entre les deux pointés (il est donc essentiel de ne pas la modifier au cours de la mesure).

4) Application : mesure directe de la distance focale d'une lentille divergente :

On a vu, lors du TP précédent de focométrie, qu'il est assez délicat de mesurer la distance focale d'une lentille divergente, car celle ci donne toujours une image virtuelle d'un objet réel (elle peut donner une image réelle, mais il faut alors que l'objet soit virtuel).

Ceci n'est pas du tout un problème si on utilise un viseur car celui ci permet de viser des objets/images virtuels aussi bien que réels.

Choisissez une des lentilles divergentes à votre disposition. Vous utiliserez comme objet une lettre F ou une diapositive avec du papier millimétré dessus. Mettez du papier calque derrière l'objet pour ne pas être trop ébloui).

Pointez successivement l'image virtuelle $A'B'$, la lentille divergente (O) puis l'objet AB (pour pointer l'objet, vous devez enlever la lentille !), déduisez-en $\overline{OA'}$ et $\overline{OA}$, puis la focale f grâce à la relation de conjugaison de Descartes.

Afin de faire une évaluation statistique de l'incertitude-type (évaluation de type A), répétez l'opération une dizaine de fois, en faisant varier à chaque fois la distance lentille – objet (idée : pour varier et avoir plus de précision, vous pouvez aussi créer des objets virtuels à l'aide d'une lentille convergente, ce qui vous permettra d'avoir des valeurs de $\overline{OA}$ positives). Faire environ 5 mesures par chaque membre du binôme.

Donner votre résultat (valeur de f) avec un intervalle de confiance à 95%. La valeur indiquée par le constructeur appartient-elle à l'intervalle de confiance ?

III Oeil fictif et microscope :

1) L'œil fictif :

Vous disposez d'un « œil fictif », constitué d'un tube à une extrémité duquel se situe une lentille convergente (cristallin) et à l'autre une feuille de papier calque (rétine). On peut visser une deuxième lentille convergente devant le cristallin pour modéliser le processus d'accommodation.

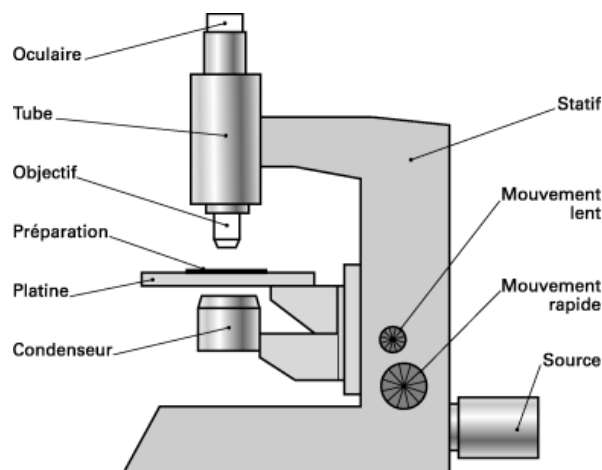
Dans un œil réel, comment l'accommodation s'effectue-t-elle ?

Vérifier, en expliquant la méthode, que le PR de l'œil fictif est à l'infini, puis déterminer la position du PP de l'œil fictif.

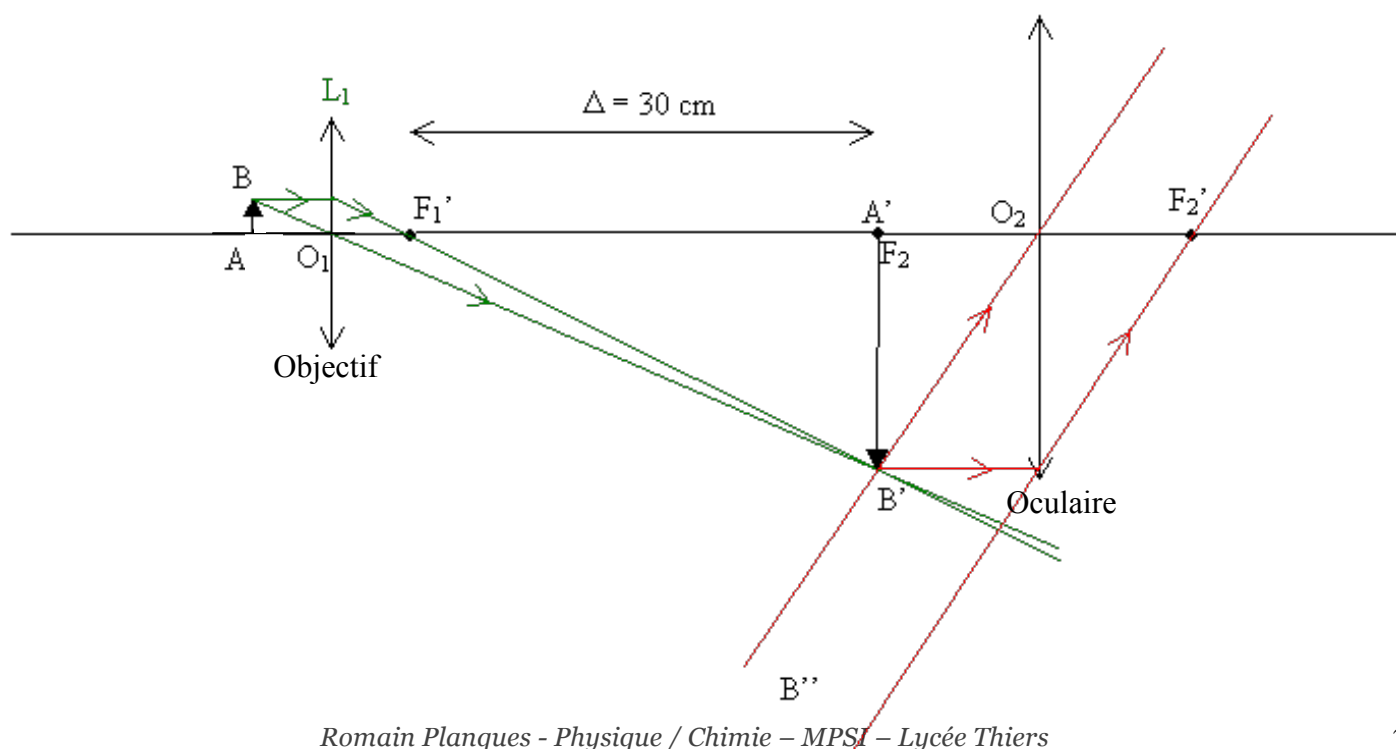
2) Le microscope :

Un microscope est constitué d'un objectif de très faible distance focale (en général quelques mm) qui donne de l'objet une image réelle agrandie. Cette image sert d'objet pour l'oculaire, qui agit comme une loupe. L'image finale est à l'infini pour permettre une observation sans fatigue pour un œil normal.

Le système n'est pas afocal, donc le foyer image F_1' de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire ne coïncident pas. La distance sépare ces deux foyers s'appelle l'intervalle optique $\Delta = \overline{F_1'F_2}$. La distance objectif – oculaire est fixe. La seule distance réglable est celle entre l'objet et l'objectif (c'est cette distance que l'on varie quand on fait la mise au point).



Sur le banc d'optique, on modélisera l'objectif par une lentille convergente L_1 de focale $f_1' = 50 \text{ mm}$ et l'oculaire par une lentille convergente L_2 de focale $f_2' = 200 \text{ mm}$. On prendra comme intervalle optique $\Delta = 300 \text{ mm}$.



Réaliser ce montage en maintenant constante la distance objectif – oculaire par l'utilisation d'une tige fixée par deux noix. L'objet sera un quadrillage millimétré éclairé par la lampe. Placez à la suite de votre montage l'œil fictif réglé pour une observation à l'infini.

a) Mise au point :

- Faire varier la position du microscope par rapport à l'objet de façon à voir nettement l'image sur la rétine simulée. Mesurer alors la distance x entre l'objet et l'objectif. Comparez à la valeur théorique de x , que vous calculerez.

- Vérifiez, en plaçant momentanément un écran entre l'objectif et l'oculaire, que la position de l'image intermédiaire correspond bien à celle attendue.

b) Grossissement : Mesurez la dimension de l'image qui se forme sur la rétine, puis la dimension de l'image qui se forme quand l'œil regarde directement l'objet (sans le microscope) en accommodant. En déduire le grossissement commercial G_c du microscope. Ici aussi, comparez à la valeur théorique, que vous calculerez.

c) Latitude de mise au point :

- Placez l'œil fictif (qui n'accommode pas) juste après l'oculaire. Placez l'objet de façon à ce que l'image soit nette sur la rétine et noter alors la position de l'objet.

- Rajouter sur l'œil la lentille qui permet de modéliser l'accommodation, puis déplacer l'objet de façon à ce que l'image soit à nouveau nette sur la rétine. Noter la nouvelle position de l'objet.

- En déduire la « latitude de mise au point », c'est à dire la largeur de l'intervalle de positions de l'objet qui va permettre de voir nettement à travers le microscope, en accommodant si besoin est.

d) Cercle oculaire :

Par définition on appelle « cercle oculaire » l'image de la monture de l'objectif (i.e. du « contour » de l'objectif) par l'oculaire. En pratique c'est à cet endroit qu'il faut placer son œil pour une observation optimale à travers le microscope (c'est là que l'image est la plus lumineuse et que le champ de vision est le plus grand).

- Retirer l'œil fictif et atténuer la source lumineuse. Placer votre œil juste derrière l'oculaire. On constate que le champ de vision est restreint, qu'il dépend de la position de l'œil par rapport à l'axe optique et qu'il n'est pas uniformément éclairé. Reculez l'œil jusqu'à ce que le champ soit optimal. A cette position correspond le cercle oculaire.

- Notez la distance d_c entre l'objectif et le cercle oculaire. Comparez cette valeur mesurée à la valeur théorique de d_c , que vous calculerez en utilisant le fait que le cercle oculaire est l'image de la bordure de l'objectif par l'oculaire.