

OPTIQUE 4 :

Notions sur les instruments d'optique

École Centrale Pékin

Année 3

Table des matières

3	Étude d'une loupe	2
3.1	Définition et construction fondamentale	2
3.2	Latitude de mise au point, profondeur de champ, puissance, grossissement	2
4	Étude d'un oculaire	3
4.1	Définition d'un oculaire et avantages par rapport à la loupe	3
4.2	Oculaire doublet micrométrique	4
5	Étude d'une lunette astronomique	4
5.1	Constitution d'une lunette astronomique	4
5.2	Caractéristique de la lunette astronomique	5

3 Étude d'une loupe

3.1 Définition et construction fondamentale

Définition : Une **loupe** est une lentille mince convergente dont la focale dans l'air est typiquement de quelques centimètres (dont la vergence est par conséquent de quelques dizaines de dioptries). On l'utilise associée à l'œil pour regarder un **objet réel placé entre le centre optique de la loupe et son foyer principal objet**



La construction fondamentale de l'image d'un objet à travers une loupe est illustrée ci-dessous.

On obtient alors une **image virtuelle, droite, agrandie linéairement**. La pupille de l'œil limitée par l'iris définit alors le faisceau lumineux issu de B entrant dans l'œil.

3.2 Latitude de mise au point, profondeur de champ, puissance, grossissement

Considérons une loupe dans l'air de vergence $V = 20 \delta$ soit une distance focale image $f' = 5 \text{ cm}$. On suppose l'œil normal placé au foyer image F' de la loupe et que les conditions sont nominales.

3.2.1 Latitude de mise au point et profondeur de champ

• Image du PR par la loupe :

Le PR de l'œil normal est situé à l'infini. L'antécédent du PR par la loupe est donc le foyer principal objet F .

• **Image du PP par la loupe :**

Le PP de l'œil normal est situé à la distance $d_m = 25$ cm devant l'œil. Avec la formule de conjugaison de Newton, nous calculons la position de l'antécédent du PP , soit A_{PP} :

$$\overline{F'PP} \cdot \overline{FA_{PP}} = ff' \quad \text{soit} \quad \overline{FA_{PP}} = \frac{ff'}{\overline{F'PP}} = \frac{f'^2}{d_m} = 1 \text{ cm}$$

• **Profondeur de champ :**

La profondeur de champ est mesurée par la distance entre A_{PR} et A_{PP} , soit la distance $\overline{FA_{APP}} = 1$ cm

3.2.2 Puissance intrinsèque et grossissement commercial

• **Puissance intrinsèque :** Les conditions sont nominales, donc $A'B'$ est à l'infini, donc A coïncide avec F . Quelque soit l'endroit où on place l'œil, on voit $A'B'$ sous l'angle α' :

$$\alpha' = \tan \alpha' = \frac{\overline{AB}}{\overline{FC}} = \frac{\overline{AB}}{f'}$$

de sorte que la puissance intrinsèque P_i vaut

$$P_i = \left| \frac{\alpha'}{\overline{AB}} \right| = |V| = \frac{1}{|f'|} = 20 \delta$$

• **Grossissement commercial :** Le grossissement commercial G_c vaut alors :


$$G_c = \left| \frac{\alpha'}{\alpha_m} \right| = \left| \frac{\alpha'}{\overline{AB}} \right| d_m = P_i d_m = 5$$

La loupe grossit commercialement 5 fois.

4 Étude d'un oculaire

4.1 Définition d'un oculaire et avantages par rapport à la loupe

Définition : Un **oculaire** est le dernier élément des instruments d'optique subjectifs contre lequel on place l'œil. Il permet de former une image intermédiaire virtuelle agrandie regardable par l'œil (comme une loupe) à partir de l'image formé par l'objectif de l'instrument. Il peut être constitué d'une ou plusieurs lentilles (souvent deux lentilles minces centrées).

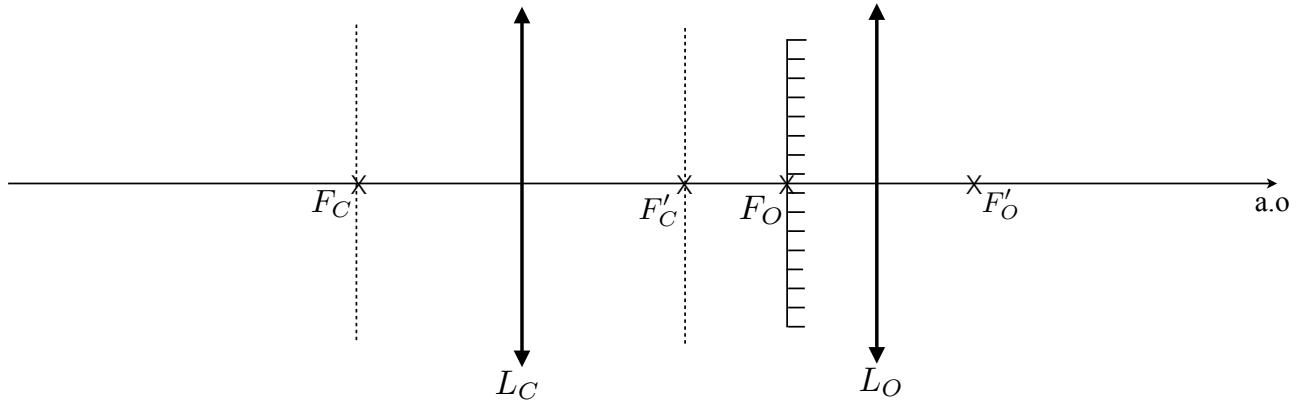


Les avantages de l'oculaire par rapport à la loupe simple sont les suivants :

- il est mieux corrigé de ses écarts aux conditions de Gauss qui déforment les images : on dit qu'il y a moins d'aberrations géométriques (moins de distorsion qui tordent les images).
- il est mieux corrigé des variations d'indice de ses verres avec la longueur d'onde : on dit qu'il y a moins d'aberrations chromatiques qui colorent les images différemment des objets.
- on peut voir à travers l'oculaire une région de l'espace de taille plus grande que celle de la région vue avec une loupe de même puissance : on dit que le champ d'observation est plus grand.

4.2 Oculaire doublet micrométrique

L'oculaire doublet est formé de deux lentilles minces, la plus proche de l'œil est la lentille d'œil L_O , la plus éloignée de l'œil, la lentille de champ L_C . Par construction, le foyer objet F_{OC} de l'oculaire a pour image par la lentille de champ L_C le foyer objet F_O de la lentille d'œil. Une réglette finement graduée, qu'on appelle micromètre, est placée dans le plan focal objet $\Pi(F_O)$ de la lentille d'œil. L'oculaire ainsi constitué est alors appelé un **oculaire micrométrique**.



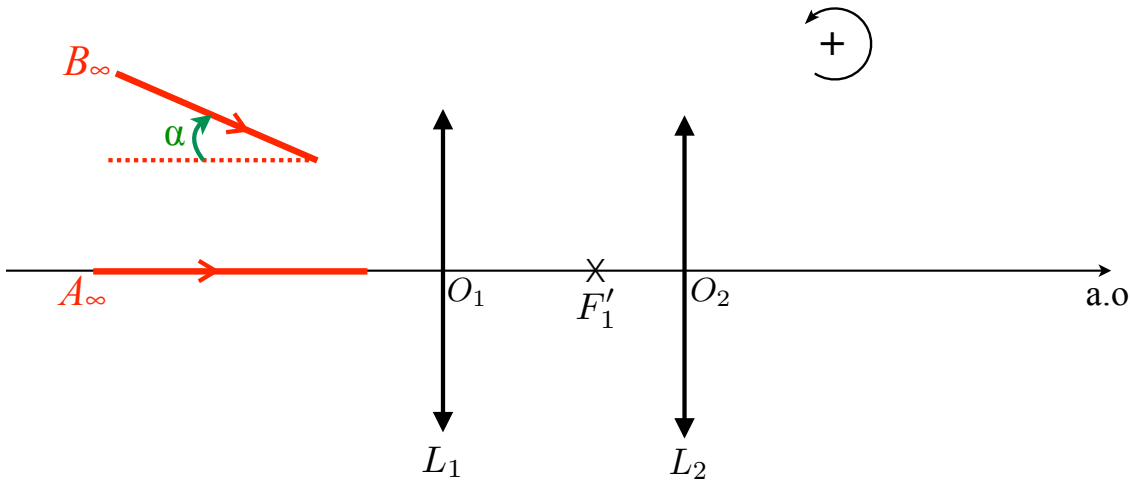
Le micromètre sera vu net sans fatigue d'accommodation par un œil normal en même temps que le plan focal objet de l'oculaire.

5 Étude d'une lunette astronomique

On souhaite observer un objet à l'infini, par exemple la Lune, de façon confortable, c'est-à-dire que l'on souhaite former une image à l'infini d'un objet à l'infini. Pour cela, on utilise une **lunette astronomique** qui sera étudiée en détail en TP. On ne donnera ici que les informations principales.

5.1 Constitution d'une lunette astronomique

Un système optique qui conjugue un plan objet à l'infini avec un plan image à l'infini est dit **afocal**. On a vu qu'un objet à l'infini a une image au plan focal image d'une lentille mince. On ne peut donc pas réaliser une lunette astronomique avec une seule lentille, **il faut au moins utiliser deux lentilles formant un doublet afocal**. Nous allons étudier le cas simple d'une lunette constituée de deux lentilles convergentes constituant l'**objectif** L_1 et l'**oculaire** L_2 .



5.2 Caractéristique de la lunette astronomique

• **Grossissement** : L'objet à l'infini est observé sous l'angle α sans la lunette et α' à travers la lunette. On peut alors définir le grossissement G de la lunette dans les conditions de Gauss :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{f'_1}{f'_2}$$

avec f'_1 et f'_2 respectivement les distances focales images des lentilles L_1 et L_2 .

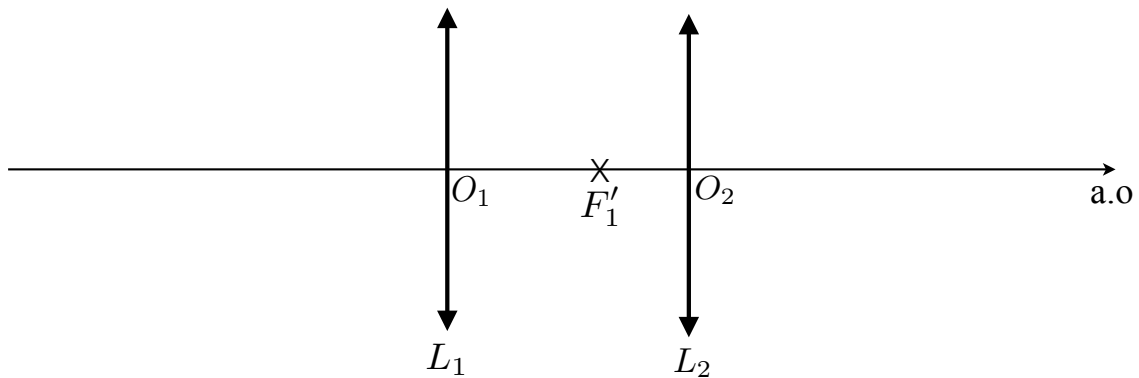
Démonstration. □

Pour avoir un grossissement le plus grand possible, il faut que la distance focale de l'objectif soit plus grande que celle de l'oculaire. Ce grossissement est négatif (les angles α et α' sont orientés dans des sens différents) : l'image est donc renversée.

• **Cercle oculaire** : La quantité de lumière incidente est limitée par la taille de l'objectif.

Définition : Le **cercle oculaire** est l'image du contour de l'objectif L_1 par l'ensemble. C'est le lieu de convergence de tous les rayons passant à travers l'objectif. C'est également l'endroit où le faisceau émergent de l'oculaire possède une section minimale.

Ainsi, le cercle oculaire est l'endroit où le champ d'observation de l'image est maximum : c'est la meilleure position pour placer l'œil de l'observateur. Pour la lunette astronomique, le cercle oculaire se situe quasiment dans le plan focal image de l'oculaire.



Le diamètre d du cercle oculaire dépend du diamètre D de l'objectif et du grossissement G :

$$d = \frac{D}{|G|}$$

Démonstration.

□