

Modélisation de la lunette astronomique : la lunette afocale

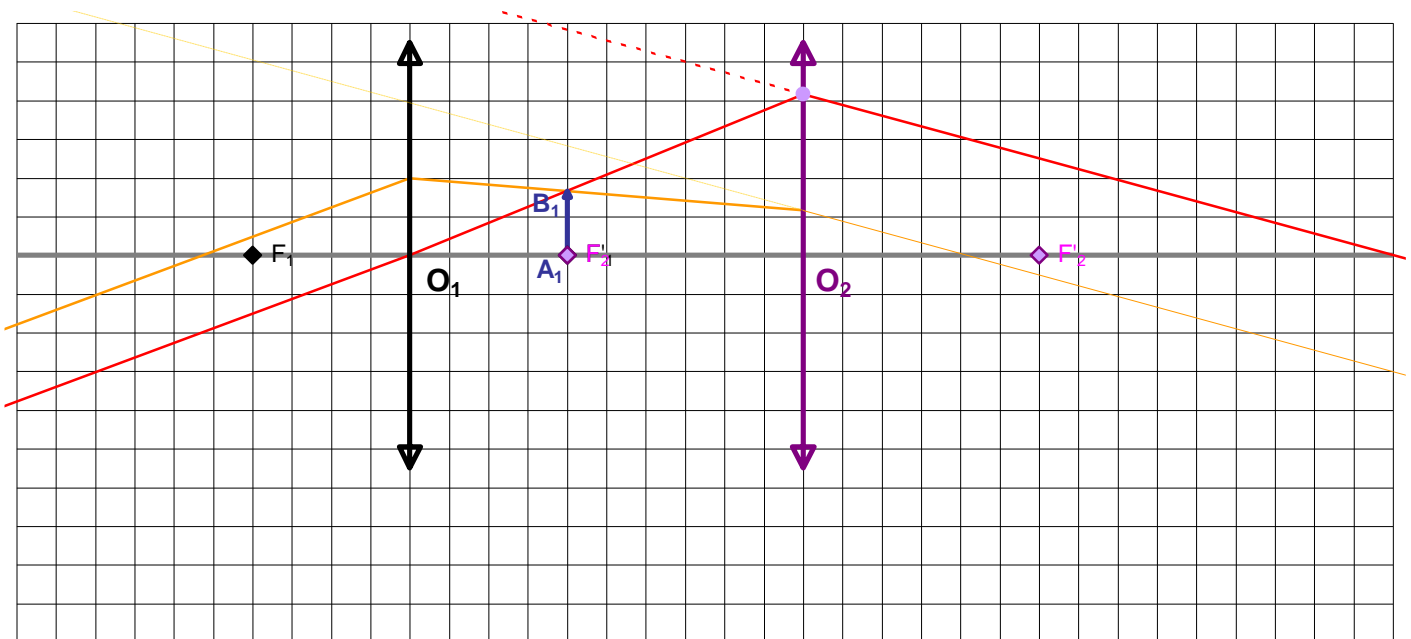
Une **lunette astronomique** est un instrument optique qui permet d'augmenter la taille apparente et la luminosité des objets du ciel lors de leur observation. Son invention est anonyme et viendrait d'Italie (vers 1590) ou du nord de l'Europe (Pays-Bas, vers 1608). Descartes parle de cette invention au début de sa *Dioptrique*. Une lunette est composée d'un objectif et d'un oculaire disposés de part et d'autre d'un tube fermé. L'oculaire se situe, comme l'indique son nom, du côté de l'œil, et il est de petite dimension. L'objectif se situe de l'autre côté, et est généralement de plus grande dimension que l'oculaire.

I. Principe :

L'oculaire comme l'objectif sont constitués de deux lentilles convergentes, l'une de courte distance focale, l'autre de distance focale plus longue. L'objectif L_1 forme une image intermédiaire A_1B_1 d'un objet AB . L'oculaire L_2 forme l'image finale $A'B'$ de A_1B_1 .

1. Lunette afocale :

Simulation : on considère une lunette astronomique pour laquelle la distance entre L_1 et L_2 est fixe et égale à 1m. On cherche à savoir comment choisir l'oculaire pour obtenir la meilleure observation (image la plus grosse) dans les meilleures conditions (sans fatigue de l'œil). Le rayon dessiné modélise un rayon venant du point B de l'objet observé.



- ❑ Où se situe l'objet AB qu'on veut observer ?
L'objet AB est à l'infini.
- ❑ Où se forme l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par l'objectif ? Est-ce une image réelle ou virtuelle ?
L'image se situe dans le plan focal image de L_1 : A_1 coïncide avec F'_1
- ❑ L'image finale $A'B'$ (image de A_1B_1 donnée par l'oculaire) est-elle réelle ou virtuelle ? (on rappelle qu'il faut coller son œil à l'oculaire pour l'observer).
 $A'B'$ est une image virtuelle puisqu'il faut regarder DANS la lunette pour la voir.
- ❑ Où doit se former l'image $A'B'$ pour que l'œil normal ne se fatigue pas (au repos) ?
 $A'B'$ doit se former à l'infini, en avant de L_2 .

- Où l'image intermédiaire doit elle se former par rapport à l'oculaire L_2 ? Quelle est la conséquence pour les positions du foyer image de L_1 et du foyer image de L_2 .
 A_1B_1 doit se former dans le plan focal objet de l'oculaire ; A_1 coïncide avec F'_1 et doit aussi coïncider avec F_2 . F_2 et F'_1 sont donc confondus.

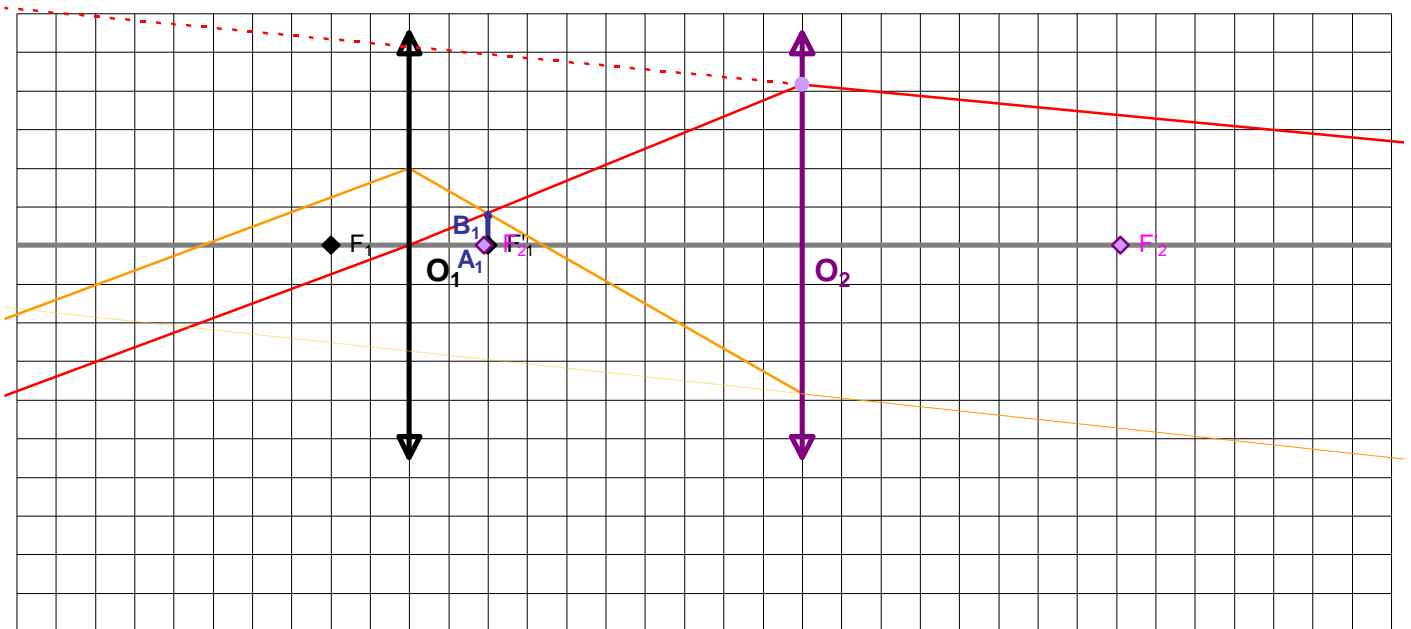
Une telle lunette est appelée « **lunette afocale** ». Quelle relation existe entre la longueur d'une telle lunette et les distances focales des deux lentilles utilisées. (Quelle est alors la distance O_1O_2 ?)

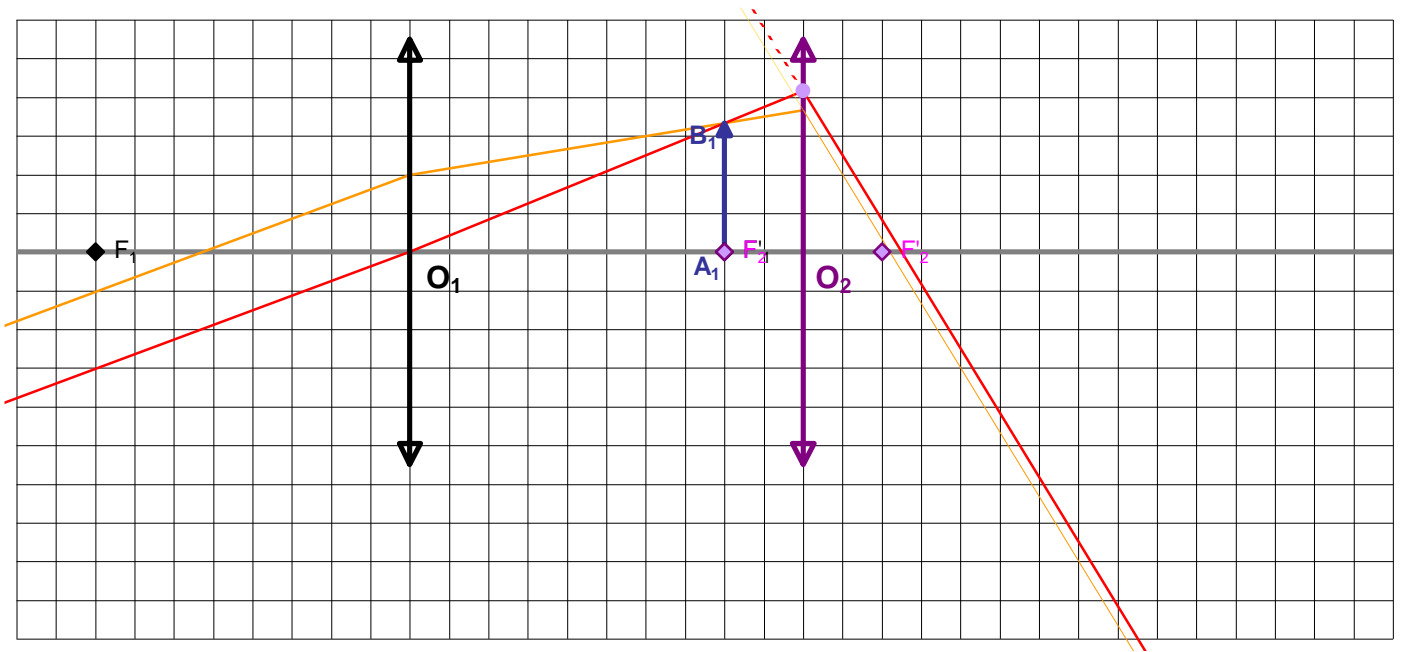
$$\overline{O_1O_2} = f'_1 + f'_2$$

Compléter le schéma (1) et dessiner la marche du rayon à travers la lentille.

2. Choix de l'oculaire et de l'objectif :

- Construire la marche du rayon à travers la lunette pour les deux autres cas suivants :





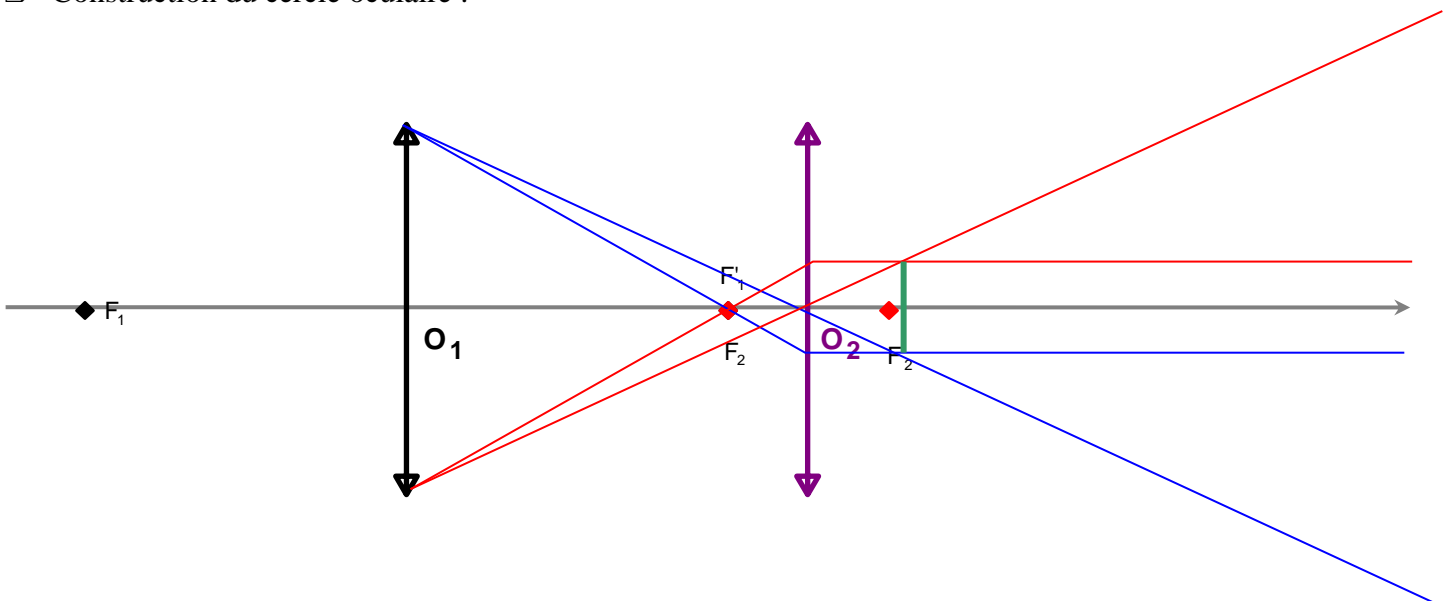
- Parmi les deux lunettes proposées, laquelle permet d'obtenir l'image la plus grosse ?
La seconde lunette permet d'obtenir l'image la plus grosse : les rayons qui ressortent de la lunette sont bien plus inclinés par rapport à l'axe optique que dans le 1^{er} cas proposé ; l'angle α' sous lequel on observe l'image est bien plus important.
- En déduire une conclusion quant au choix des lentilles utilisées pour l'objectif et pour l'oculaire.
Pour l'objectif, il faut choisir la lentille ayant la distance focale la plus grande (vergence la plus petite) et pour l'oculaire, la lentille ayant la distance focale la plus courte (vergence la plus grande)

3. Cercle oculaire :

Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif donnée par l'oculaire.

Tous les rayons qui « entrent » dans la lunette, émergent donc dans la lunette en passant par le cercle oculaire.

- Construction du cercle oculaire :



- Propriété du cercle oculaire : d'après la construction réalisée, que peut-on dire de la taille du cercle oculaire. Pourquoi est-il judicieux de placer la pupille de l'œil au niveau du cercle oculaire pour l'observation ?
Tous les rayons entrant dans la lentille passent par le cercle oculaire ; c'est à cet endroit que la lumière est la plus « concentrée ». En plaçant la pupille à cet endroit, toute la lumière envoyée par l'objet généralement

peu lumineux arrive dans l'œil. C'est donc l'endroit où il faut placer la pupille pour une observation optimale.

- Calcul de la position du cercle oculaire dans le cas de la lunette afocale :

En utilisant les formules de conjugaison, calculer la position de l'image de l'objectif donné par l'oculaire, dans le cas d'une lunette afocale.

Soit une lunette de longueur $L=1,0m$; on prend pour l'oculaire une lentille de vergence $+100$, soit $f'_2=1,00.10^{-2}m$

Position cercle oculaire $\overline{O_2O_1} = -1,0m$

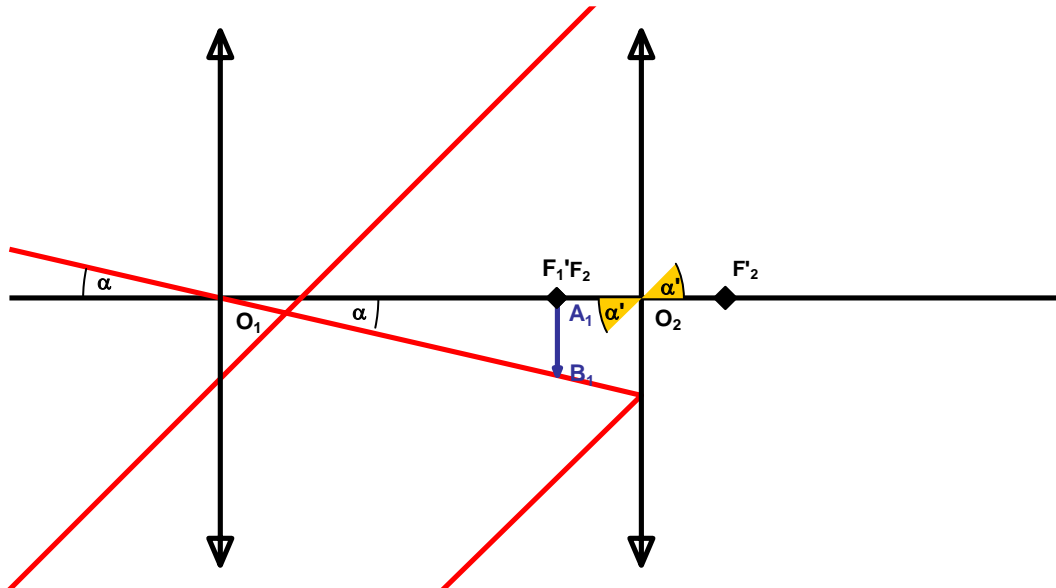
$$\frac{1}{\overline{O_2O_1'}} = \frac{1}{\overline{O_2O_1}} + \frac{1}{f'_2} = \frac{1}{-1,0} + \frac{1}{0,010} = 99 \quad \overline{O_2O_1'} = 1,0.10^{-2}m \text{ soit } 1,0cm \text{ après la l'oculaire.}$$

4. Grossissement :

Le grossissement de la lunette est donné par la relation $G = \frac{\alpha}{\alpha'}$

Avec α l'angle sous lequel on voit l'objet sans la lunette : $\alpha = \frac{A_1B_1}{O_1A_1}$

Et α' l'angle sous lequel on voit l'image à travers la lunette : $\alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1}$



$$\alpha = \frac{A_1B_1}{f'_1} \quad \text{et} \quad \alpha' = \frac{A_1B_1}{f'_2} \quad \text{d'où} \quad G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f'_1}{f'_2}$$