

## Modélisation de la lunette astronomique : la lunette afocale

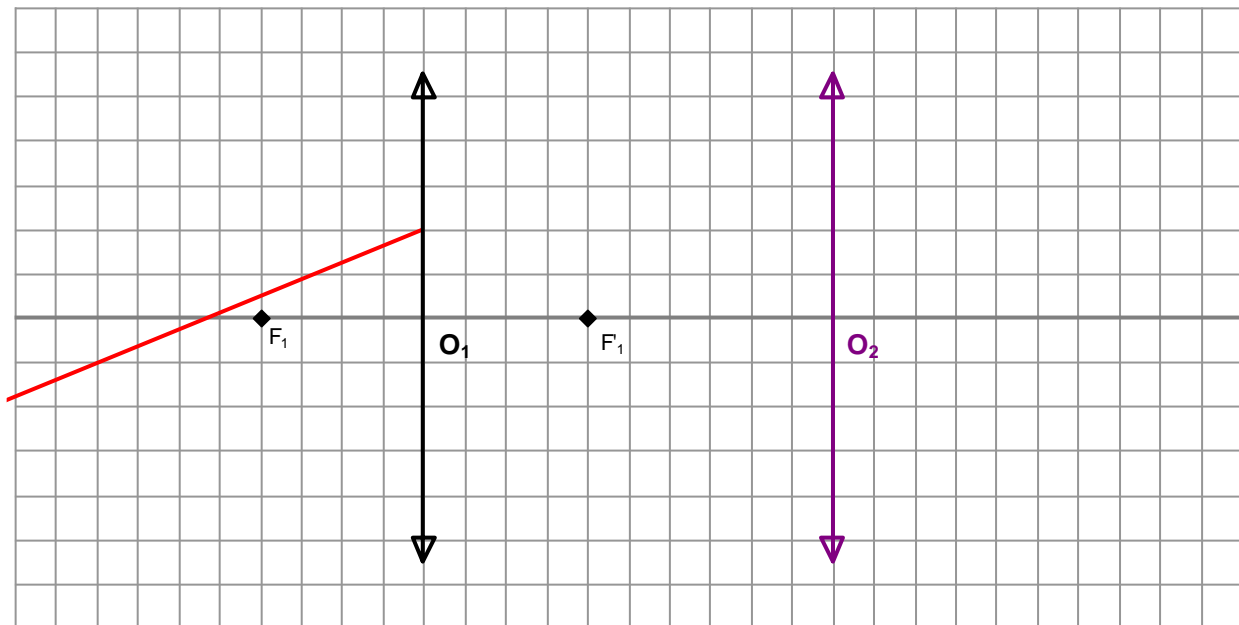
Une **lunette astronomique** est un instrument optique qui permet d'augmenter la taille apparente et la luminosité des objets du ciel lors de leur observation. Son invention est anonyme et viendrait d'Italie (vers 1590) ou du nord de l'Europe (Pays-Bas, vers 1608). Descartes parle de cette invention 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 ?
- Où se forme l'image intermédiaire  $A_1B_1$  donnée par l'objectif ? Est-ce une image réelle ou virtuelle ?
- 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).
- Où doit se former l'image  $A'B'$  pour que l'œil normal ne se fatigue pas (au repos) ?

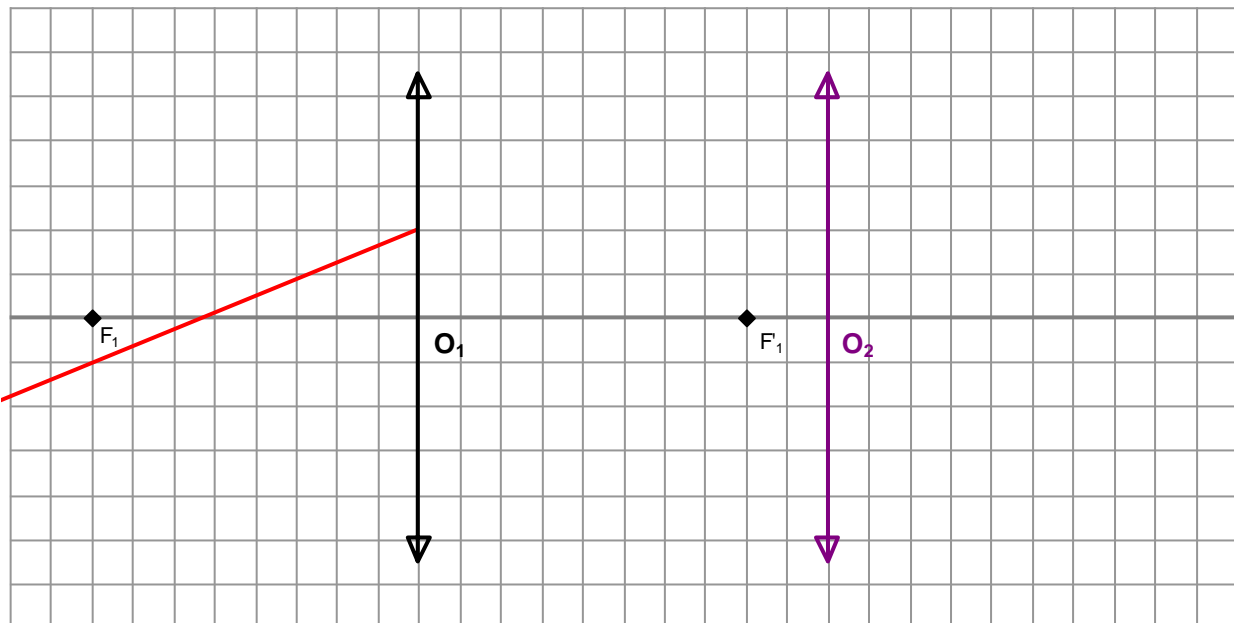
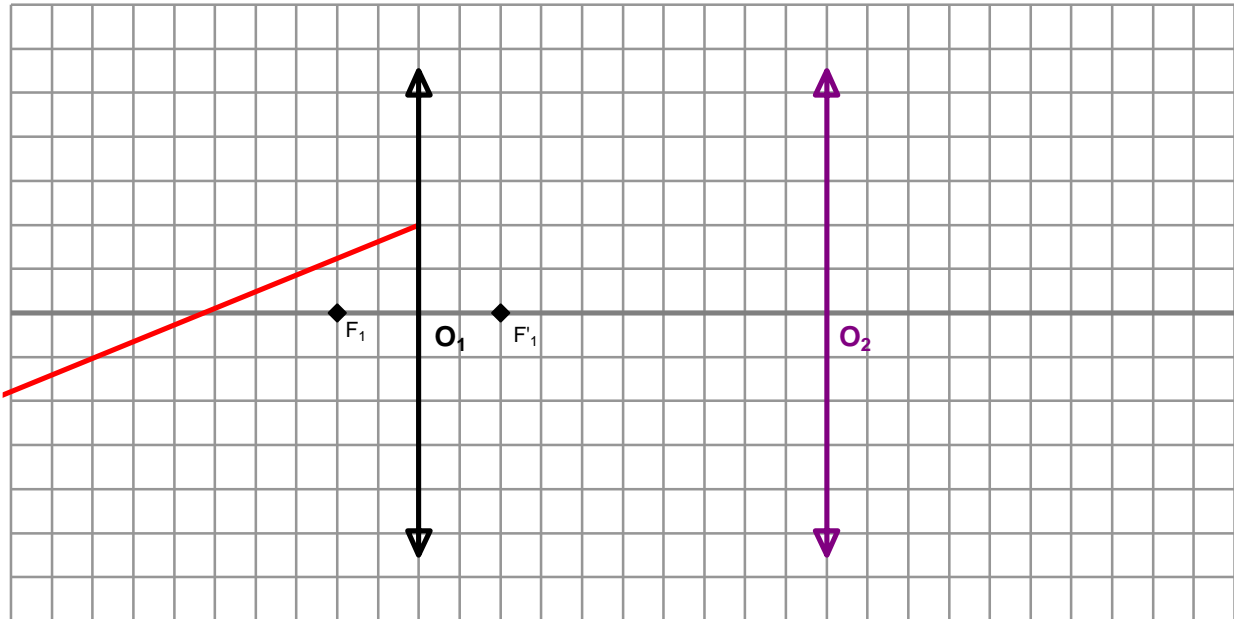
- Où l'image intermédiaire doit elle se former par rapport à l'oculaire  $L_2$  ? Quelle est la conséquence pour les positions du foyer image de  $L_1$  et du foyer image de  $L_2$ .

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  $O_1O_2$  ?)

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 :



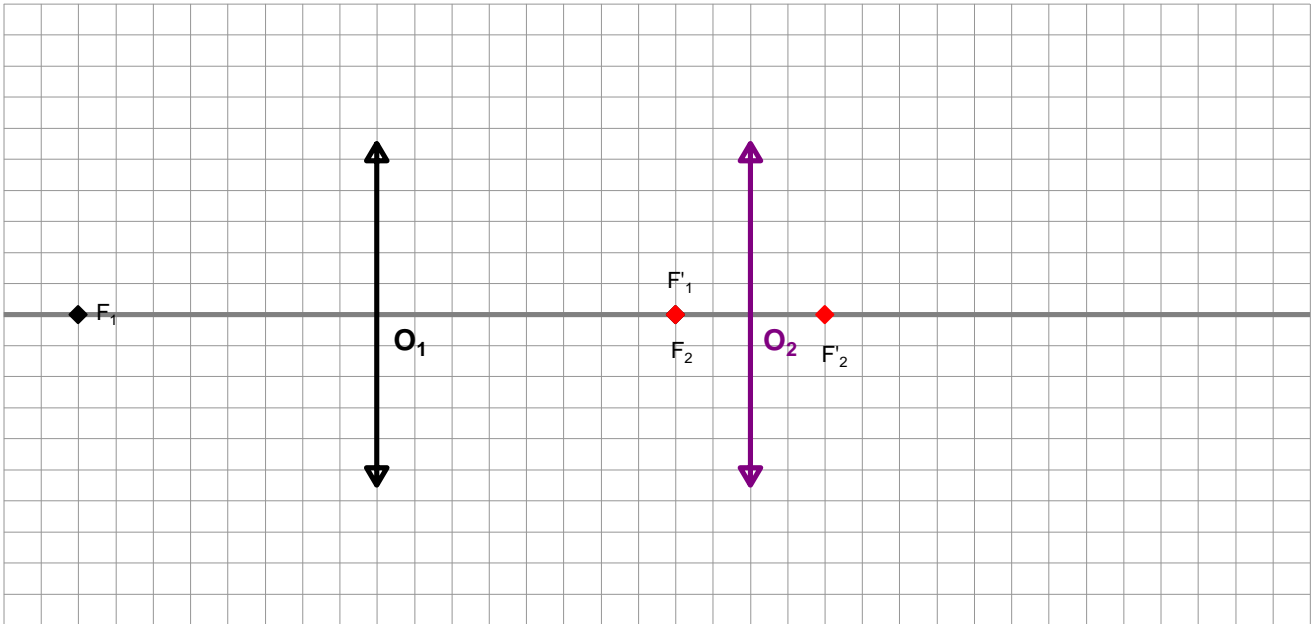
- Parmi les deux lunettes proposées, laquelle permet d'obtenir l'image la plus grosse ?
- En déduire une conclusion quant au choix des lentilles utilisées pour l'objectif et pour l'oculaire.

### 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 ?

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

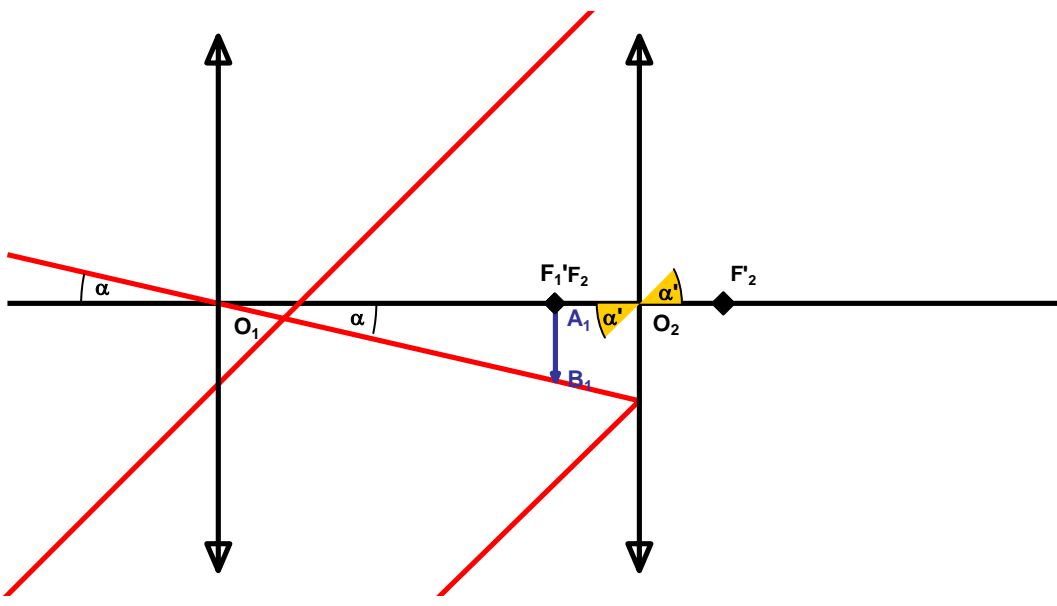
En utilisant les formules de conjugaison, calculer la position de l'image de l'objectif donné par l'oculaire, dans le cas d'une lunette afocale.

### 4. Grossissement :

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

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

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



## II. Manipulation :

### 1. But de la manipulation :

Il s'agit de réaliser le montage montrant le principe d'une lunette afocale et de calculer son grossissement.

### 2. Réalisation de la lunette afocale et recherche du cercle oculaire :

Répondre aux questions suivantes en vous aidant des lentilles à votre disposition et des indications qu'elles portent :

- Vous disposez de 2 lentilles  $L_1$  de vergence  $C_1 = +4\delta$  et  $L_2$  de vergence  $C_2 = +20\delta$ . Indiquer la lentille qui jouera le rôle d'objectif et celle qui symbolisera l'oculaire. Justifier votre réponse.
- Quelle doit être la distance  $D$  entre les deux lentilles pour que la lunette soit afocale ?

Réaliser le modèle d'une lunette astronomique afocale avec les lentilles ( $L_1$ ) et ( $L_2$ ) sur le banc d'optique. Pour cela :

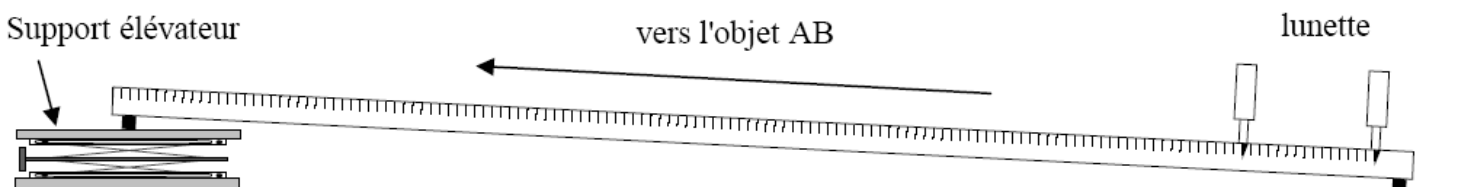
- placer la lentille jouant le rôle d'objectif à environ 30 cm de la source lumineuse (placer le porte-objet sur lequel est fixé le papier calque contre la lanterne).
- placer la lentille jouant le rôle d'oculaire de telle sorte que l'ensemble soit afocal.
- Le cercle oculaire est l'endroit où il faut placer l'œil pour observer l'image dans les meilleures conditions.*  
Rechercher la position du cercle oculaire à l'aide de l'écran.

### **Appeler le professeur pour vérifier le montage de la lunette et observer le cercle oculaire**

- Mesurer le diamètre du cercle oculaire. Quand l'œil observe à la lumière du jour, le diamètre de la pupille est de l'ordre de 4mm. Toute la lumière qui quitte la lunette pénètre-t-elle dans l'œil placé au niveau du cercle oculaire ? Quelle en est la conséquence ?

### 3. Observation d'un objet éloigné :

- Retirer la lanterne et les deux lentilles.
- Placer une extrémité du banc d'optique sur le support élévateur puis orienter l'ensemble de telle sorte que l'axe du banc pointe approximativement dans la direction du point A de la photographie fixée sur le mur. Les deux points A et B sont considérés à l'infini.

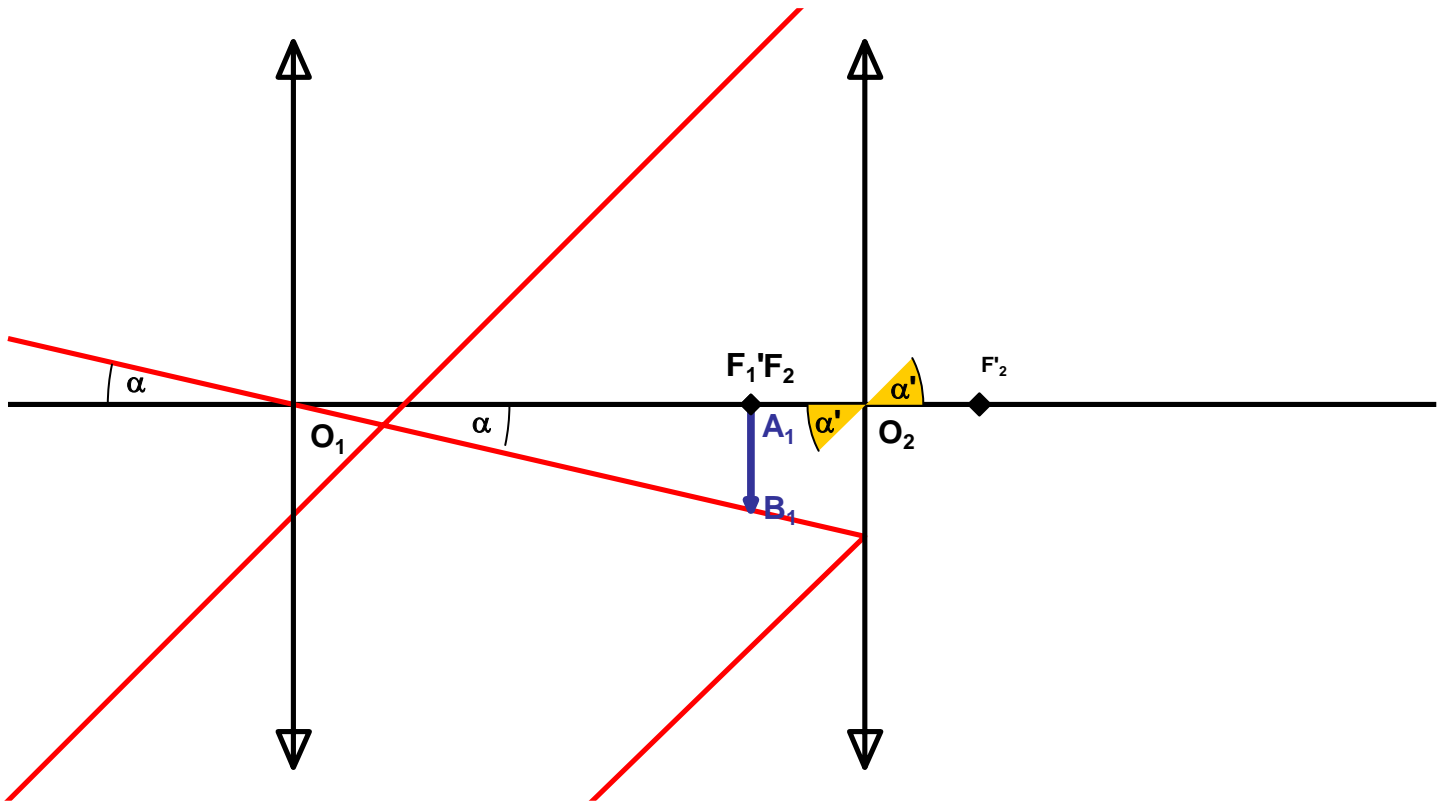


- Installer la lunette afocale sur le banc de telle sorte que l'oculaire soit en face de la dernière graduation.
- Ajuster la hauteur et la position du support élévateur de telle sorte que le point A soit vu bien centré dans la lunette.
- Faire la mise au point si nécessaire en déplaçant un peu l'objectif.

### 4. Observation de l'image intermédiaire :

- Comment simuler un objet à l'infini en utilisant la source lumineuse, l'objet AB et une lentille de vergence  $C = +10$  ?
- Construire cet objet devant la lunette réalisée.
- En utilisant une feuille de papier pour écran amovible, rechercher la position de l'image intermédiaire  $A_1B_1$ .

- Noter sa distance par rapport à l'objectif et vérifier qu'elle coïncide avec le résultat annoncé.
- Mesurer la taille de l'image intermédiaire.



- A partir des relations ci-dessus, montrer que  $G = \frac{f'_{obj}}{f'_{ocu}}$

- Mesurer la distance  $O_2 A_1$ .
- Calculer  $G_{exp}$ .