- Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire.
- Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale.
- Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale.
- Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale.

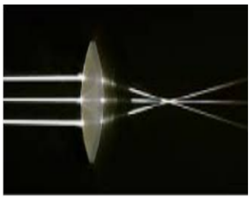
<u>Chapitre 1</u>

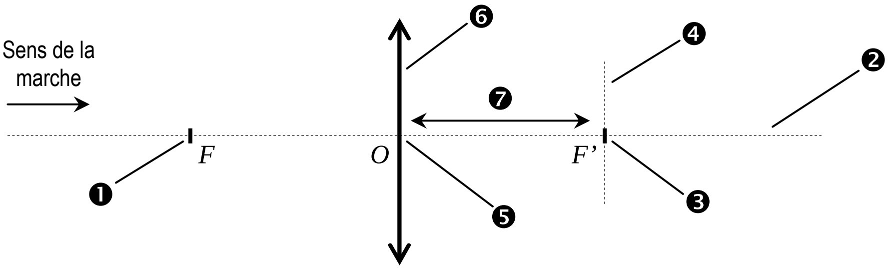
La lunette astronomique

I. Rappels de première spé

I.1 La lentille convergente

- Une lentille convergente est représentée par un segment fléché aux deux extrémités.





❶ Foyer objet
❷ Axe optique principal
❸ Foyer image
❹ Plan focal image
❺ Centre optique
❻ Lentille convergente
❼ Distance focale

- F est appelé foyer objet et F' est appelé foyer image.

Ces deux foyers sont placés à égale distance du centre optique O de la lentille. Ainsi FO = OF'

- Le sens de la marche est donné par le sens des rayons lumineux qui arrivent sur la lentille. On définit alors une grandeur algébrique notée par exemple $\overline{OF'}$ comme la longueur (en mètres) du segment OF' avec un signe (+ ou -) en fonction de l'orientation de la grandeur algébrique par rapport au sens des rayons incidents.

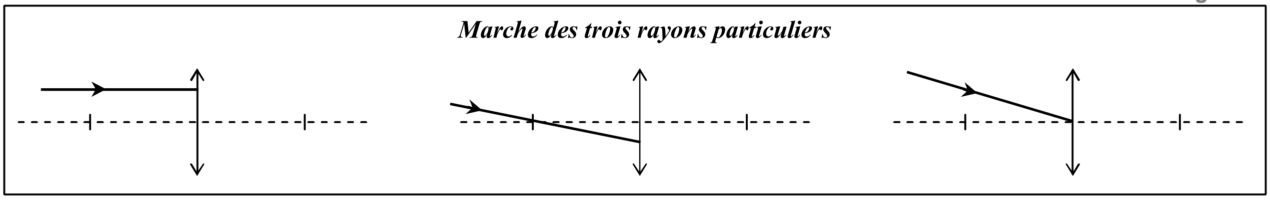
Ainsi, ici : $\overline{OF}' = +OF'$ $\quad \overline{OF} = -OF'$

- La distance focale notée f ' d'une lentille est donnée par la relation : $\boxed{f' = \overline{OF'}}$
- La vergence C d'une lentille se calcule avec la formule : $\boxed{C = \frac{1}{f'}}$ | C en δ (dioptries), f' en m

I.2 Construction d'une image

Pour construire géométriquement une image à partir d'un objet et d'une lentille, il faut au préalable maitriser la marche de trois rayons particuliers émis par l'objet et pénétrant dans la lentille.

⇩ *Figure 1*



- Le rayon incident qui arrive parallèlement à l'axe optique ressort de la lentille en passant par le foyer image F '.
- Le rayon incident qui passe par le foyer objet ressort de la lentille parallèle à l'axe optique.
- Le rayon incident passant par le centre optique O n'est pas dévié par la lentille.

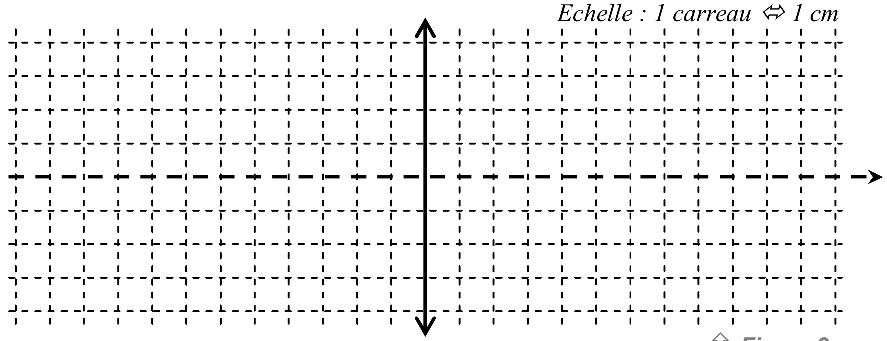
L'image B' d'un point A de l'objet se trouve à l'intersection des rayons issus de B et qui ressortent de la lentille.

Exercice 1 :

On dispose d'une lentille convergente de vergence 25 δ. On place un objet noté AB à gauche de la lentille tel que A soit à 8,0 cm de O sur l'axe optique et B soit au dessus de cet axe à 3,0 cm.

1. Placer les deux foyers puis AB.
2. Construire l'image $A'B'$ de l'objet AB.
3. Mesurer alors $\overline{OA'}$ et $\overline{A'B'}$

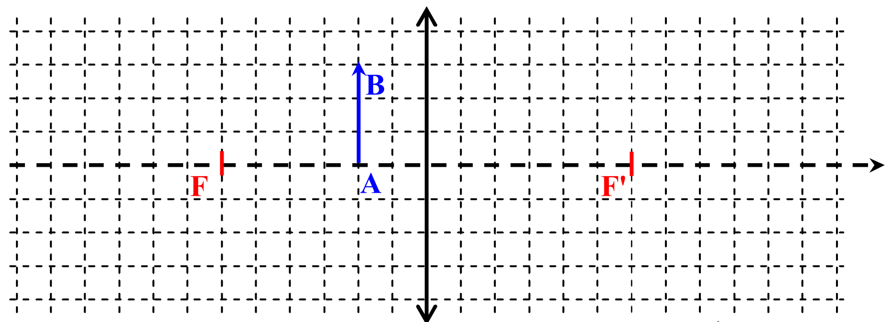
Echelle : 1 carreau ⇔ 1 cm



⇧ *Figure 2*

Exercice 2 :

Construire l'image de l'objet AB par la lentille convergente ci-contre.



⇧ *Figure 3*

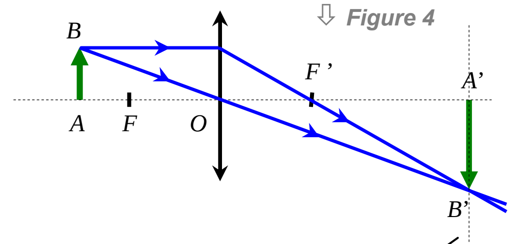
I.3 Calcul de la position et de la grandeur d'une image

Pour déterminer mathématiquement la position et la grandeur de l'image obtenue à travers une lentille convergente, on dispose des relations suivantes :

Relation de conjugaison : $\boxed{\dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'} = C}$ | C en δ (dioptries) ; f', $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ en m

Le grandissement : $\boxed{\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}}$ | γ sans unité

⇩ *Figure 4*



Plan précis où placer un écran blanc pour voir une image réelle nette

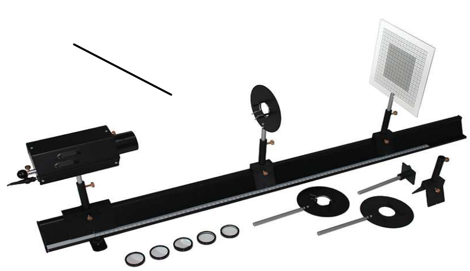
Question :

Retrouver mathématiquement les valeurs $\overline{OA'}$ et $\overline{A'B'}$ de l'exercice1.

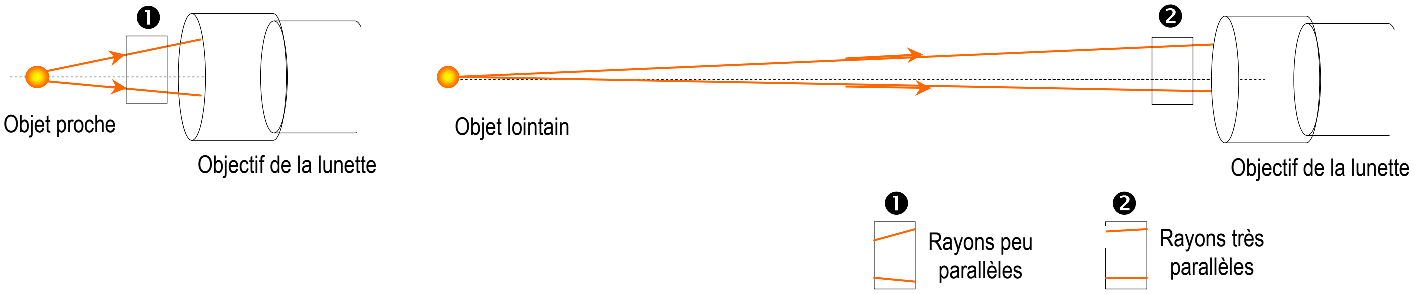
II. Modèle optique de la lunette astronomique

En laboratoire, on peut créer un modèle d'une lunette à l'aide d'un banc optique.

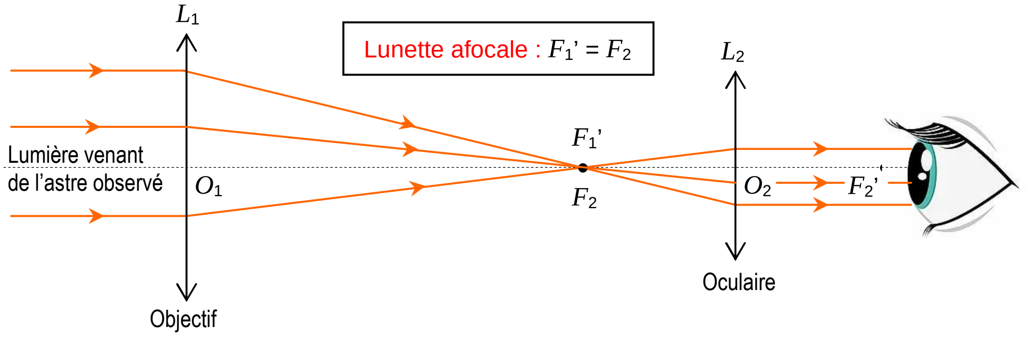
Banc optique



- La lunette astronomique peut être modélisée par un ensemble de deux lentilles minces convergentes, l'une représentant l'objectif et l'autre l'oculaire.
- La mise au point s'effectue par un léger déplacement de l'oculaire par rapport à l'objectif.
- Dans le cas d'une lunette afocale, le foyer image de l'objectif F'_1 est confondu avec le foyer objet de l'oculaire F_2 .



- Les rayons venant d'un objet très distant et entrant dans l'objectif de la lunette sont considérés comme étant parallèles entre eux.



Une lunette est afocale si elle donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

L'avantage d'une telle lunette, c'est que l'œil de l'observateur peut voir net sans avoir à accommoder : son cristallin est au repos pendant l'observation dans la lunette.

- Pour un objet à l'infini, une lunette afocale renvoie à l'oeil une image également à l'infini.

III. Construction graphique

Le rôle de l'objectif est de former une image intermédiaire de l'objet qui servira d'objet pour l'oculaire.

On observe un objet lointain avec une lunette astronomique, l'objet est considéré « à l'infini », ce qui signifie que les rayons incidents issus de l'objet arrivent parallèles entre eux au niveau de l'objectif. L'image réelle A_1B_1.

Pour un œil normal, la vision sans accommodation se réalise lorsque l'image définitive A_2B_2 se trouve à l'infini. La lunette est afocale donc, comme A_1B_1 se trouve dans le plan focal objet de l'oculaire, l'image finale A_2B_2 se forme à l'infini. L'œil placé derrière l'oculaire reçoit des rayons de lumière parallèle et il n'a pas besoin d'accommoder.

Questions :

1. Où se situe l'image par l'objectif d'un objet à l'infini ? Cette image est appelée image intermédiaire.

2. Où doit se situer l'image intermédiaire pour être vue à travers l'oculaire sans accommoder ?

3. Préciser la position du foyer objet F_2 de l'oculaire par rapport au foyer image F'_1 de l'objectif. Justifier votre réponse.

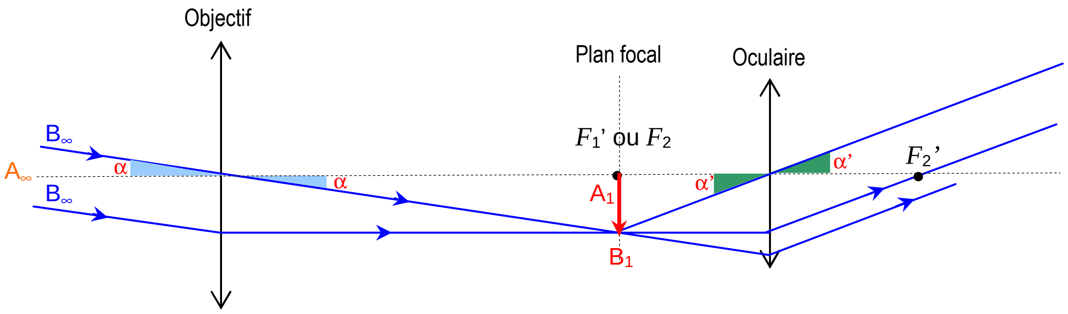
On dit qu'une telle lunette est afocale.

4. A_1B_1 est dite image intermédiaire de AB par la lentille L_1. Construire l'image A'B' de A_1B_1 par la lentille L_2.

IV. Grossissement d'une lunette astronomique

Le diamètre apparent d'un objet est l'angle sous lequel un observateur voit l'objet.

Question: calculer le diamètre apparent α sous lequel on voit la lune, la distance Terre-Lune $L = 3{,}67\text{x}10^5$ km , diamètre de la lune $d = 1{,}72\text{x}10^3$ km



α' est le diamètre apparent de l'objet vu à travers la lunette astronomique
α est le diamètre apparent de l'objet vu à l'œil nu ou depuis l'objectif de la lunette.

On définit alors le grossissement avec la relation : $\boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha}}$ | α et α' en radians ou degrés (°)
G sans unité

Exercice 3 :

1. Exprimer l'angle α en fonction des longueurs A_1B_1 et f_1'.
2. De même, exprimer l'angle α' en fonction des longueurs A_1B_1 et f_2'.
3. Comme une lunette astronomique est composée d'un tube très long d'ouverture relativement faible, les angles α et α' sont nécessairement très petits, proches de zéro. Dans ces conditions, si l'on considère la valeur des angles en radians, on peut faire l'approximation suivante : $\tan(\alpha) = \alpha$ (idem pour α')

   Montrer que l'on peut alors écrire que : $G = \frac{f_1'}{f_2'}$
4. En déduire le grossissement d'une lunette ayant un objectif de focale 70 cm et un oculaire de focale 25 mm.

Exemple:
La lunette télescopique construite en 1666, a un objectif de distance focale $f_1' = 3{,}4$ m et est munie d'un oculaire de distance focale $f_2' = 9{,}5$ cm, ce qui lui confère un grossissement $G = f'_1/f'_2 = 3{,}4 / 9{,}5.10^{-2} = 36$.


Lunette conservée au Museo Galileo, institut et musée d'histoire des sciences de Florence (Italie).

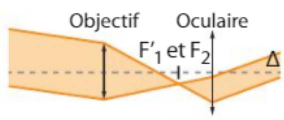
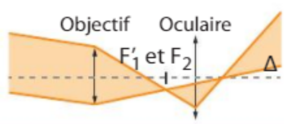
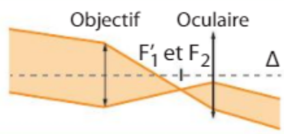
V. Exemple de lunette astronomique

Les lunettes astronomiques sont caractérisées par leur diamètre et la distance focale de l'objectif, f_1'. L'oculaire peut etre modifié. On repère la cible avec le grossissement le plus petit (donc l'oculaire de distance focale f_2' la plus élevée). Puis on change d'oculaire pour grossir davantage.
Plus l'objectif a un grand diamètre, plus il collecte de lumière.

Exemple:

La lunette ci-contre contient un objectif de « focale 600 mm » (c'est à dire $f_1' = 600$ mm) et est livrée avec deux oculaires, de 20 mm et 6 mm de distance focale. Elle permet donc des grossissements de 30 ou 100.

QCM

1. L'oculaire d'une lunette astronomique est modélisé par :	une lentille mince convergente.	un prisme.	un miroir.
2. Une lunette est dite afocale :	si le foyer objet de l'objectif est confondu avec le foyer objet de l'oculaire.	si le foyer image de l'objectif est confondu avec le foyer image de l'oculaire.	si le foyer image de l'objectif est confondu avec le foyer objet de l'oculaire.
3. L'image d'un objet situé à l'infini donnée par l'objectif d'une lunette astronomique afocale est située :	dans le plan perpendiculaire à l'axe optique et contenant le foyer image de l'objectif.	sur la lentille oculaire.	à l'infini.
4. Toute la lumière qui sort de la lunette astronomique y entre par :	l'oculaire.	l'objectif.	l'objectif et l'oculaire.
5. La représentation correcte du faisceau émergent issu d'un point objet situé à l'infini et traversant une lunette afocale est :			
6. Sur le schéma **A**, θ est égal à :	$\frac{F_1'B_1}{O_1F_1'}$	$\frac{O_1F_1'}{F_1'B_1}$	$\frac{F_1'B_1}{O_2F_1'}$
7. Sur le schéma **A**, θ' est égal à :	$\frac{O_2F_2}{F_2B_1}$	$\frac{F_2B_1}{O_2F_2}$	$\frac{F_2B_1}{O_1F_2}$
8. Le grossissement *G* de la lunette afocale du schéma **A** est égal à :	$\frac{f_1'}{f_2'}$	$\frac{f_2'}{f_1'}$	$f_1' \times f_2'$
9. La distance focale de l'objectif d'une lunette afocale :	est la même que la distance focale de l'oculaire.	est plus grande que la distance focale de l'oculaire.	est plus petite que la distance focale de l'oculaire.
10. Une lunette astronomique commerciale est caractérisée par :	le diamètre et la distance focale de l'objectif.	les distances focales de l'objectif et de l'oculaire.	le diamètre et la distance focale de l'oculaire.
11. Une image sera d'autant plus grande et lumineuse que :	le diamètre de l'objectif et sa distance focale sont grands.	le diamètre de l'objectif et sa distance focale sont petits.	le diamètre de l'oculaire est grand et sa distance focale petite.