

Le modèle optique d'une lunette afocale

Cours

Sommaire

I Le parcours d'un faisceau lumineux à travers une lunette afocale

- A Le faisceau incident d'un point objet situé à l'infini
- B Le schéma optique d'une lunette afocale
- C Le tracé des rayons lumineux dans une lunette afocale

II Le grossissement d'une lunette afocale

I Le parcours d'un faisceau lumineux à travers une lunette afocale

À partir d'un faisceau incident de lumière parallèle, la lunette afocale forme un faisceau émergent parallèle. Sur le schéma optique d'une lunette, l'objectif et l'oculaire sont placés de manière à ce que leurs foyers image et objet soient confondus.

A Le faisceau incident d'un point objet situé à l'infini

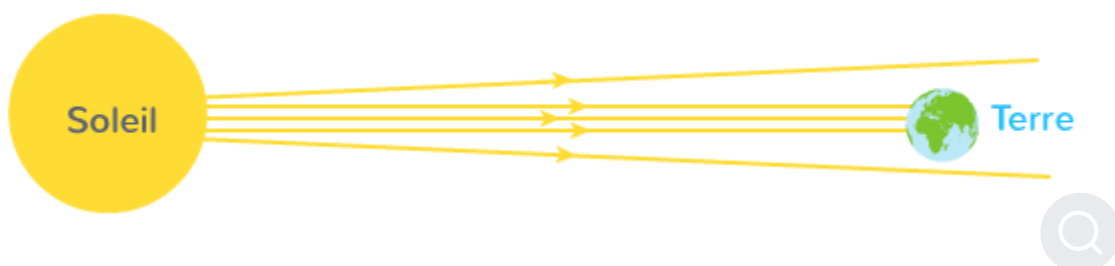
Un point objet situé à l'infini émet un faisceau incident de lumière parallèle incliné d'un certain angle par rapport à l'axe optique de la lunette afocale.

PROPRIÉTÉ

Lorsqu'un objet est situé loin d'un instrument d'optique, on dit qu'il est « à l'infini ». L'ensemble des rayons lumineux qu'il émet captés par l'instrument sont alors parallèles entre eux.

EXEMPLE

Les rayons émis par le Soleil et qui atteignent la Terre sont parallèles entre eux. En effet, les rayons lumineux dirigés selon une autre direction n'arrivent pas sur Terre.

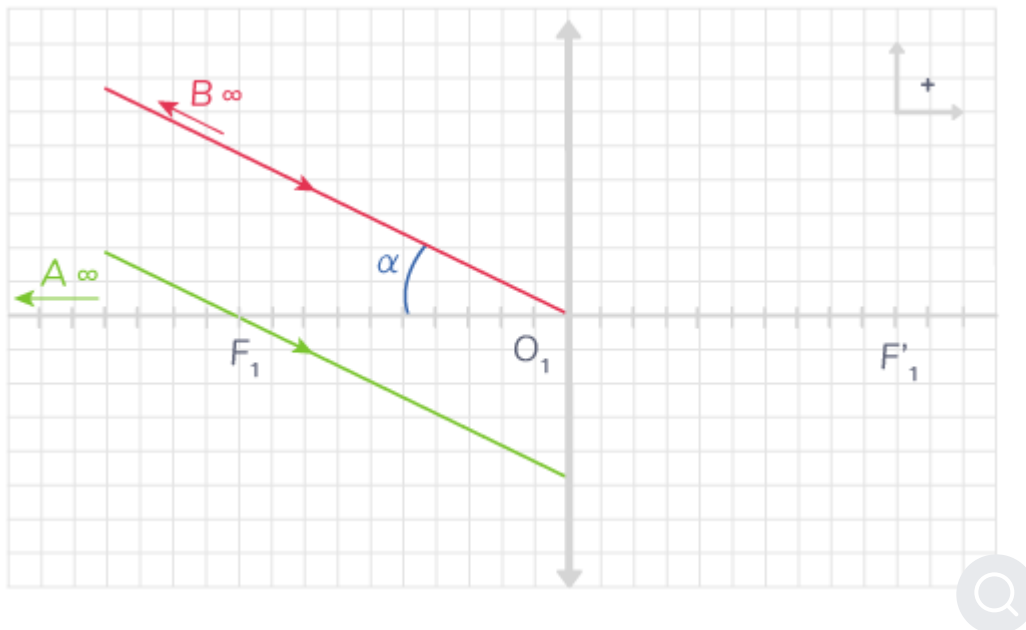


Rayons émis par le Soleil arrivant sur Terre

PROPRIÉTÉ

Le faisceau incident d'un point objet situé à l'infini qui arrive sur une lentille est donc composé d'une infinité de rayons lumineux parallèles entre eux et définissant un angle α par rapport à l'axe optique de la lentille.

EXEMPLE



Faisceau incident d'un point objet situé à l'infini

B Le schéma optique d'une lunette afocale

Une lunette afocale est composée de deux lentilles convergentes : l'objectif et l'oculaire. Le foyer image de l'objectif est confondu avec le foyer objet de l'oculaire, on dit donc que la lunette est afocale. Les faisceaux incidents et émergents sont tous les deux parallèles.

DÉFINITION

Lunette afocale

Une **lunette afocale** est un instrument d'optique, composée de deux lentilles convergentes, l'objectif et l'oculaire, qui forme, à partir d'un objet situé à l'infini, une image agrandie située elle aussi à l'infini. Le faisceau lumineux qui en émerge est donc parallèle, comme le faisceau qu'elle reçoit.

EXEMPLE

Le télescope est une lunette afocale. Il permet d'observer des étoiles qu'on considère donc comme des objets situés à l'infini. Il forme une image agrandie de ces objets située elle aussi à l'infini, ce qui permet à l'utilisateur de l'observer confortablement.

PROPRIÉTÉ

Les deux lentilles convergentes composant une lunette afocale sont :

- l'objectif, noté L_1 et de distance focale f_1 , qui reçoit le faisceau incident ;
- l'oculaire, noté L_2 et de distance focale f_2 , devant lequel on doit placer l'œil pour observer l'image de l'objet situé à l'infini.

Dans une lunette afocale, le foyer objet de l'oculaire F_2 est confondu avec le foyer image de l'objectif F'_1 . C'est la condition pour que le faisceau lumineux émerge de la lunette afocale en étant parallèle. Ainsi, l'image formée est rejetée à l'infini, ce qui permet une vision sans fatigue.

EXEMPLE

Pour former une lunette afocale, le foyer image de l'objectif doit être confondu avec le foyer objet de l'oculaire.

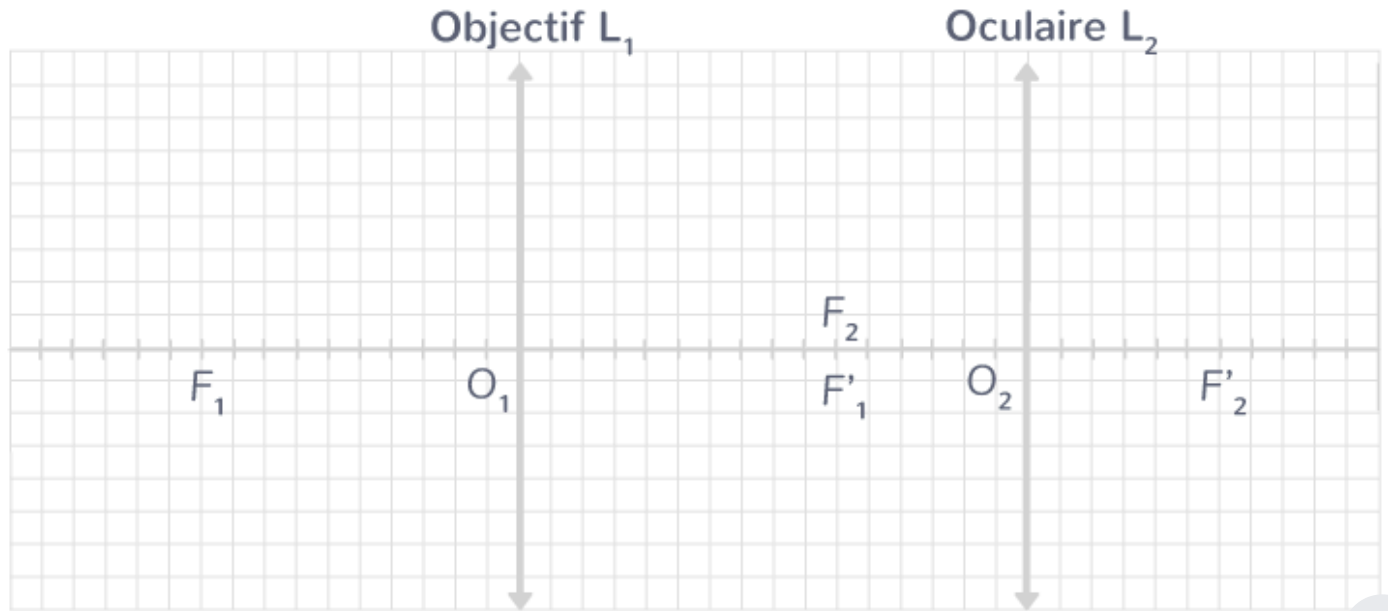


Schéma optique d'une lunette afocale

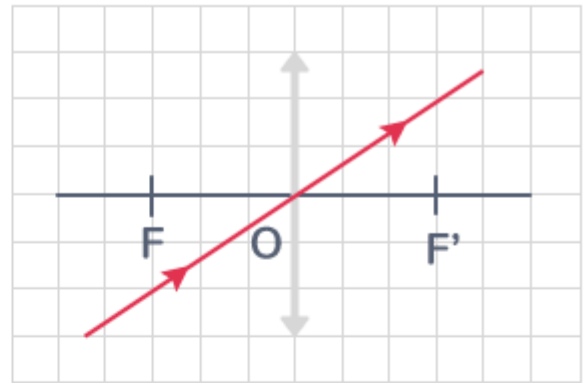
C Le tracé des rayons lumineux dans une lunette afocale

On obtient l'image formée par une lunette afocale en traçant les rayons lumineux caractéristiques de chaque lentille.

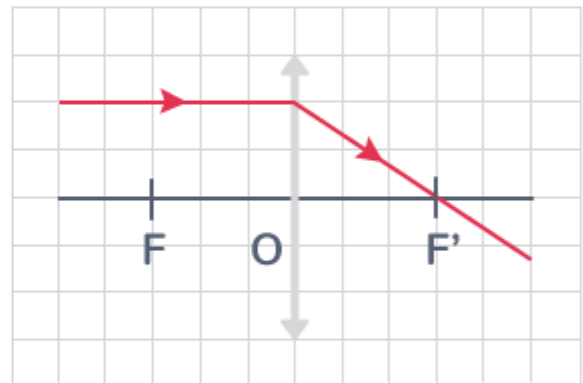
PROPRIÉTÉ

Les rayons lumineux passant par les points caractéristiques d'une lentille convergente ont un tracé connu :

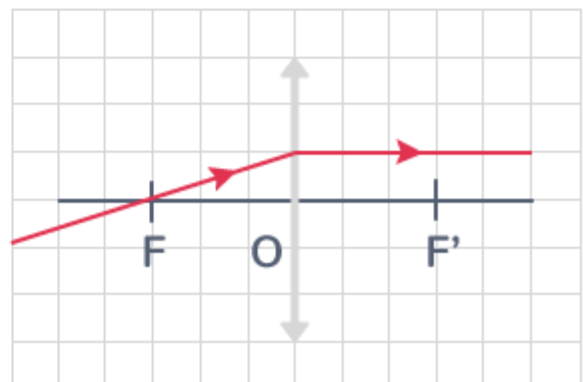
Les rayons qui passent par le centre optique O de la lentille ne sont pas déviés.



Les rayons incidents parallèles à l'axe optique émergent de la lentille en passant tous par le même point de l'axe optique : le foyer image F' .



Les rayons incidents qui passent par le foyer objet F (symétrique de F' par rapport à O) émergent de la lentille parallèles à l'axe optique.



Tracé des rayons caractéristiques d'une lentille convergente

PROPRIÉTÉ

L'objet AB étant situé à l'infini, l'objectif L_1 en forme une image intermédiaire, notée A_1B_1 dans son plan focal image :

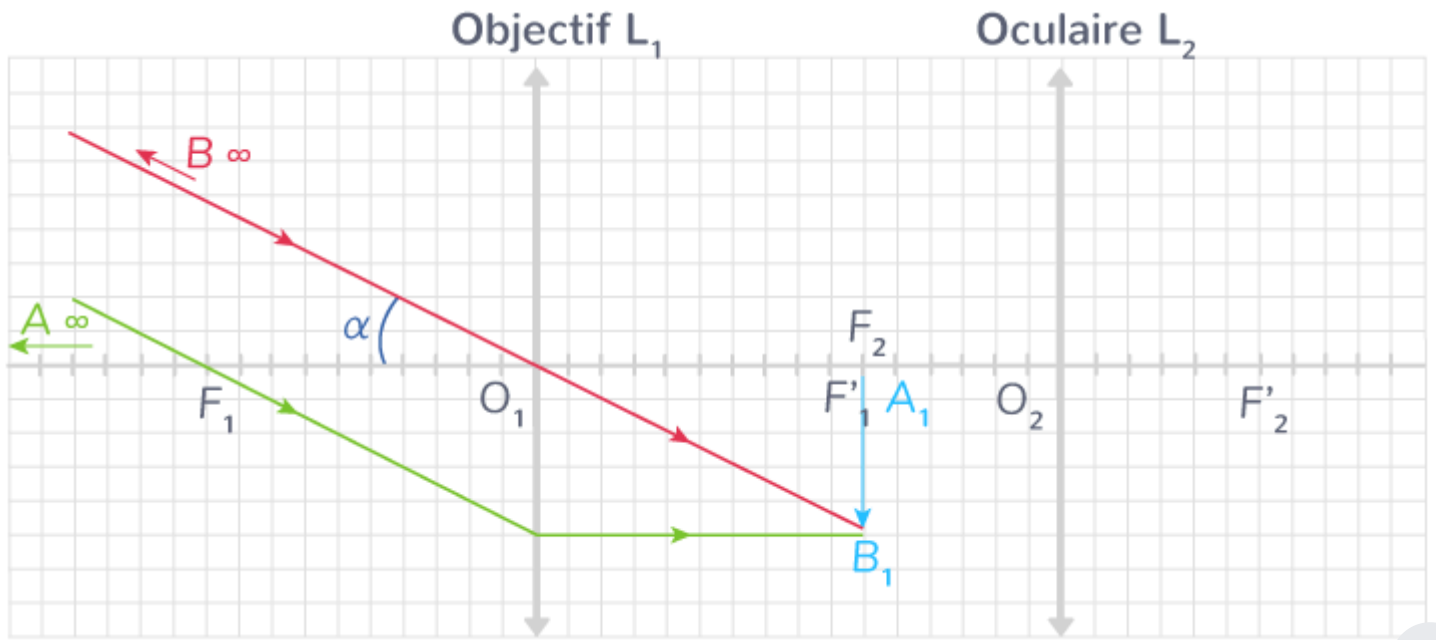


Image intermédiaire formée par l'objectif

Cette image intermédiaire A_1B_1 sert d'objet pour l'oculaire L_2 qui forme alors l'image définitive $A'B'$. L'image intermédiaire A_1B_1 étant dans le plan focal objet de l'oculaire L_2 , les rayons émergent de cette lentille parallèles entre eux, ce qui signifie que l'image définitive $A'B'$ est rejetée à l'infini.

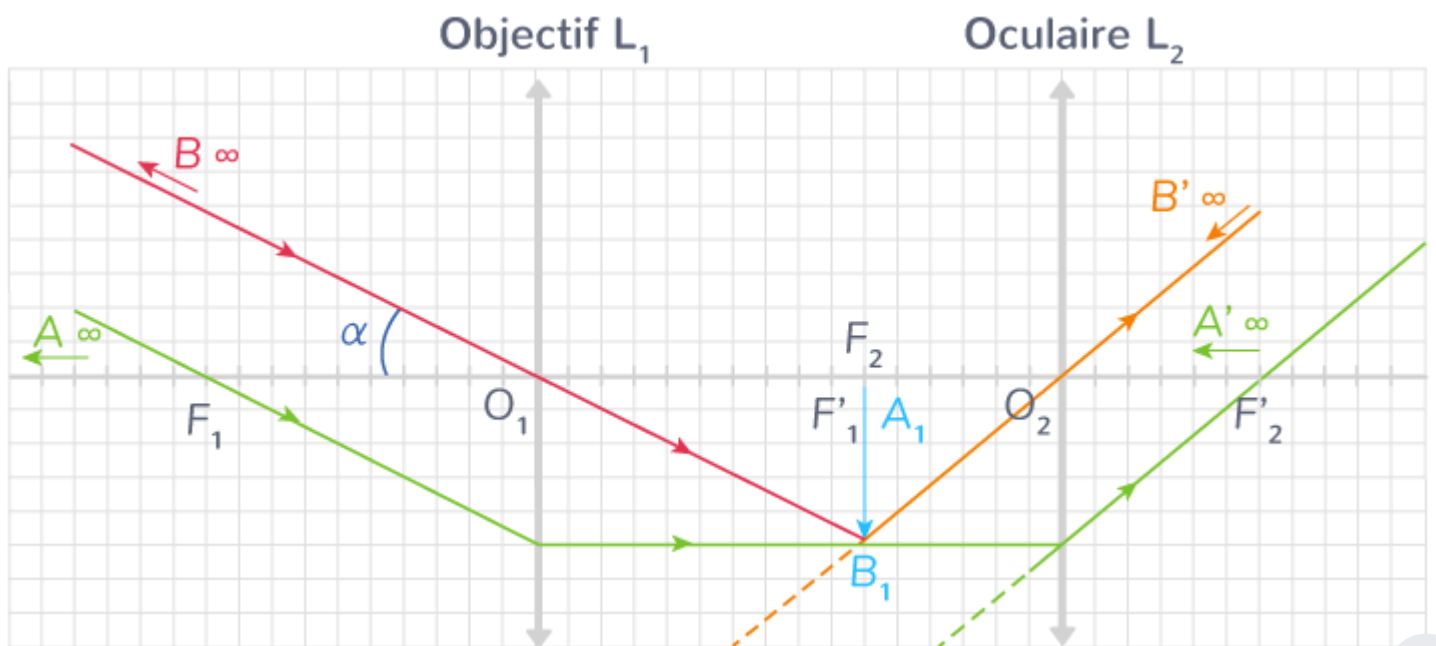
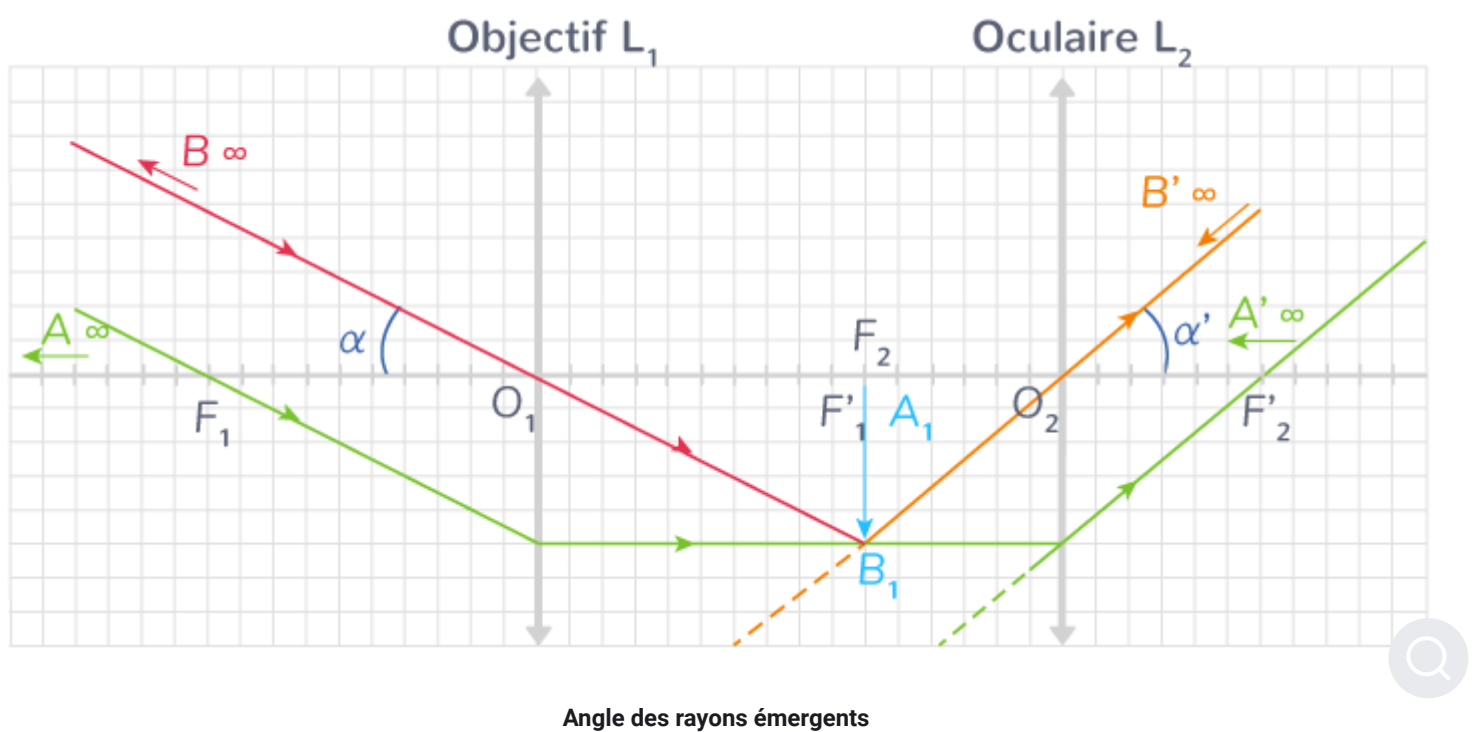


Image définitive formée par l'oculaire

L'angle avec lequel les rayons émergent de la lunette afocale, noté α' , est alors plus important que l'angle α entre les rayons incidents et l'axe optique de la lunette :



II Le grossissement d'une lunette afocale

Le grossissement d'une lunette afocale est défini comme le quotient de l'angle émergent par l'angle incident. Une étude géométrique permet de montrer que le grossissement de la lunette afocale est aussi le quotient de la distance focale de l'oculaire par la distance focale de l'objectif.

FORMULE

Grossissement d'une lunette afocale

Le grossissement d'une lunette afocale est égal au quotient de l'angle émergent α' par l'angle incident α , ces deux angles devant être exprimés dans la même unité :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

EXEMPLE

Si les rayons incidents arrivent dans une lunette afocale avec un angle incident $\alpha = 0,20 \text{ rad}$ et que l'angle émergent est $\alpha' = 0,80 \text{ rad}$, le grossissement de la lunette est :

$$\begin{aligned} G &= \frac{\alpha'}{\alpha} \\ G &= \frac{0,80}{0,20} \\ G &= 4,0 \end{aligned}$$

Dans une lunette afocale réelle, le grossissement peut dépasser 100.



REMARQUE

EXEMPLE

C'est grâce à de tels grossissements que la lunette afocale est utilisée pour faire des télescopes.

FORMULE

Relation entre le grossissement d'une lunette afocale et les distances focales de l'objectif et de l'oculaire

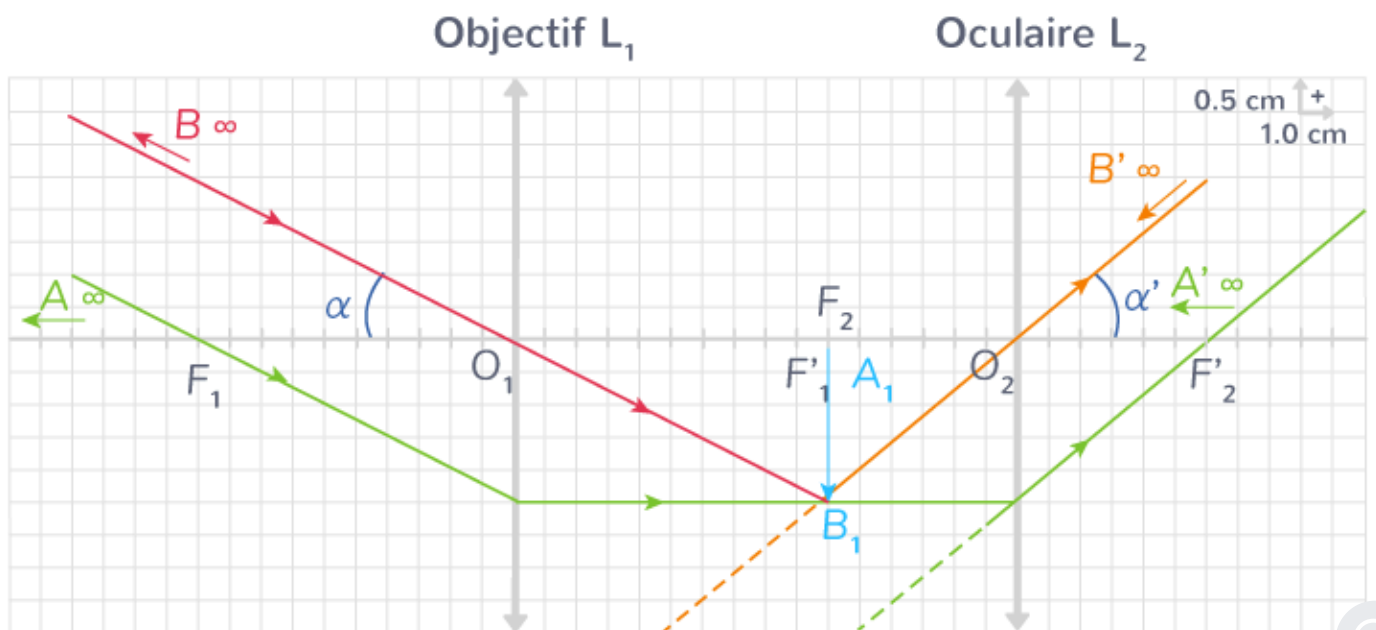
Le grossissement d'une lunette afocale est égal au quotient des distances focales de l'objectif f'_1 et de l'oculaire f'_2 , ces deux grandeurs devant être exprimées dans la même unité :

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

EXEMPLE

Sur la construction suivante, avec l'échelle indiquée, les distances focales sont :

- pour l'objectif : $f'_1 = \overline{O_1F'_1} = 10,0 \text{ cm}$;
- pour l'oculaire : $f'_2 = \overline{O_2F'_2} = 6,0 \text{ cm}$.



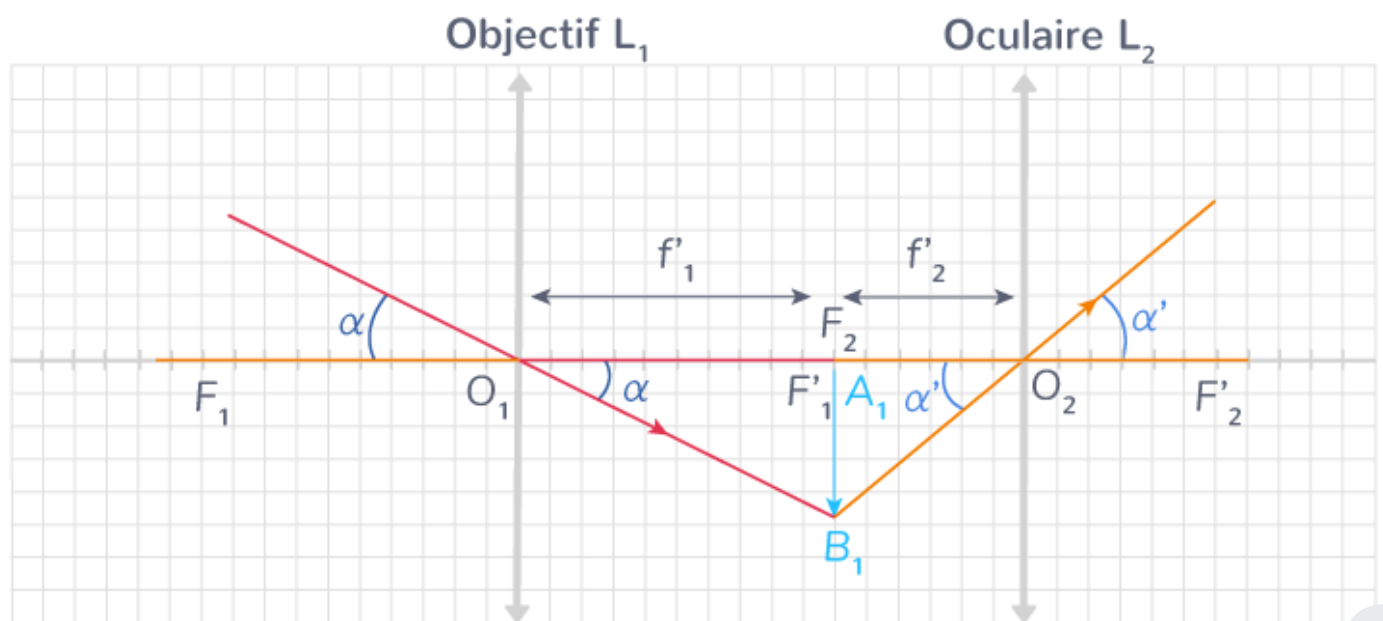
Dispositif afocal

Le grossissement de cette lunette afocale est donc :

$$\begin{aligned} G &= \frac{f'_1}{f'_2} \\ G &= \frac{10,0}{6,0} \\ G &= 1,7 \end{aligned}$$

DÉMONSTRATION

Sur la figure, on repère les angles incident α et émergent α' :



Angles incidents et émergents sur un dispositif afocal

On peut alors exprimer leurs tangentes, en fonction des distances focales de l'objectif et de l'oculaire et de la taille de l'image intermédiaire :

- $\tan(\alpha) = \frac{A_1B_1}{f'_1}$
- $\tan(\alpha') = \frac{A_1B_1}{f'_2}$

Dans une vraie lunette afocale, ces angles sont très faibles. On peut donc utiliser les approximations $\tan(\alpha) \approx \alpha_{(\text{rad})}$ et $\tan(\alpha') \approx \alpha'_{(\text{rad})}$.

Or, le grossissement est égal au quotient des angles α et α' :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

D'où :

$$G = \frac{\frac{A_1B_1}{f'_2}}{\frac{A_1B_1}{f'_1}}$$

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