Exercice 01 – Observation distance

Q1 $\tan\theta = \frac{L}{D}$

et $\tan\theta = \theta$

Donc $\theta = \frac{44}{195 \times 10^{3}}$

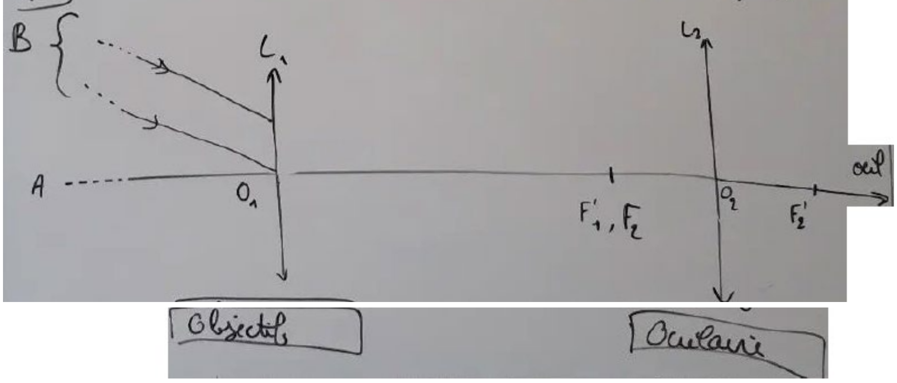
$\theta = 2,3 \times 10^{-4}$ rad.

Le résultat est vérifié

Q2 $\theta < \varepsilon$ et $\varepsilon = 3,0 \times 10^{-4}$ rad

Donc la pale est perçue comme un point unique.

Q3



Q4 Pour former une lunette afocale, il faut que les deux foyers : image (de L_1) et objet (de L_2) soient confondus.

Q5 F_2 est confondue avec F'_1 et F'_2 est la symétrique de F_2 par rapport à L_2.

Q6 $d = O_1F'_1 + O_2F_2$ comme $O_2F_2 = O_2F'_2$

Alors, $d = f'_1 + f'_2$

Q7 voir annexe

Q8 voir annexe

Q9 $G = \frac{\theta'}{\theta}$ et $\theta = \frac{A_1B_1}{f'_1}$

$\theta' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$

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

Ainsi, $G = \frac{\frac{1}{f'_2}}{\frac{1}{f'_1}} = \frac{f'_1}{f'_2}$

Q10 Il faut que $\theta' > 4\varepsilon$

Et $4\varepsilon = 4 \times 3,0 \times 10^{-4} = 1,2 \times 10^{-3}$ rad

$G = \frac{\theta'}{\theta}$ donc $G > \frac{4\varepsilon}{\theta}$

Or $\theta = 2,3 \times 10^{-4}$ rad

Donc $G > \frac{1,2 \times 10^{-3}}{2,3 \times 10^{-4}}$

$G > 5,3$

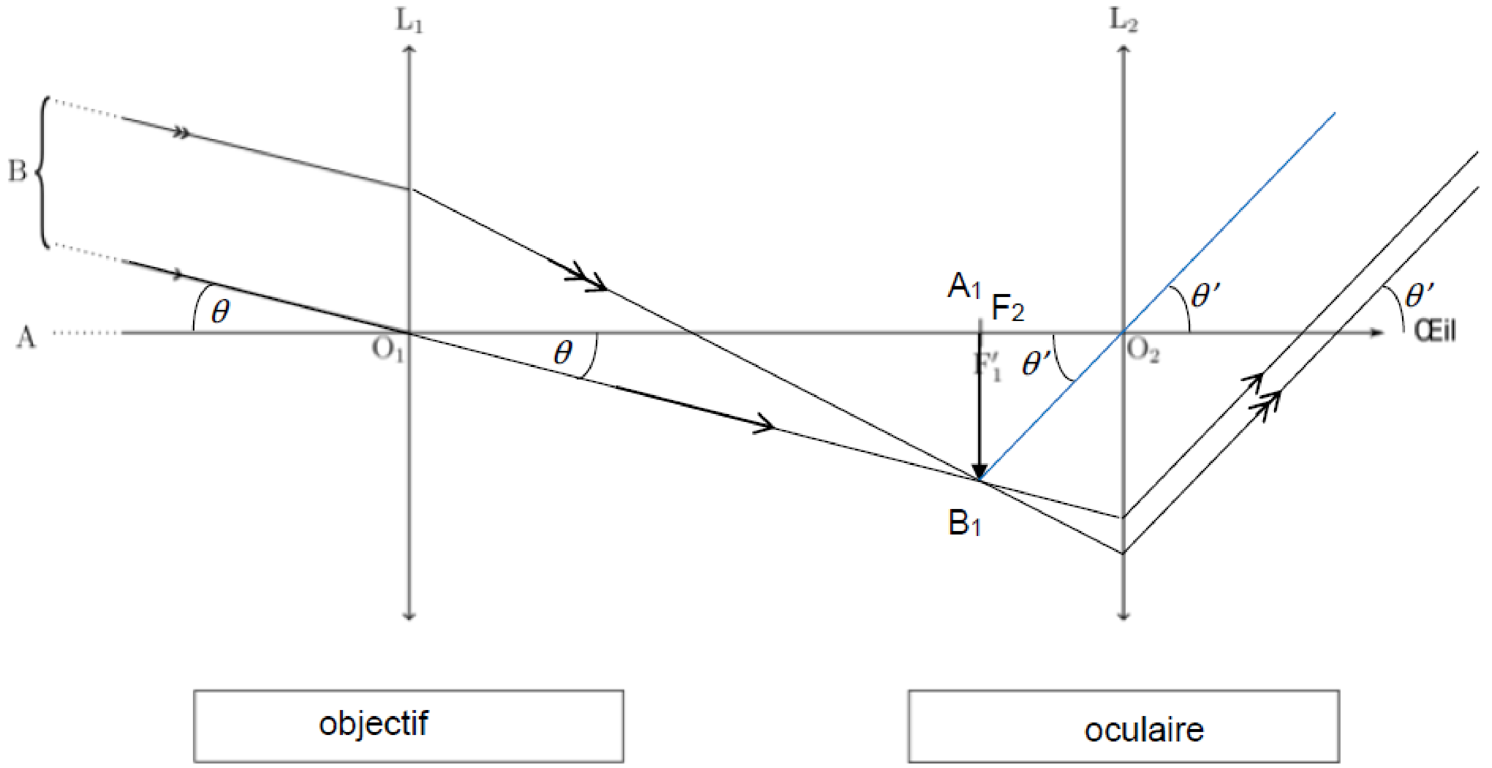
Et $G = \frac{f'_1}{f'_2}$

Alors $\frac{f'_1}{f'_2} > 5,3$

Donc $f'_1 = 30$ cm et $f'_2 = 5,0$ cm

Puisque $\frac{30}{5,0} = 6,0$

$f'_2 = 5,0$ cm

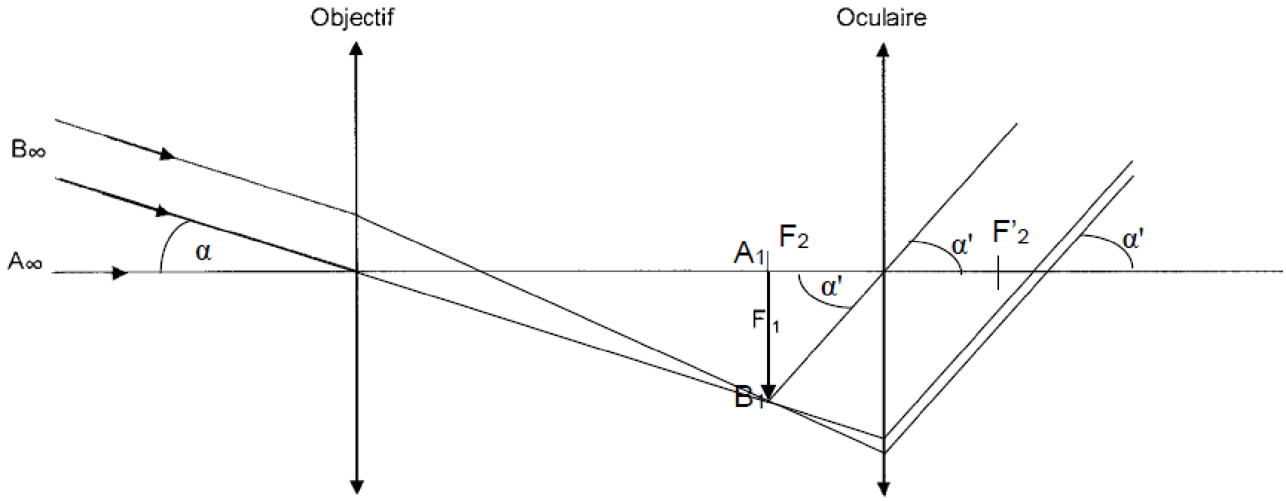


Exercice 02 – Observation d'un avion en vol

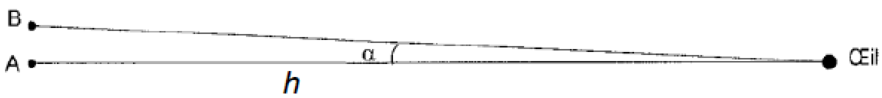
1. Observation d'un avion A312 avec une lunette astronomique

Q1. Une lunette afocale donne, d'un objet situé à l'infini, une image définitive rejetée à l'infini.

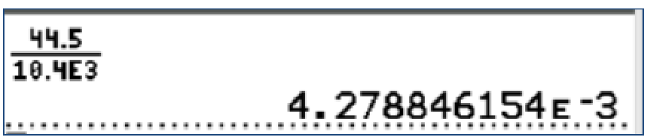
Q2. Le foyer objet F_2 est confondu avec le foyer image F'_1.
F'_2 est symétrique de F_2 par rapport à O_2.



Q4. $\tan \alpha = \alpha = \dfrac{AB}{h} = \dfrac{L}{h}$



$\alpha = \dfrac{44{,}5}{10{,}4\times10^{3}} = 4{,}28\times10^{-3}$ rad $> 3{,}0\times10^{-4}$ rad



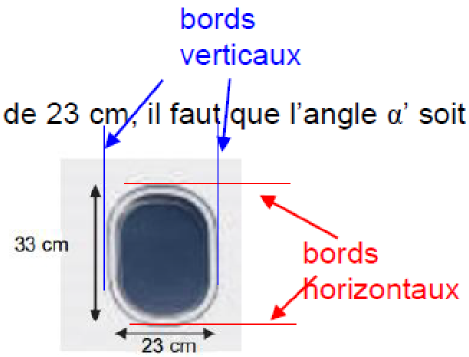
L'angle α est assez grand pour distinguer l'avant de l'avion de l'arrière.

Q5. α et α '

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

Q6. Pour distinguer l'un de l'autre les bords verticaux séparés de 23 cm, il faut que l'angle α' soit supérieur à $3{,}0 \times 10^{-4}$ rad.
Le grossissement G est compris entre 16 et 48.

Comme $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ alors α' = $G.\alpha$



On a AB = 23 cm et h = 10,4 km = $10{,}4 \times 10^3$ m.

On peut exprimer α = $\dfrac{\text{AB}}{h}$.

α' = $G.\dfrac{\text{AB}}{h}$

16* 0.23/10.4E3
3.538461538E-4

Avec le plus petit grossissement

$\alpha' = 16 \times \dfrac{0{,}23 \text{ m}}{10{,}4 \times 10^3 \text{ m}} = 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad > $3{,}0 \times 10^{-4}$ rad donc on peut distinguer les deux points.

Avec le plus gros grossissement, forcément même conclusion.

$\alpha' = 48 \times \dfrac{0{,}23 \text{ m}}{10{,}4 \times 10^3 \text{ m}} = 1{,}1 \times 10^{-3}$ rad > $3{,}0 \times 10^{-4}$ rad

2. Détermination de la vitesse d'un avion A312 en phase d'atterrissage

Q7. Ce décalage de fréquence est dû à l'effet Doppler.

Q8.

A	B	C	D
$f_A = \dfrac{c}{c-v}$ $f_E = \dfrac{c}{c+v}$	$f_A = f_0 \cdot \dfrac{c}{c-v}$ $f_E = f_0 \cdot \dfrac{c}{c+v}$	$f_A = f_0 \cdot \dfrac{c}{c+v}$ $f_E = f_0 \cdot \dfrac{c}{c-v}$	$f_A = f_0 \cdot \dfrac{c}{c-2v}$ $f_E = f_0 \cdot \dfrac{c}{c+v}$

Avec f_A = 2,2 kHz et f_E = 1,5 kHz.

Proposition A :
On élimine la proposition A, car les formules ne sont pas homogènes.

En effet prenons $\dfrac{c}{c-v}$ et remplaçons chaque grandeur par son unité alors on obtient $\dfrac{m.s^{-1}}{m.s^{-1}}$.
Ce qui est égal à 1 donc sans dimension. Or la fréquence f devrait être en hertz (= s^{-1}).

Proposition C : éliminée

$f_A = f_0 \cdot \dfrac{c}{c+v} < f_E = f_0 \cdot \dfrac{c}{c-v}$

Or les mesures donnent $f_A > f_E$.

On a f_A = 2,2 kHz > f_E = 1,5 kHz.

Proposition D :
La présence du 2 dans la formule de f_A n'est pas correcte.
Cette formule ne serait valable que si c – 2v >0 donc si v < c/2. Or le sujet indique que la vitesse de croisière de l'avion est de 863 km·h^{-1} ce qui est supérieur à la moitié de la célérité du son (175 m.s^{-1} = 630 km.h^{-1}).

On retient donc la proposition B.

Q9. $f_A = f_0 \cdot \dfrac{c}{c-v}$ $\qquad f_E = f_0 \cdot \dfrac{c}{c+v}$

$$\frac{f_A}{f_E} = \frac{f_0 \cdot \dfrac{c}{c-v}}{f_0 \cdot \dfrac{c}{c+v}} = \frac{c}{c-v} \times \frac{c+v}{c} = \frac{c+v}{c-v}$$

$$f_A \cdot (c-v) = f_E \cdot (c+v)$$

$$f_A . c - f_A . v = f_E . c + f_E . v$$

$$f_A . c - f_E . c = f_E . v + f_A . v$$

$$(f_A - f_E) . c = (f_E + f_A) . v$$

$$v = c . \frac{(f_A - f_E)}{(f_E + f_A)}$$

$v = 345 \times \dfrac{(2{,}2 - 1{,}5)}{(1{,}5 + 2{,}2)} = 65$ m.s^{-1}, en multipliant par 3,6 on trouve 235 km.h^{-1}.

Cette vitesse est relativement peu élevée pour un avion, mais elle est cohérente puisqu'il s'agit de l'atterrissage.

Exercice 03 – L'observation de Saturne

Partie A - Limite de résolution d'une lunette astronomique et pouvoir séparateur de l'œil

A.1.

D'après les données : L'angle apparent sous lequel le système d'anneaux de Saturne est vu depuis la Terre vaut $\alpha = 8 \times 10^{-5}$ rad quand Saturne est au plus près de la Terre.

Or, toujours d'après les données, On considère qu'un œil normal ne peut pas distinguer deux points objets A et B très proches si l'angle apparent sous lequel ils sont vus est inférieur à $2{,}9 \times 10^{-4}$ rad.

$\alpha < 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad : il n'est pas possible de profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne avec ses anneaux à l'œil nu.

A.2.

$$\alpha_{\text{lim}} = 1{,}22 \times \frac{\lambda}{D}$$

D'après les données : La longueur d'onde de la radiation la plus lumineuse diffusée par Saturne est λ = 705 nm.

$$\alpha_{\text{lim}} = 1{,}22 \times \frac{705 \times 10^{-9}}{70 \times 10^{-3}}$$

$$\alpha_{\text{lim}} = 1{,}2 \times 10^{-5}\ \text{rad}$$

La limite de résolution angulaire α_{lim} de cette lunette commerciale à pour valeur :

$$\alpha_{\text{lim}} = 1{,}2 \times 10^{-5}\ \text{rad.}$$

A.3.

$\alpha > \alpha_{\text{lim}} = 1{,}2 \times 10^{-5}$ rad : le phénomène ondulatoire limitant la résolution n'empêche pas l'observation de Saturne avec la lunette proposée.

Partie B - Formation de l'image de Saturne et de ses anneaux

B.1.1.

L_1 : l'objectif car c'est la lentille placée vers l'objet

L_2 : l'oculaire car c'est une lentille convergente possédant une petite distance focale. C'est la lentille où on place l'œil.

B.1.2.

Les centres optiques respectifs O1 et O2 ; sont placés respectivement aux centres des lentilles L_1 et L_2.

Le foyer objet F_2 de L_2 : $O_2F_2 = O_2F'_2$

Le foyer image F'_1 de L_1 :

D'après le sujet la lunette est afocale. La lentille L_1, donne de l'objet $\mathrm{A}_\infty\mathrm{B}_\infty$, une image $\mathrm{A}_1\mathrm{B}_1$sur le foyer image F'_1. Pour que L_2 donne une image $\mathrm{A'}_\infty\mathrm{B'}_\infty$, il faut que $\mathrm{A}_1\mathrm{B}_1$ soit sur le foyer objet F_2.

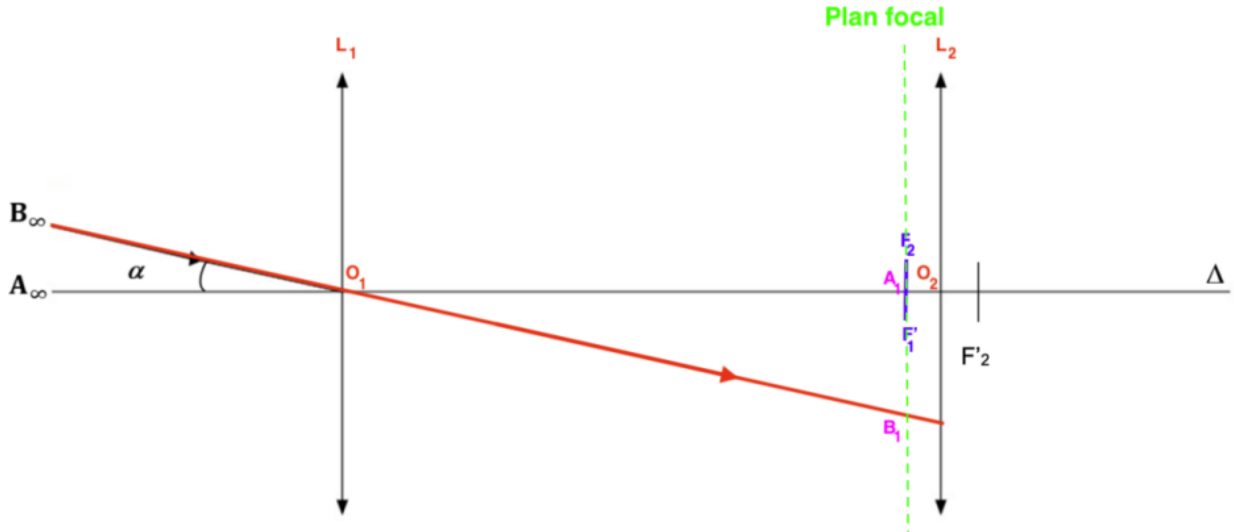
Ainsi, les deux foyers F'_1 et F_2 sont confondus.

B.2.

La lentille L_1, donne de l'objet $A_\infty B_\infty$, une image A_1B_1 sur le plan focal.

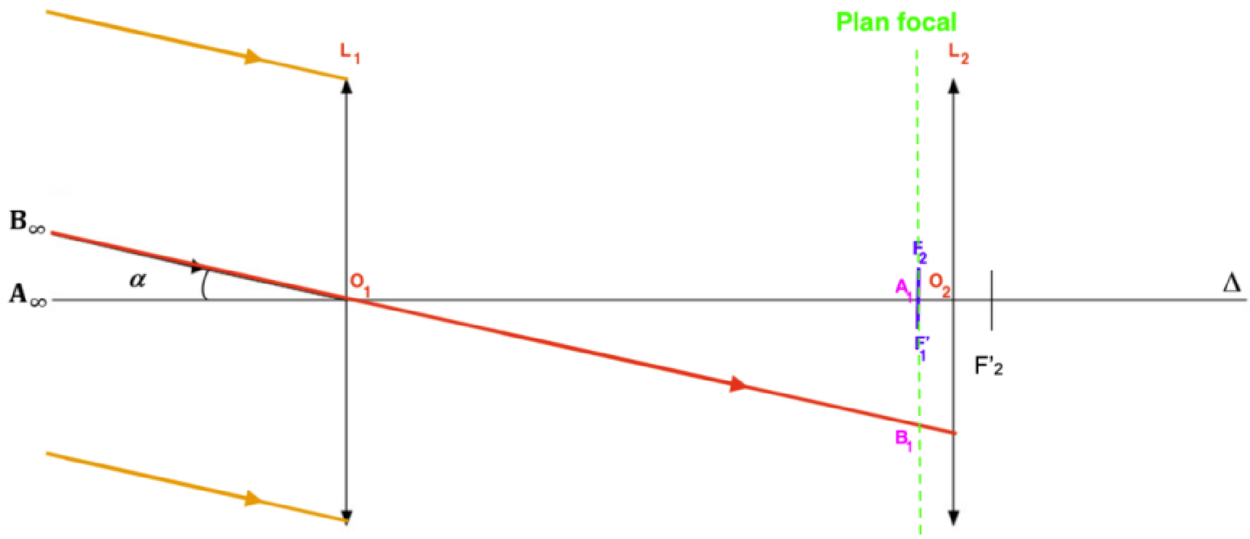
Le rayon issu de B, passant par O_1 n'est pas dévié.

Le point B_1 est défini par l'intersection de ce rayon et le plan focal.

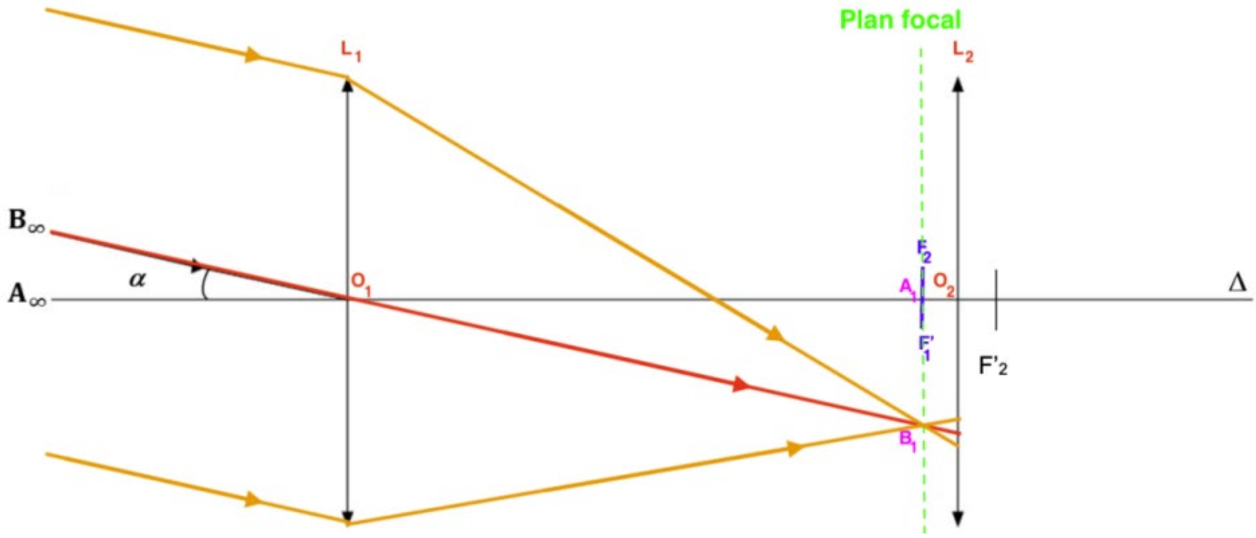


Le faisceau émergent de la lunette issu de B_∞ et passant par les bords de l'objectif :

Tous les rayons issus de B sont parallèles entre eux car ils proviennent de l'infini.



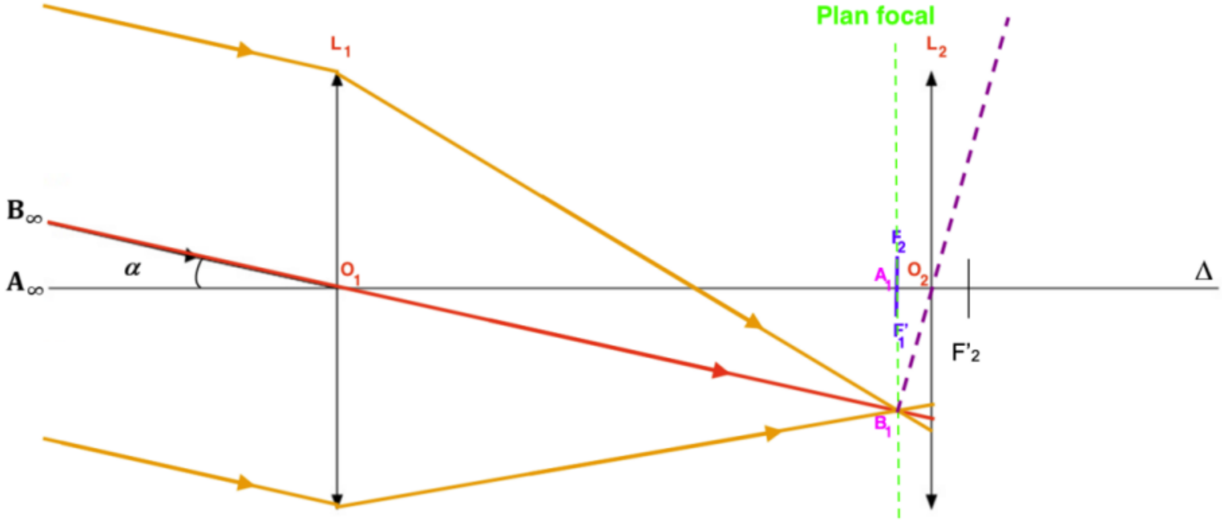
Tous les rayons issus de B se rejoignent au point B_1.



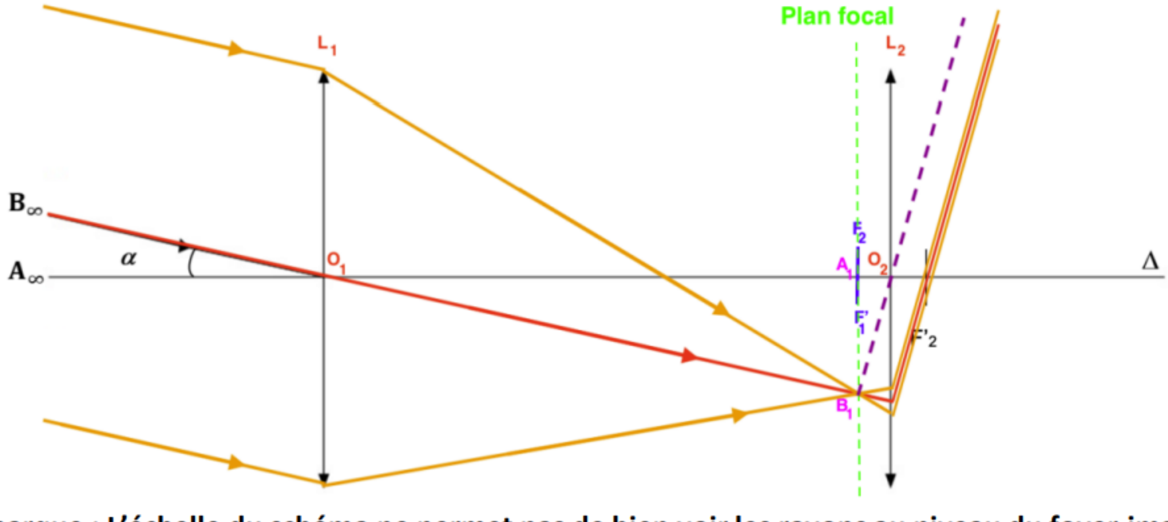
Partie C - Grossissement de la lunette astronomique

C.1.

Un rayon issu de B_1 passant par O_2 n'est pas dévié.

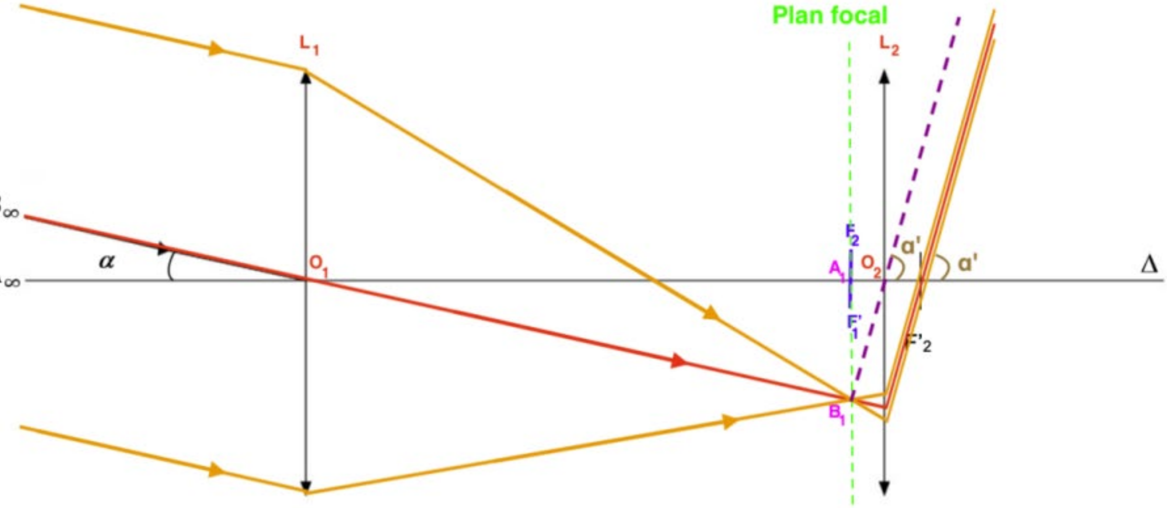


A_1B_1 étant sur le plan focal, il donnera une image à l'infini, tous les rayons issus de B_1, passant par la lentille L_2 seront parallèles.



Remarque : L'échelle du schéma ne permet pas de bien voir les rayons au niveau du foyer image. les rayons ne passent pas par F'₂.

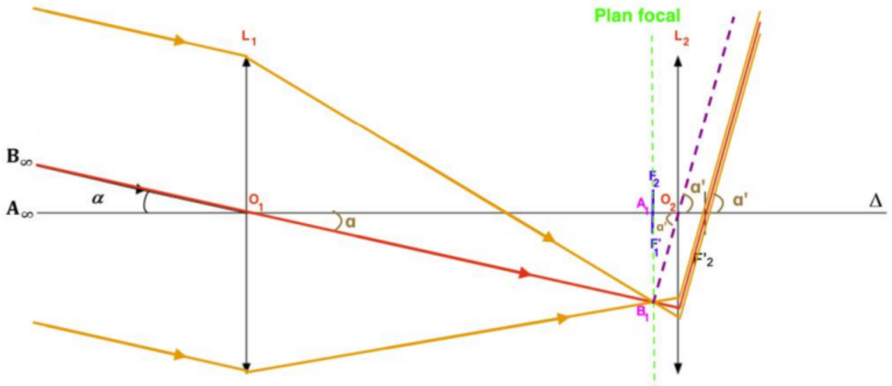
α' est l'angle sous lequel est vue l'image finale en sortie de lunette.



C.2.

Le grossissement G est défini par :

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



$$\tan(\alpha) \approx \alpha = \frac{A_1B_1}{f_1'}$$

$$\tan(\alpha') \approx \alpha' = \frac{A_1B_1}{f_2'}$$

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\frac{A_1B_1}{f_2'}}{\frac{A_1B_1}{f_1'}} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

C.3.

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

$$G = \frac{900 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}}$$

$$G = 45$$

La valeur du grossissement « 45 X » de la lunette commerciale décrite en figure 3 est validée.

C.4.

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

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

$$\alpha' = G \times \alpha$$

$$\alpha' = 45 \times 8 \times 10^{-5}$$

$$\alpha' = 3{,}6 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

D'après les données :

D'après les données, On considère qu'un œil normal ne peut pas distinguer deux points objets A et B très proches si l'angle apparent sous lequel ils sont vus est inférieur à $2{,}9 \times 10^{-4}$ rad.

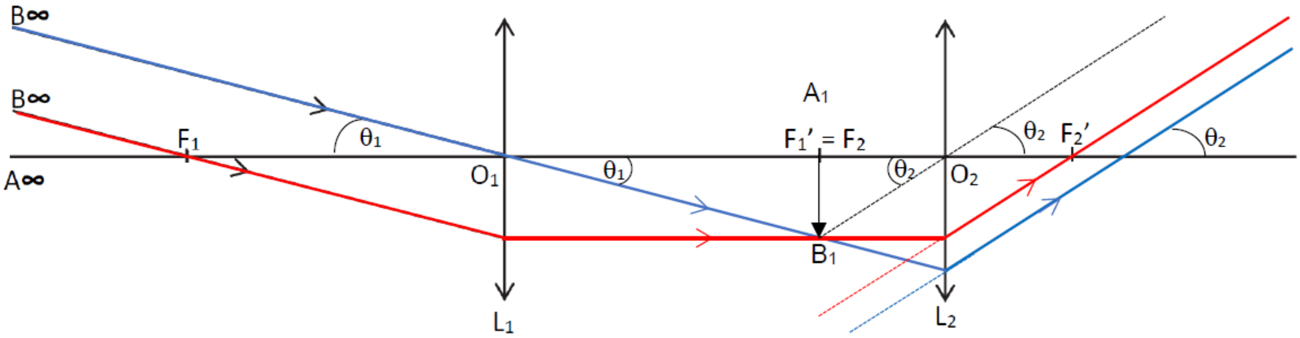
$\alpha' = 3{,}6 \times 10^{-3}$ rad $> 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad : l'œil peut théoriquement discerner les anneaux de Saturne avec l'aide de cette lunette.

2. Observer Mars à l'aide d'une lunette astronomique

Q6. Sur la figure A_1 de l'ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE, on note L_1 et L_2 les deux lentilles minces convergentes. Préciser la lentille correspondant à l'objectif et celle correspondant à l'oculaire de la lunette.

(0,25pt) La lentille L_1 est la lentille la plus proche de l'objet à observer : **L_1 est l'objectif**.
La lentille L_2 est la lentille la plus proche de l'œil : **L_2 est l'oculaire**

Q7. Tracer sur la figure A_1 de l'ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE la marche des rayons lumineux provenant de B_∞ à travers la lentille L_1 et la lentille L_2 en faisant apparaitre l'image intermédiaire, notée A_1B_1, de l'objet $A_\infty B_\infty$ à travers la lentille L_1.



(1pt) *Justifications ci-dessous non demandées.*
Le rayon issu de B_∞ et passant par le foyer objet F_1, émerge de L_1 parallèlement à l'axe optique (en rouge). Il sort de L_2 en passant par le foyer image F'_2 de L_2.
Le rayon issu de B_∞ et passant par le centre optique O_1 de L_1 n'est pas dévié (en bleu). Il sort de L_2 parallèle au rayon précédent car l'image définitive est située à l'infini.
L'objet $A_\infty B_\infty$ étant situé à l'infini, son image A_1B_1 par L_1 est située dans le plan focal image de L_1 : A_1 est donc confondu avec $F'_1 = F_2$ et B_1 est l'intersection des deux rayons issus de B_∞.

Q8. Représenter les angles θ_1 (angle sous lequel est vu Mars à l'œil nu) et θ_2 (angle sous lequel est vu Mars à l'aide de la lunette) sur la figure A1 de l'ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE.
(0,5pt) Angles représentés sur l'annexe A_1.

Q9. On rappelle que le grossissement G de la lunette s'écrit : $G = \dfrac{\theta_2}{\theta_1}$. Établir que le grossissement s'exprime en fonction des distances focales de l'objectif et de l'oculaire notées respectivement f'_{obj} et f'_{ocu} : $G = \dfrac{f'_{obj}}{f'_{ocu}}$.

(0,5pt) Grossissement : $G = \dfrac{\theta_2}{\theta_1}$. Pour de petits angles exprimés en radian : $\tan\theta \approx \theta$.

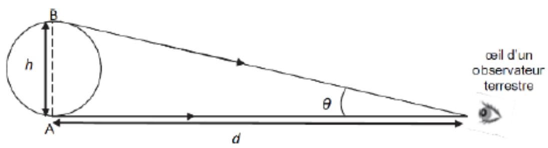
Triangle $O_1A_1B_1$: $\tan\theta_1 = \dfrac{A_1B_1}{O_1F'_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_{obj}} \approx \theta_1$; Triangle $O_2A_1B_1$: $\tan\theta_2 = \dfrac{A_1B_1}{O_2F'_2} = \dfrac{A_1B_1}{f'_{ocu}} \approx \theta_2$

$$G = \frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{\dfrac{A_1B_1}{f'_{ocu}}}{\dfrac{A_1B_1}{f'_{obj}}} = \frac{f'_{obj}}{f'_{ocu}} \Leftrightarrow \boxed{G = \frac{f'_{obj}}{f'_{ocu}}}$$

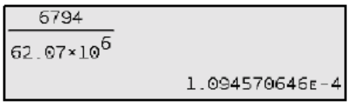
Q10. Dans la situation où Mars est au plus près de la Terre, déterminer parmi les oculaires fournis avec la lunette décrite au tableau 2, celui qui permet à un observateur de voir Mars au moins aussi grosse que la Lune vue à l'œil nu.
(1pt)

$G = \dfrac{\theta_2}{\theta_1} = \dfrac{f'_{obj}}{f'_{ocu}}$ donc $f'_{ocu} = \dfrac{f'_{obj} \times \theta_1}{\theta_2}$ avec f'_{obj} = 900 mm.

Pour de petits angles en radian : $\tan\theta \approx \theta = \dfrac{h}{D}$.



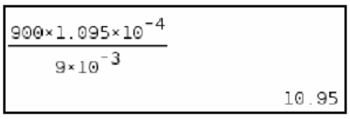
Angle sous lequel Mars est vue à l'œil nu : $\theta_M = \dfrac{h}{D} = \dfrac{6794 \text{ km}}{62{,}07 \times 10^6 \text{ km}}$ = $\mathbf{1{,}095 \times 10^{-4}}$ **rad.**



Angle sous lequel la Lune est vue à l'œil nu : $\theta_L = 9{,}0 \times 10^{-3}$ rad.

L'observateur souhaite voir Mars à travers la lunette astronomique au moins aussi grosse que la Lune vue à l'œil nu donc :
$\theta_2 \geq \theta_L = 9{,}0 \times 10^{-3} \times 10^{-4}$ rad
$\theta_1 = \theta_M = 1{,}095 \times 10^{-4} \times 10^{-3}$ rad.

Dans le cas où $\theta_2 = \theta_L \Leftrightarrow f'_{ocu} = \dfrac{900 \text{ mm} \times 1{,}095 \times 10^{-4} \text{ rad}}{9{,}0 \times 10^{-3} \text{ rad}}$ = **11 mm**.

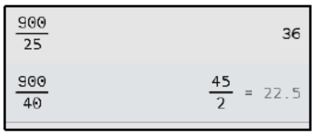


Le grossissement minimal correspondant est $G_{min} = \dfrac{f'_{obj}}{f'_{ocu}} = \dfrac{900}{11}$ = **82.**

Calculons les trois grossissements possibles pour les trois oculaires : $G = \dfrac{f'_{obj}}{f'_{ocu}} = \dfrac{900}{f'_{ocu}}$

f'_{ocu} (en m)	10	25	40
G	90	36	22,5

Seul l'objectif de distance focale **10 mm** convient car $G = 90 > G_{min} = 82$.



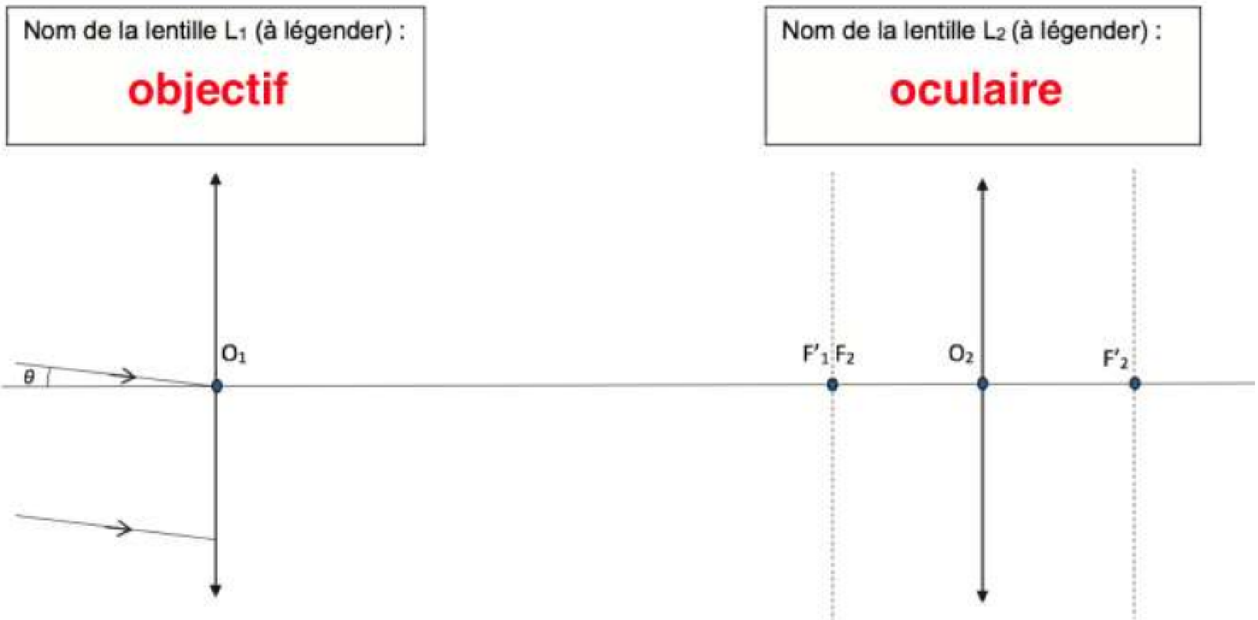
Exercice 05 – Observer les anneaux de Saturne

1. Modélisation optique de la lunette astronomique commerciale

Q1.

L_1 : l'objectif car c'est une lentille convergente possédant une grande distance focale. C'est la lentille placée vers l'objet

L_2 : l'oculaire car c'est une lentille convergente possédant une petite distance focale. C'est la lentille où on place l'œil.



Q2.

« Un système optique est dit afocal s'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini. »

La lentille L_1, donne de l'objet $A_\infty B_\infty$, une image A_1B_1 sur le foyer image F_1'.

Les deux foyers F_1' et F_2 sont confondus, ainsi la lentille L_2, donne de l'objet A_1B_1, une image à l'infini.

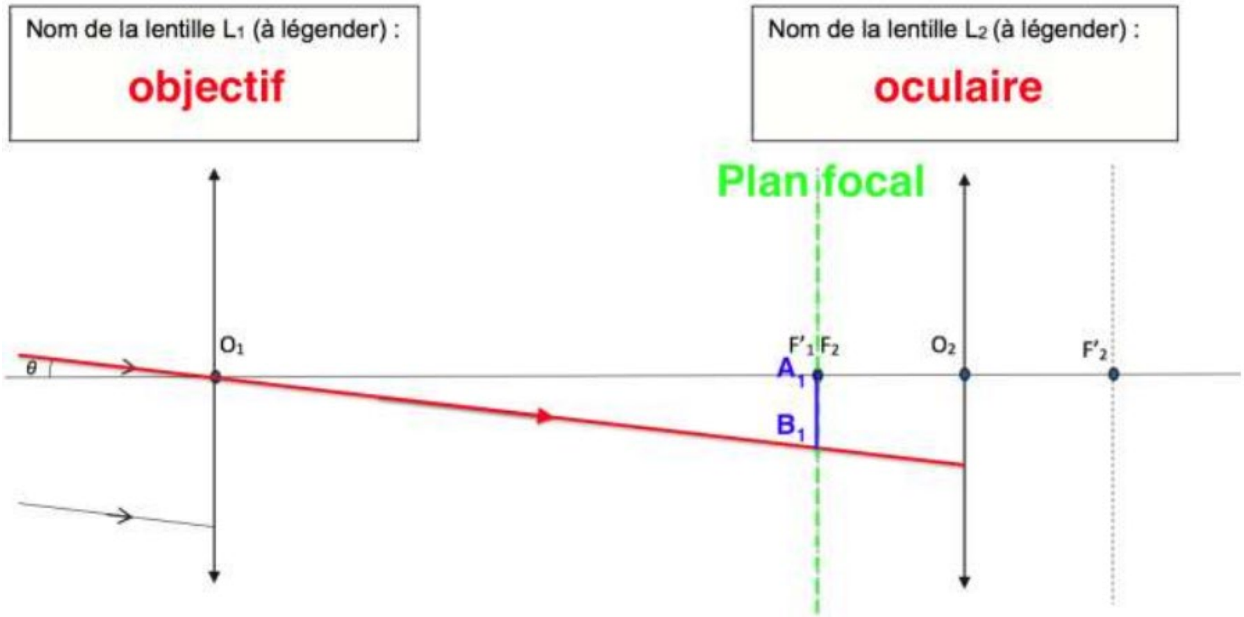
La lunette est donc afocale.

Q3.

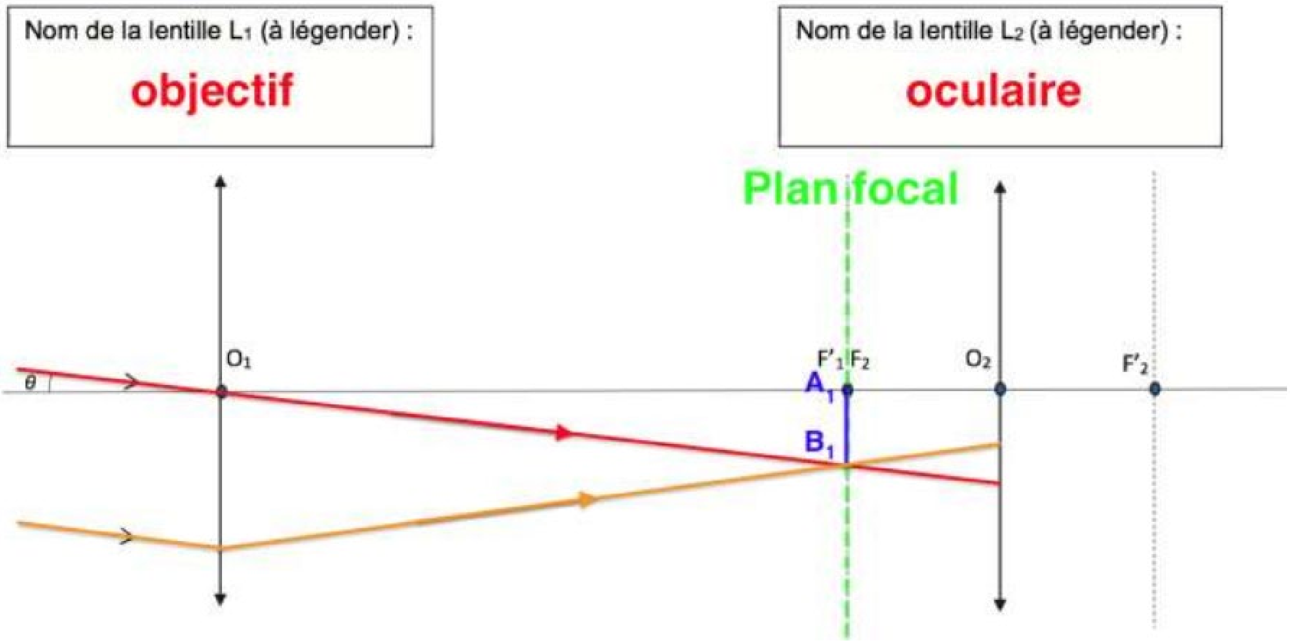
La lentille L_1, donne de l'objet $A_\infty B_\infty$, une image A_1B_1 sur le plan focal.

Le rayon issu de B, passant par O_1 n'est pas dévié.

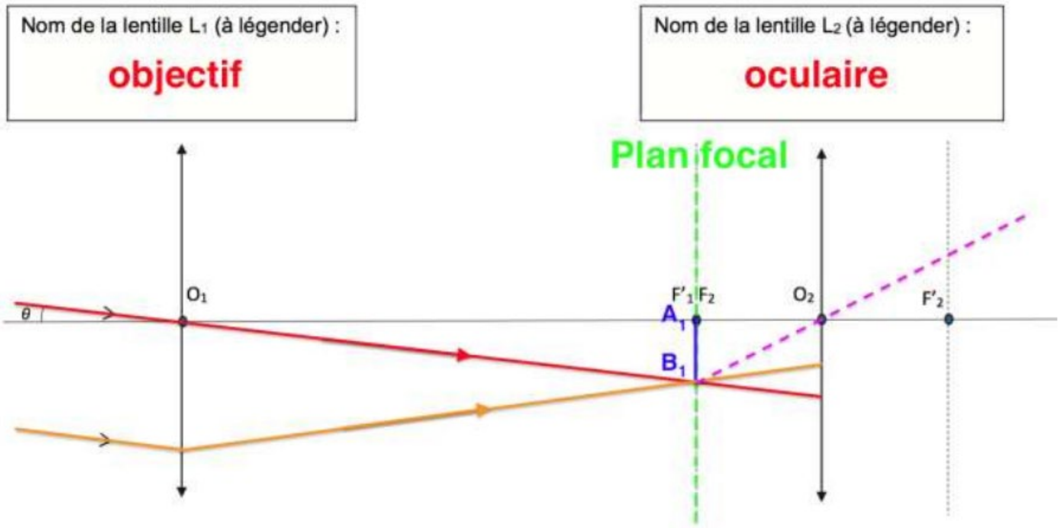
Le point B_1 est défini par l'intersection de ce rayon et le plan focal.



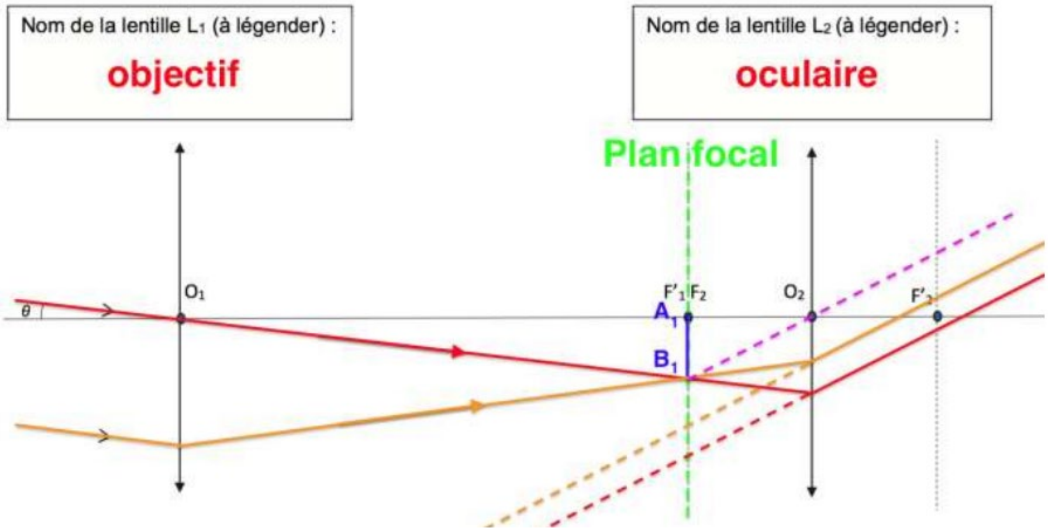
L'autre rayon est parallèle au premier. Il est dévié vers le point B_1



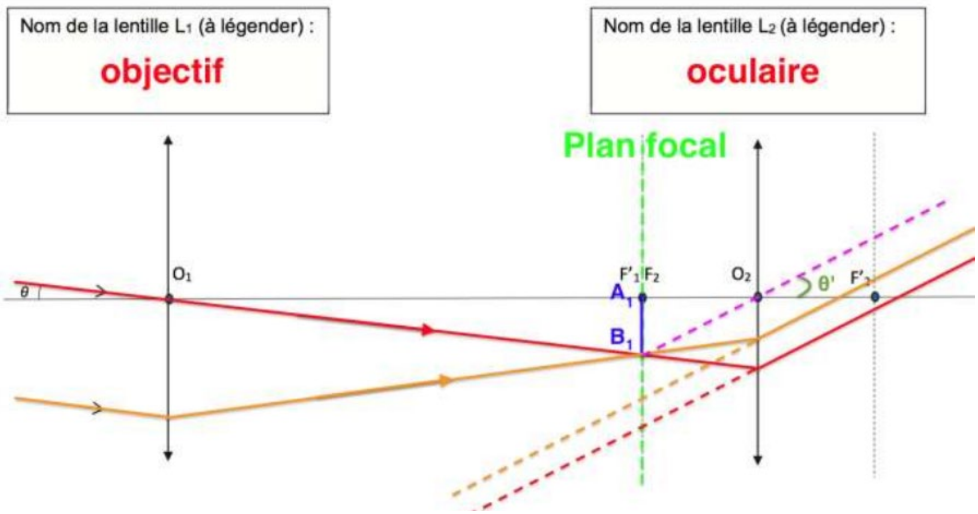
Un rayon issu de B_1 passant par O_2 n'est pas dévié.



A_1B_1 étant sur le plan focal, il donnera une image à l'infini, tous les rayons issus de B_1, passant par la lentille L_2 seront parallèles.



θ' est l'angle sous lequel est vue l'image finale en sortie de lunette.

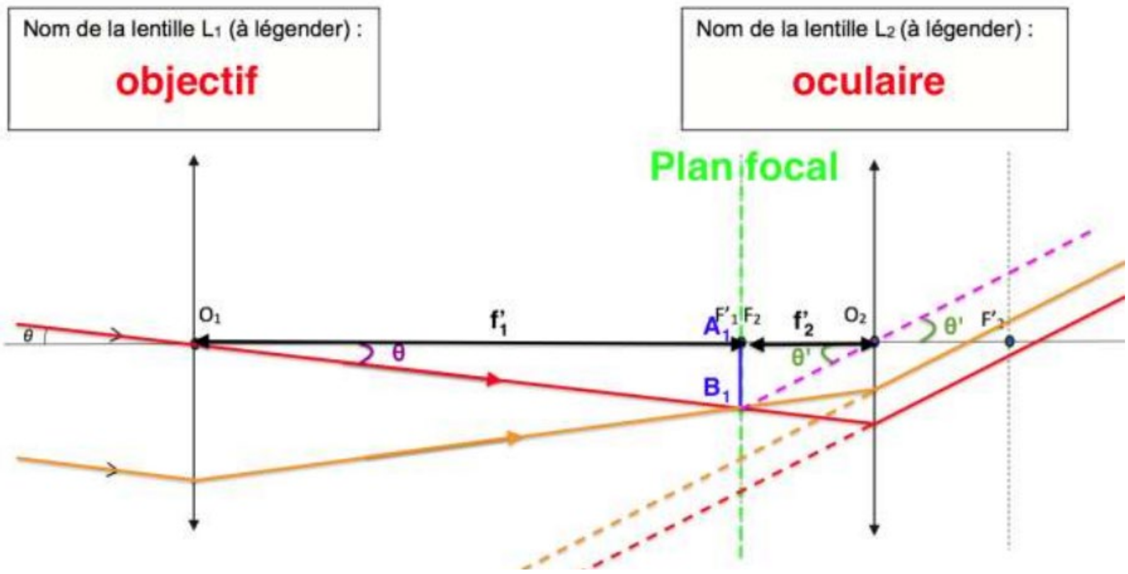


Q4.

Le grossissement G est défini par :

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

Q5.



$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{A_1B_1}{f_1'}$$

$$\tan(\theta') \approx \theta' = \frac{A_1B_1}{f_2'}$$

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{A_1B_1}{f_2'}}{\frac{A_1B_1}{f_1'}} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

Q6.

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

$$G \times f_2' = f_1'$$

$$f_2' = \frac{f_1'}{G}$$

$$f_2' = \frac{700.10^{-3}}{78}$$

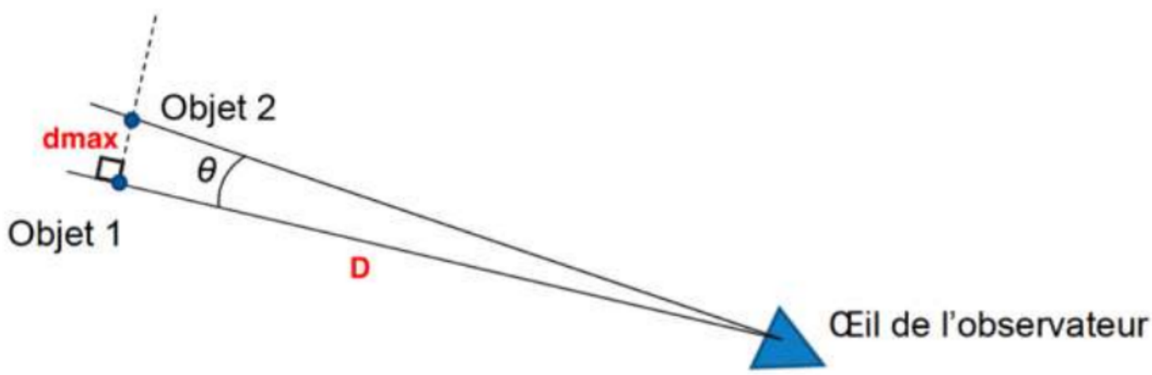
$$f_2' = 9{,}0.10^{-3}\mathrm{m}$$

$$f_2' = 9{,}0\ \mathrm{mm}$$

2. Observation des anneaux de Saturne

Q7.

Considérons Saturne et l'extrémité la plus éloignée de l'anneau A (anneau le plus éloigné considéré visible) ils sont séparés de d_{max}



Calculons l'angle d'observation à l'œil nu :

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{d_{max}}{D}$$

$$\theta = \frac{7{,}7 \times 10^4 \times 10^3}{1{,}4 \times 10^9 \times 10^3}$$

$$\theta = 5{,}5 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

Angle minimal à partir duquel notre œil peut distinguer deux objets très proches : $\varepsilon = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad

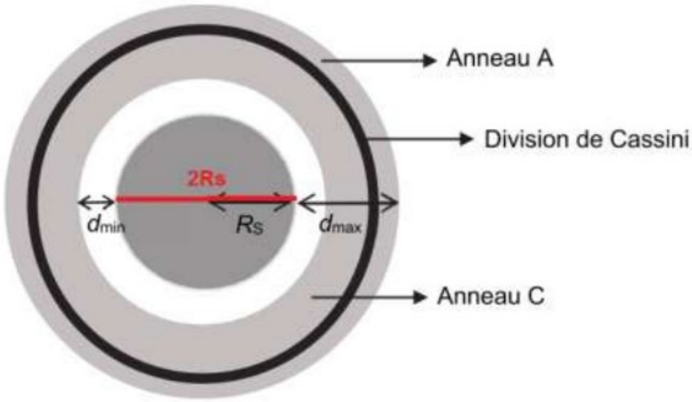
$\theta < \varepsilon$

Nous ne pouvons distinguer les objets 1 et 2 : Saturne apparait Niveau 1 : anneaux non visibles

Peut on voir saturne seul à l'œil nu ?

Considérons Saturne d'une l'extrémité à l'autre de distance $2R_S$

Saturne et ses anneaux :



Calculons l'angle d'observation à l'œil nu :

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{2R_S}{D}$$

$$\theta = \frac{2 \times 5{,}8 \times 10^4 \times 10^3}{1{,}4 \times 10^9 \times 10^3}$$

$$\theta = 8{,}3 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

Angle minimal à partir duquel notre œil peut distinguer deux objets très proches : $\varepsilon = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad

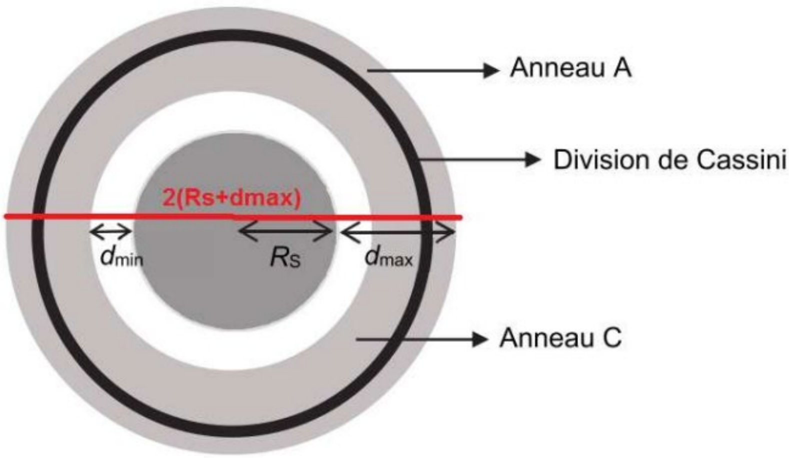
$\theta < \varepsilon$

Nous ne pouvons distinguer saturne seul à l'œil nu.

Peut on voir saturne et ses anneaux à l'œil nu ?

Considérons Saturne d'une l'extrémité à l'autre de distance $2(R_S + d_{max})$

Saturne et ses anneaux :



Calculons l'angle d'observation à l'œil nu :

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{2(R_S + d_{max})}{D}$$

$$\theta = \frac{2 \times (5{,}8 \times 10^4 \times 10^3 + 7{,}7 \times 10^4 \times 10^3)}{1{,}4 \times 10^9 \times 10^3}$$

$\theta = 1{,}9 \times 10^{-4}$ rad

Angle minimal à partir duquel notre œil peut distinguer deux objets très proches : $\varepsilon = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad

$\theta < \varepsilon$

Nous ne pouvons distinguer saturne et ses anneaux à l'œil nu.

Conclusion : saturne n'est pas visible à l'œil nu.

Q8.

On utilise la lunette astronomique de grossissement 78 modélisée dans la partie précédente pour observer Saturne et essayer de distinguer ses anneaux.

Considérons Saturne et l'extrémité la plus éloignée de l'anneau A (anneau le plus éloigné considéré visible)

$\theta' = 78 \times \theta$

$\theta' = 78 \times 5{,}5 \times 10^{-5}$

$\theta' = 4{,}3 \times 10^{-3}$ rad

Angle minimal à partir duquel notre œil peut distinguer deux objets très proches : $\varepsilon = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad

$\theta' > \varepsilon$: Nous pouvons distinguer les objets 1 et 2. Nous pouvons distinguer Saturne et l'extrémité la plus éloignée de l'anneau A.

Déterminons le niveau d'observation de Saturne (figure 1) que l'on atteint avec la lunette astronomique utilisée.

Considérons Saturne et l'extrémité la plus proche de l'anneau C (anneau le plus proche considéré visible)

Calculons l'angle d'observation à l'œil nu :

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{d_{min}}{D}$$

$$\theta = \frac{1{,}4 \times 10^4 \times 10^3}{1{,}4 \times 10^9 \times 10^3}$$

$\theta = 1{,}0 \times 10^{-5}$ rad

$\theta' = 78 \times \theta$

$\theta' = 78 \times 1{,}0 \times 10^{-5}$

$\theta' = 7{,}8 \times 10^{-4}$ rad

Angle minimal à partir duquel notre œil peut distinguer deux objets très proches : $\varepsilon = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad

$\theta' > \varepsilon$: Nous pouvons distinguer les objets 1 et 2. Nous pouvons distinguer Saturne et l'extrémité la plus proche de l'anneau C. L'anneau C est visible.

Considérons la division de Cassini

Calculons l'angle d'observation à l'œil nu :

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{d_{cas}}{D}$$

$$\theta = \frac{4{,}8 \times 10^3 \times 10^3}{1{,}4 \times 10^9 \times 10^3}$$

$$\theta = 3{,}4 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

$$\theta' = 78 \times \theta$$

$$\theta' = 78 \times 3{,}4 \times 10^{-6}$$

$$\theta' = 2{,}7 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

Angle minimal à partir duquel notre œil peut distinguer deux objets très proches : $\varepsilon = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad

$\theta' < \varepsilon$: Nous ne pouvons pas distinguer les objets 1 et 2. Nous ne pouvons pas distinguer la division de Cassini.

Ainsi, le niveau d'observation de Saturne (figure 1) que l'on atteint avec la lunette astronomique utilisée est le Niveau 3 : anneaux visibles.