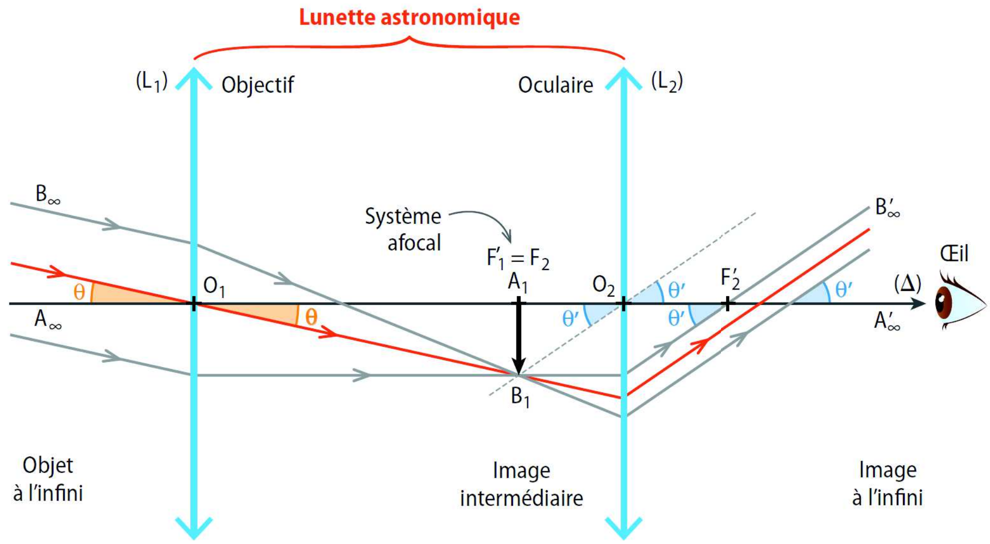
Exercices du chap.1 - correction

1 a. Pour passer de 0,6 seconde d'arc à une minute d'arc (soit 60 secondes d'arc), le grossissement minimal doit être de $\frac{60}{0,6} = 1 \times 10^2$.

b. L'objectif a une distance focale de 35 pieds, soit 35 × 313,5 = 1,1 × 10^4 mm, soit 11 m. Pour que le grossissement soit de 100, il faut que l'oculaire ait une distance focale maximale de 11 cm. Avec un oculaire de 8 cm, le grossissement est supérieur et l'observation est possible.

2 1. a. La lentille nommée objectif est celle qui est du côté de l'objet, donc des étoiles.
b. L'autre lentille est nommée oculaire.
c. L'image A_1B_1 de l'objet à l'infini par l'objectif est dans le plan focal image de l'objectif, donc à distance f_1' de son centre optique.
d. Pour que l'œil ne se fatigue pas pendant l'observation, il ne doit pas accommoder, donc observer l'infini. L'image intermédiaire A_1B_1 doit donc être placée dans le plan focal objet de l'oculaire, donc à distance de celui-ci égale à f_2'
Un tel système est qualifié d'afocal
e. La longueur du tube en carton utilisé pour construire la lunette doit donc être $L = f_1' + f_2'$.

2. a. et b.



c. Le grossissement de la lunette est $G = \frac{\theta'}{\theta}$.

d. D'après le schéma, $\tan\theta = \frac{A_1B_1}{f_1'}$ et $\tan\theta' = \frac{A_1B_1}{f_2'}$.

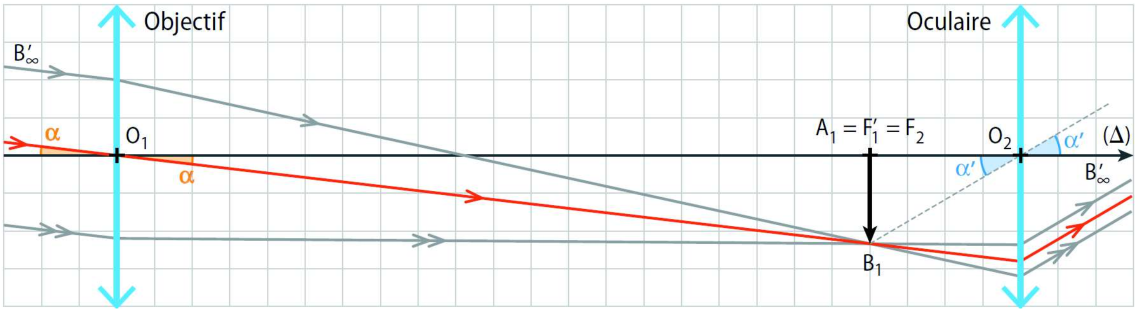
D'après l'approximation des petits angles, on obtient donc $G = \frac{\theta'}{\theta} \approx \frac{\tan\theta'}{\tan\theta} = \frac{f_1'}{f_2'} = \frac{C_2}{C_1}$.

3. a. Pour réaliser une lunette qui grossit 25 fois, il faut un couple de lentilles ayant un rapport de vergences de 25, donc ici 50,0 δ pour l'oculaire et 2,0 δ pour l'objectif.
b. Les distances focales des lentilles sont 2,00 cm et 50,0 cm, donc l'encombrement est 52 cm.
c. Si on utilise cette lunette dans le mauvais sens, on observe une diminution de taille par un facteur 25.

4. Le diamètre apparent de Mars sans la lunette est $\alpha = \frac{d}{D}$.

Avec la lunette, il est $\alpha' = \frac{Gd}{D} = 25 \times \frac{6,8 \times 10^3}{78 \times 10^6}$, voisin de 2 × 10^{-3} rad, donc supérieur à la limite de résolution de l'œil humain.

3



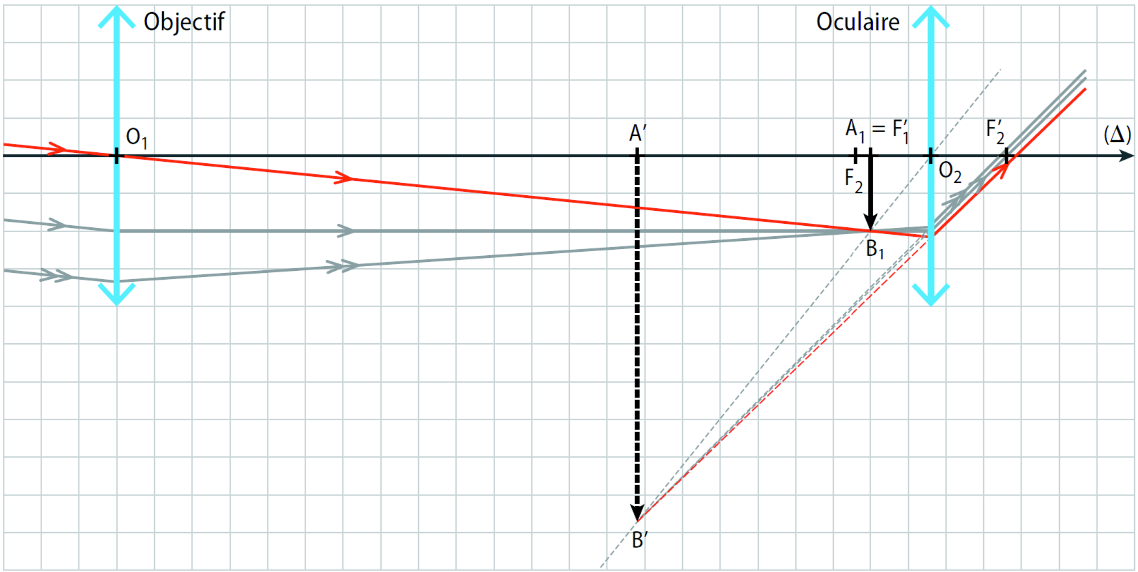
4

G	400	20	1 000	250
C_1 (en δ)	0,50	2,0	0,0500	0,400
C_2 (en δ)	$2{,}0 \times 10^2$	40,0	50,0	100,0

5 a. À l'aide de la photographie, on évalue la longueur de cette lunette à 20 m environ.
b. Si le grossissement est 2 250, alors la distance focale de l'oculaire est 2 250 fois plus petite que celle de l'objectif, donc leur somme est environ égale à la distance focale de l'objectif. La longueur de la lunette est donc approximativement la distance focale de son objectif.
c. Si la distance focale de l'objectif est voisine de f'_1 = 20 m, alors pour un grossissement

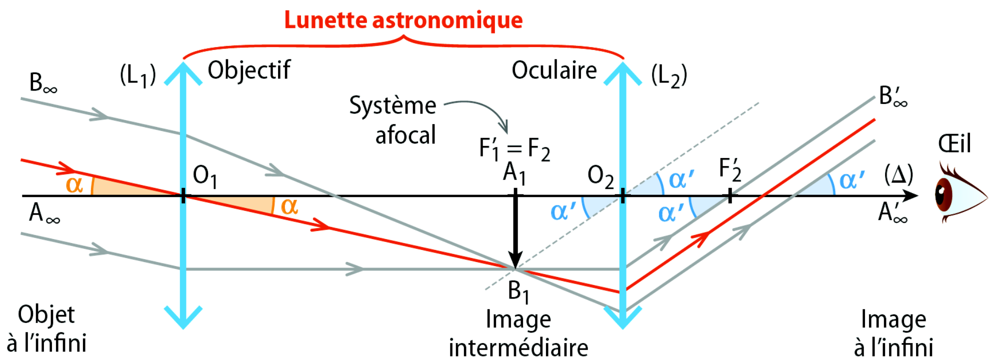
G = 2 250, la distance focale de l'oculaire est voisine de $f'_2 = \frac{f'_1}{G} = 9$ mm.

6 a. Pour que cette lunette soit afocale, il faut que $d = f'_1 + f'_2 = 55{,}0$ cm.
Ainsi, le plan focal image de l'objectif est confondu avec le plan focal objet de l'oculaire.
b. L'image intermédiaire est entre le plan focal objet de l'oculaire et l'oculaire, donc l'image définitive est une image virtuelle.
c. Schéma à l'échelle $\frac{1}{5}$:



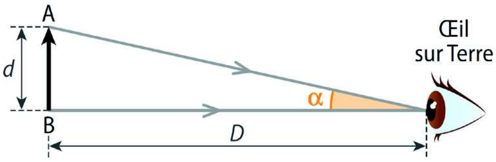
d. L'œil, d'après la construction, voit l'image à environ 20 cm derrière l'oculaire.
C'est proche, mais il la voit nette. Si elle était plus près, il ne la verrait pas nette.

7 1. a.



D'après le schéma, dans le triangle $O_1A_1B_1$, on voit que $\tan\alpha = \frac{A_1B_1}{f'_1}$.

b. À l'aide du schéma, on a $\tan\alpha = \dfrac{d}{D}$ soit, d'après l'approximation des petits angles, $\alpha = \dfrac{d}{D}$.



c. On a $\alpha = \dfrac{A_1B_1}{f_1'} = \dfrac{d}{D}$ d'où $d = \dfrac{A_1B_1D}{f_1'}$.

2. a. Une estimation (grossière) de la mesure de D et de son incertitude-type peut être réalisée à l'aide des valeurs extrêmes possibles : entre $3{,}567 \times 10^5 - 6\,378 - 1\,737 = 3{,}486 \times 10^5$ km et $4{,}063 \times 10^5 - 6\,378 - 1\,737 = 3{,}982 \times 10^5$ km.
La valeur médiane de l'intervalle est $3{,}734 \times 10^5$ km, l'incertitude-type est 2×10^4 km.
On écrit donc $D = (3{,}7 \pm 0{,}2) \times 10^5$ km.

b. On calcule $d = \dfrac{A_1B_1D}{f_1'} = \dfrac{253 \times 10^{-6} \times 3{,}7 \times 10^{8}}{60 \times 10^{-2}} = 1{,}56 \times 10^5$ m, soit 156 km.

c. On calcule :

$$u(d) = d\sqrt{\left(\frac{u(f_1')}{f_1'}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(A_1B_1)}{A_1B_1}\right)^2} = 156 \times \sqrt{\left(\frac{1}{60}\right)^2 + \left(\frac{0{,}2}{3{,}7}\right)^2 + \left(\frac{2}{253}\right)^2} = 9 \text{ km}$$

On en déduit finalement $d = 156$ km $\pm$ 9 km.

d. Le quotient $\dfrac{|d - d_{\text{réf}}|}{u(d)} = \dfrac{156 - 150}{9} = 0{,}7$.
Il est inférieur à 2, donc la qualité de la mesure est satisfaisante.

8 1. a. La lunette est afocale, donc $\overline{O_2O_1} = -(f_1' + f_2') = -1{,}10$ m.

La relation de conjugaison de Descartes s'écrit : $-\dfrac{1}{\overline{O_2O_1}} + \dfrac{1}{\overline{O_2O_1'}} = \dfrac{1}{f_2'}$ d'où $\dfrac{1}{\overline{O_2O_1'}} = \dfrac{1}{f_2'} + \dfrac{1}{\overline{O_2O_1}}$

puis $\overline{O_2O_1'} = \dfrac{1}{\frac{1}{f_2'} + \frac{1}{\overline{O_2O_1}}} = \dfrac{1}{\frac{1}{0{,}100} + \frac{1}{-1{,}10}} = 0{,}11$ m.

b. Le dégagement oculaire vaut 11 cm. C'est peut-être un peu élevé, on a tendance naturellement à placer l'œil plus près de l'oculaire.

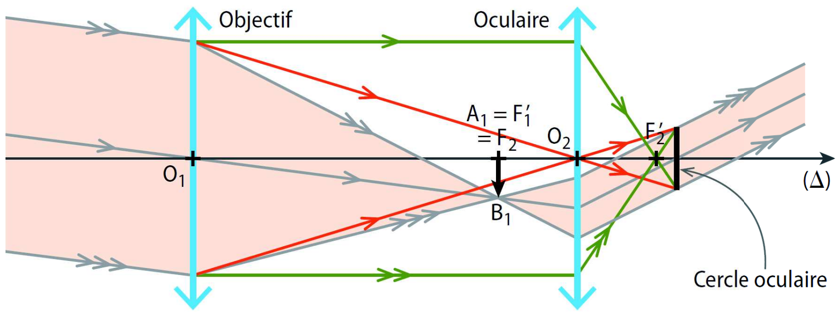
2. a. D'après les expressions du grandissement :

$$\frac{\overline{O_1'I'}}{\overline{O_1I}} = \frac{\overline{O_2O_1'}}{\overline{O_2O_1}} \quad \text{d'où} \quad \overline{O_1'I'} = \overline{O_1I} \times \frac{\overline{O_2O_1'}}{\overline{O_2O_1}} = 10 \times \frac{0{,}11}{-1{,}10} = -1{,}0 \text{ cm.}$$

On a donc $O_1'I' = 1{,}0$ cm. Le diamètre du cercle oculaire est donc 2,0 cm.

b. Dans l'idéal, le diamètre du cercle oculaire devrait être inférieur au diamètre de la pupille de l'œil, pour que toute la lumière sortant de la lunette entre dans l'œil. Ce n'est pas le cas ici, la pupille de l'œil faisant environ 5 mm.

3. a. et b.



Tous les rayons sortant de l'oculaire passent à l'intérieur du cercle oculaire, c'est là que le faisceau est le plus étroit.

9 1. a. L'image A_1B_1 donnée par (L_1) se trouve dans le plan focal image de (L_1).
b. et c. Voir figure 1, ci-après.
2. a. Voir figure 2 ci-après.
On trace d'abord le rayon allant de B_1 à B_2 sans être dévié : il passe par le centre optique O_2. Cela montre que O_2 est le milieu de [A_1A_2]. Ensuite, on trace les rayons arrivant ou émergeant parallèles à l'axe optique : ils positionnent les foyers. On voit ainsi que $A_1F_2 = F_2O_2 = O_2F_2' = F_2'A_2$ donc les distances A_1O et OA_2 sont bien égales à $2f_2'$.
b. Voir figure 1 ci-après. La lentille (L_2) sert à redresser l'image.
3. a. Pour une observation sans fatigue, l'image intermédiaire A_2B_2 doit se trouver dans le plan focal objet de (L_3), donc (L_3) doit se trouver à la distance $f_3' = 2{,}0$ cm de A_2B_2.
b. et c. Voir figure 1 ci-après.

Figure 1

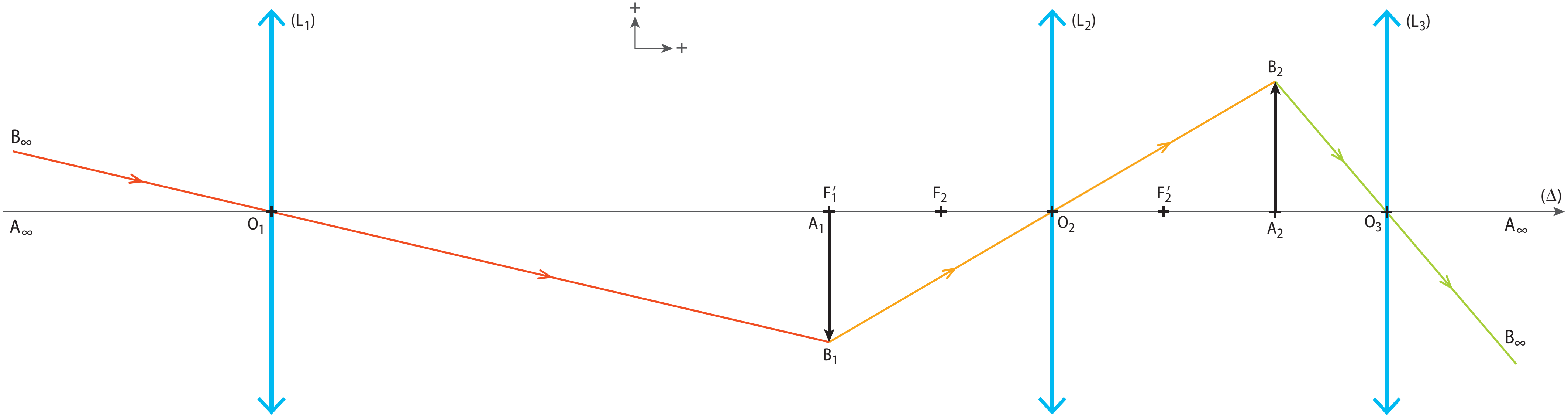


Figure 2