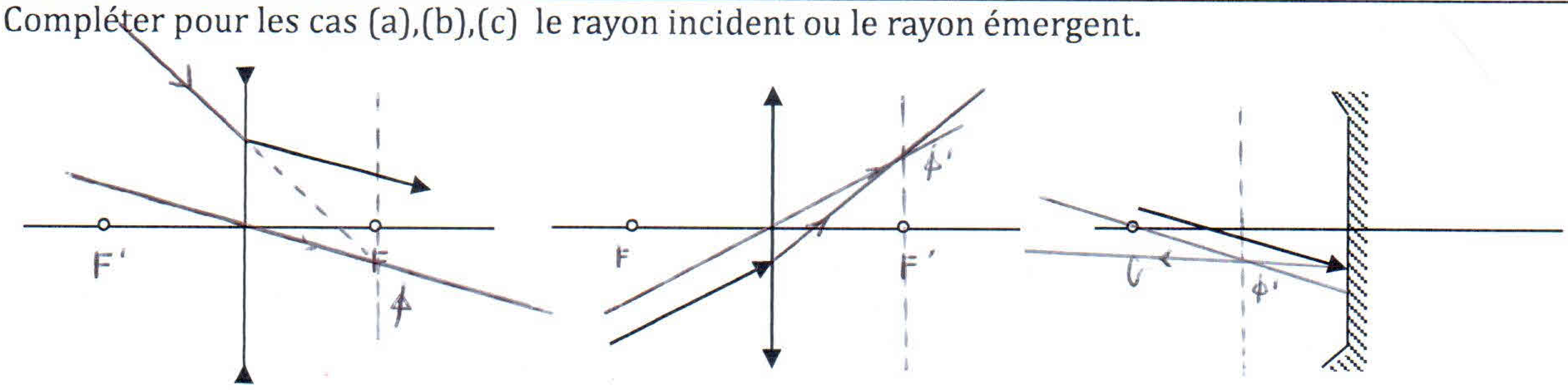
Vocabulaire :
« rappeler » signifie donner le résultat directement, sans démonstration (证明).

« déterminer » signifie utiliser les hypothèses (假设), expliquer le raisonnement (推理) et obtenir le résultat.

Exercice 1 : tracé de rayons

Les points représentés sont les foyers pour les lentilles et le centre pour le miroir.

Compléter pour les cas (a),(b),(c) le rayon incident ou le rayon émergent.



(a) (b) (c)

Exercice 2 : Images réelles avec un miroir

On veut déterminer les positions des points objets qui ont un point image réelle par un miroir sphérique convexe. Il est caractérisé par le centre C et le sommet S.
On note A l'objet, ~~et~~ A' l'image et R le rayon du miroir sphérique.

1. Rappeler la relation de conjugaison avec origine au sommet pour des miroirs sphériques.

$$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

2.a. L'image est réelle. La distance algébrique $\overline{SA'}$ est-elle positive ou négative ?

négative

2.b. Déterminer l'intervalle (区间) de la distance algébrique $\overline{SA}$.

$$\frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}} - \frac{1}{\overline{SA}} < 0 \Rightarrow \frac{1}{\overline{SA}} > \frac{2}{\overline{SC}} \Rightarrow \overline{SA} < \frac{\overline{SC}}{2} = \frac{R}{2}$$

Et puis $\frac{1}{\overline{SA}} = \frac{2}{\overline{SC}} - \frac{1}{\overline{SA'}} > 0$ (la somme des deux termes positifs)

$$\Rightarrow \boxed{0 < \overline{SA} < \frac{R}{2}}$$

2.c. L'objet est-il réel ou virtuel ?

virtuel

3.a. Rappeler la définition du grandissement transversal γ.

$$\gamma \overset{def}{=} \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

3.b. Que vaut le grandissement γ pour $\overline{SA} = R/3$?

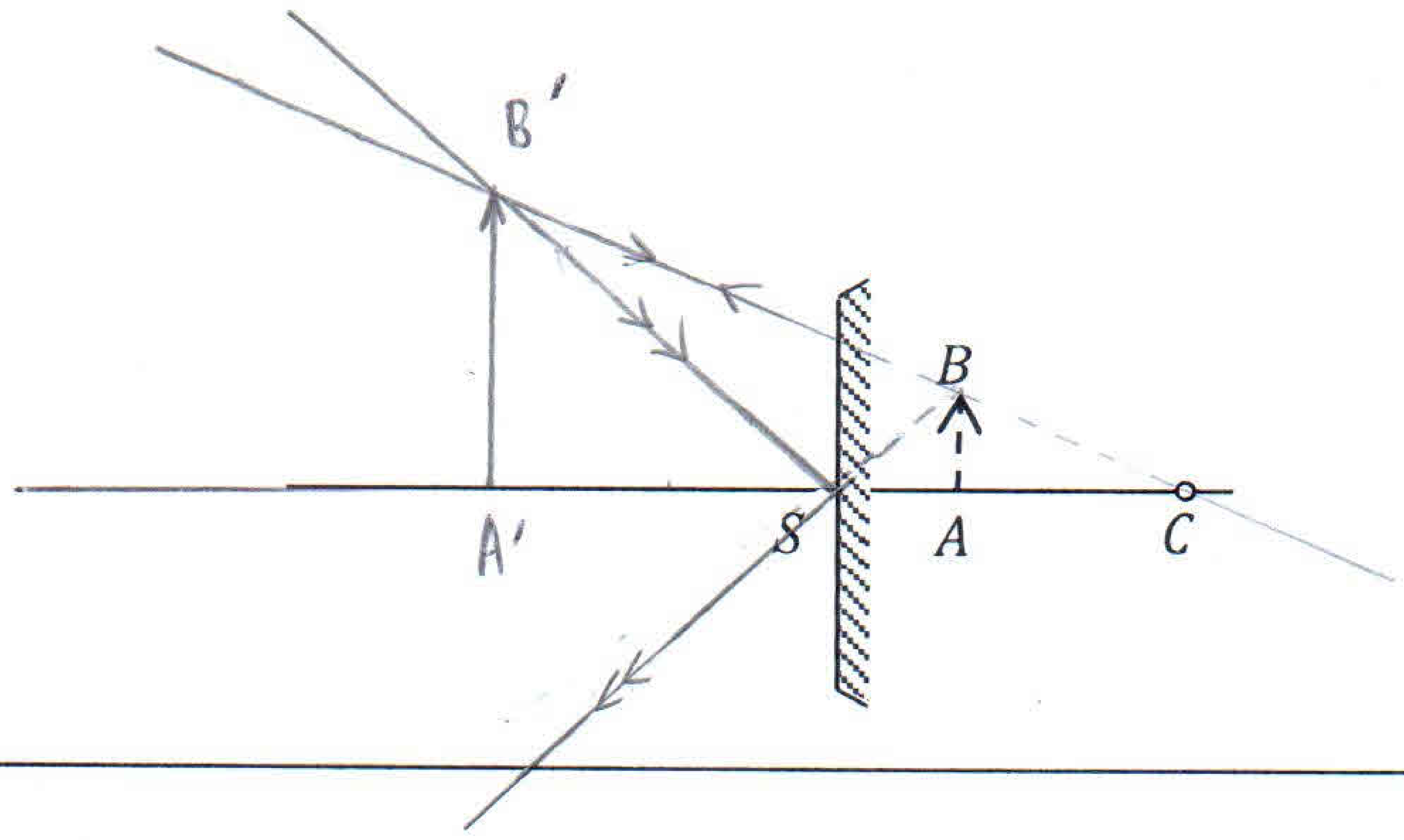
$$\frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{R} - \frac{3}{R} = -\frac{1}{R} \Rightarrow \overline{SA'} = -R$$

$$\boxed{\gamma = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} = -\frac{-R}{\frac{R}{3}} = 3}$$

3.c. L'image est-elle droite ou renversée ?

droite

4. Vérifier les résultats de **2.** et de **3.** par la construction de l'image.



Exercice 3 : Détection de pluie (雨) sur un pare-brise (挡风玻璃)

On modélise un pare-brise par une lame de verre (玻璃) à faces parallèles, d'épaisseur e, d'indice de réfraction $n_v = 1{,}5$. Un rayon lumineux issu (来自) d'un détecteur (探测器) E (voir figure 1) arrive sur le dioptre en I avec un angle d'incidence i.

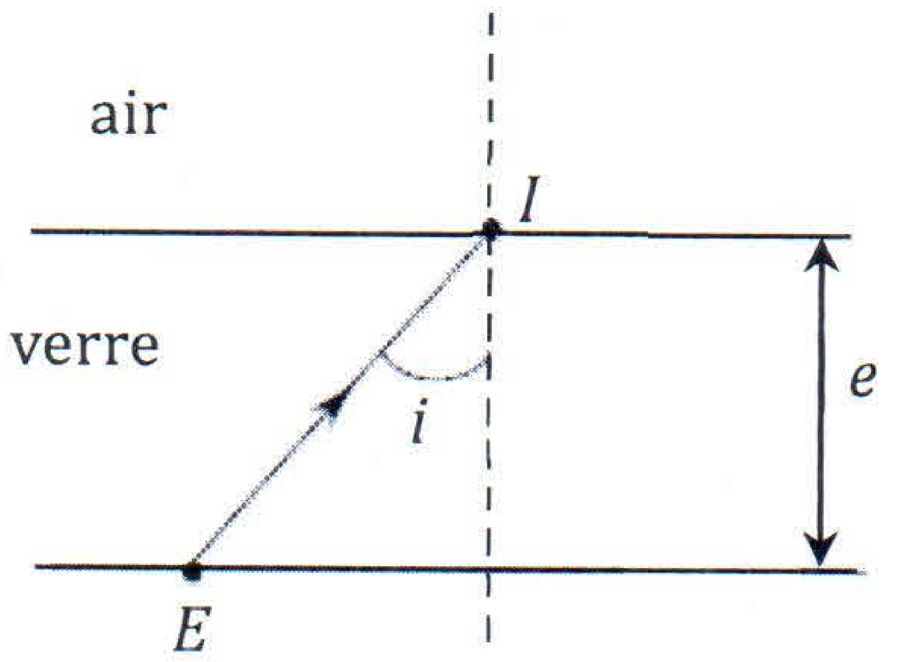


Figure 1

On a pris $n_a = 1{,}0$ pour l'indice de réfraction de l'air.

1. Quelle est la condition (条件) sur i pour avoir la réflexion totale en I ? Faire le calcul littéral et puis l'application numérique.

$$\boxed{i > i_{lim} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \arcsin\left(\frac{n_a}{n_v}\right)}$$

A.N. $\quad i > \arcsin\left(\frac{1{,}0}{1{,}5}\right) = 42°$

On suppose (假设) $i = 60°$.

2. Où faut-il placer le détecteur de lumière D dans la figure 1 pour pouvoir détecter la lumière issue de E ? Justifier (说明理由) la réponse (回答).

On applique la loi de réflexion en 1 : le rayon est réfléchi symétriquement par rapport à la normale. Le détecteur D doit être placé symétriquement à E par rapport à la normale.

En cas de pluie, un film (薄层) d'eau (épaisseur e') se dépose (放置) sur le pare-brise. L'indice de réfraction de l'eau est $n_e = 1{,}33$. Les deux dioptres sont maintenant verre-eau et eau-air.
On peut vérifier le trajet (轨迹) du rayon lumineux (voir figure 2) par la question **3.**.

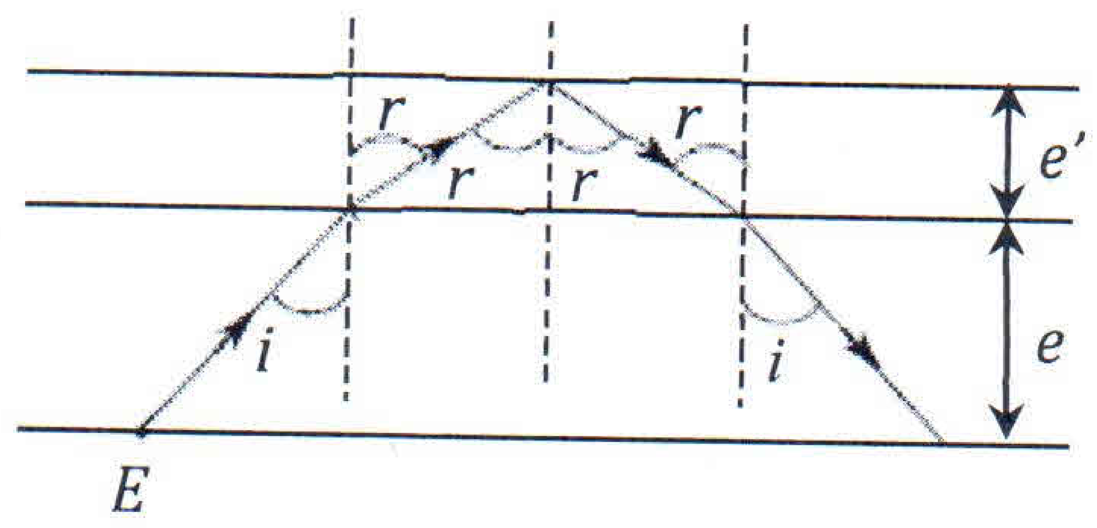


Figure 2

3.a. Exprimer les angles limites de réfraction pour les dioptres verre-eau noté $R_{\text{lim},1}$ et eau-air noté $R_{\text{lim},2}$ en fonction de n_v ~~et~~, n_e et n_a

$$R_{\text{lim},1} = \arcsin\left(\frac{n_e}{n_v}\right) \quad , \quad R_{\text{lim},2} = \arcsin\left(\frac{n_a}{n_e}\right),$$

3.b. Application numérique.

$R_{\text{lim},1} = \arcsin\left(\frac{1{,}33}{1{,}5}\right) = 62°$

$R_{\text{lim},2} = \arcsin\left(\frac{1{,}0}{1{,}33}\right) = 49°$

3.c. Calculer l'angle de réfraction r sur le dioptre verre-eau.

Loi de réfraction : $n_v \sin i = n_e \sin r$

$$\Rightarrow \boxed{r = \arcsin\left(\frac{n_v}{n_e}\sin i\right)}$$

A.N. $r = \arcsin\left(\frac{1{,}5}{1{,}33}\sin 60°\right) = 78°$

4. En déduire (推断) le fonctionnement (作用，功能) d'un détecteur de pluie.

La figure 2 montre que le rayon lumineux ne tombe pas sur le détecteur D lorsqu'il y a de l'eau sur la bare-brise. Un système de commande relié au détecteur peut alors démarrer les essuie-glaces.

Exercice 4 : Étude d'une lunette astronomique (天文的)

Une lunette astronomique est schématisée (用图解表示) par deux lentilles minces convergentes de même axe optique Δ :

- l'une L_1 (objectif) de distance focale image $f_1' = \overline{O_1F_1'}$;
- l'autre L_2 (oculaire) de distance focale image $f_2' = \overline{O_2F_2'}$.

On rappelle qu'un œil normal voit un objet sans accommoder si celui-ci est placé à l'infini.
On souhaite (希望) observer la planète (行星) Mars (火星) qui est vue avec l'angle de vision α à l'œil nu (裸眼).

1. Pour observer la planète avec la lunette, on forme un système afocal.
1.a. Qu'est-ce que cele signifie (表示) ?

Un objet à l'infini a une image à l'infini

1.b. Remplir la série des conjugaisons : $B_\infty \xrightarrow{L_1}$ $F_1' = F_2$ $\xrightarrow{L_2} B_\infty'$

On étudie la lunette pour $f_1' = 5f_2'$ (voir la figure 3). On appelle $\overline{A'B'}$ l'image intermédiaire (中间的). On note α', l'angle que forment les rayons émergents extrêmes (末端的) en sortie de la lunette.
On note que $\alpha < 0, \alpha' > 0$. Dans les conditions de Gauss, on a $\tan\alpha \cong \alpha$ et $\tan\alpha' \cong \alpha'$.

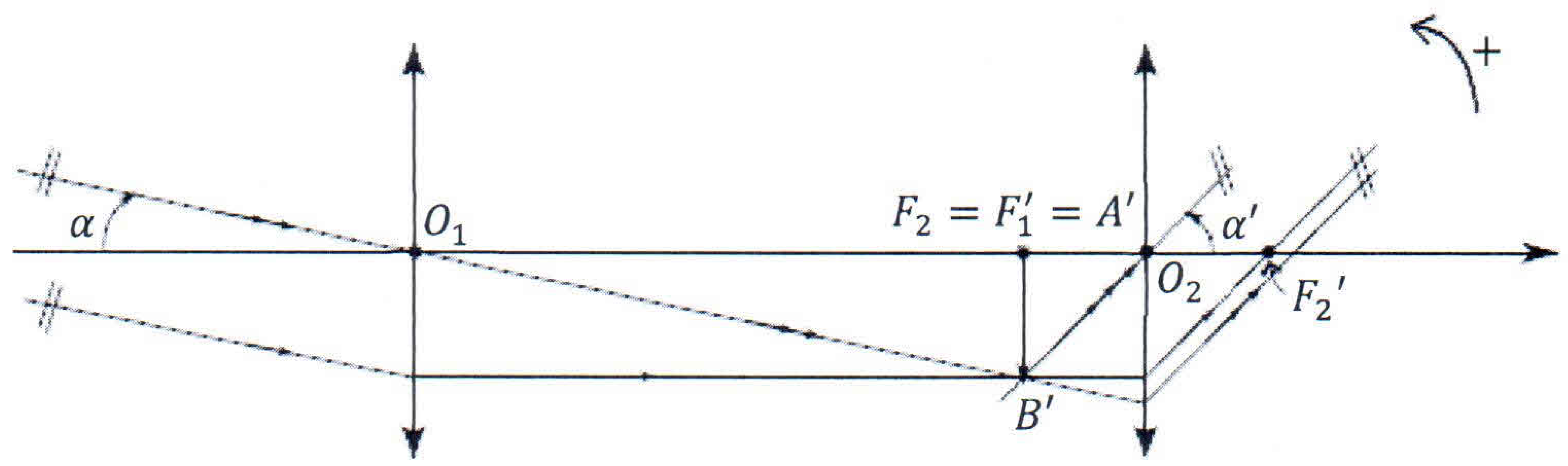


Figure 3

2. La lunette est caractérisée par son grossissement $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$. Exprimer G en fonction de f_1' et f_2'.

Dans le triangle $O_1A'B'$: $\tan\alpha = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{O_1A'}} = \dfrac{\overline{A'B'}}{f_1'} \cong \alpha$

Dans le triangle $O_2A'B'$: $\tan\alpha' = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{O_2A'}} = \dfrac{\overline{A'B'}}{-f_2'} \cong \alpha'$

$$\Rightarrow \boxed{G_1} = \frac{\alpha'}{\alpha} = \boxed{-\frac{f_1'}{f_2}}$$

3. Le principal défaut (缺点) d'une lentille est appelé défaut d'aberration chromatique.
3.a. Expliquer brièvement (简要地) l'origine (起因) et le resultat de ce défaut.

L'indice de réfraction n dépend de la longueur d'onde. Les différents rayons lumineux ne sont pas déviés de la même manière. L'image est une tache colorée.

3.b. Pour quelle raison (理由) un miroir n'a-t-il pas ce défaut ?

la réflexion est indépendante de l'indice de réfraction.

On veut augmenter le grossissement de cette lunette et redresser (使重新直立) l'image. Pour cela, on interpose (在两者之间放置) entre L_1 et L_2, une lentille convergente L_3 de distance focale image $f_3' = \overline{O_3F_3'}$. L'oculaire L_2 est déplacé pour avoir de la planète une image nette à l'infini à travers le nouvel ensemble optique (voir figure 4).

On appellera $\overline{A'B'}$ la première image intermédiaire et $\overline{A"B"}$, la seconde image intermédiaire. On note α'', l'angle que forment les rayons émergents extrêmes (末端的) en sortie de la lunette.

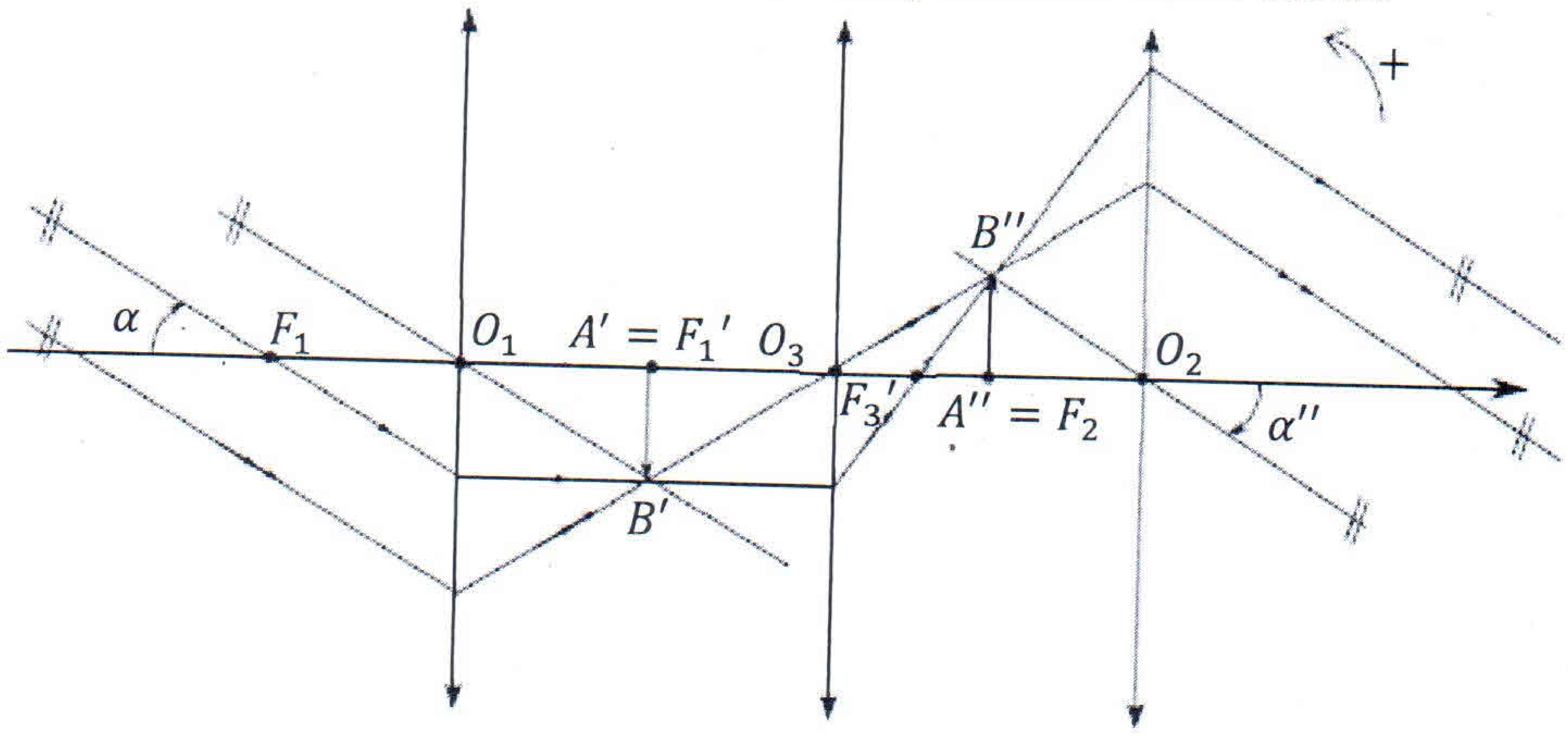


Figure 4

4.a. Rappeler la <u>formule de calcul</u> du grandissement transversal avec origine au centre optique O d'une lentille.

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

4.b. Rappeler la relation de conjugaison avec origine au centre O d'une lentille.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

4.c. On note γ_3 le grandissement transversal de la lentille L_3. À partir des formules de **4.a.** et de **4.b.**, déduire $\overline{O_3F_1{}'}$ en fonction de f_3' et γ_3.

$$\gamma_3 = \frac{\overline{O_3A''}}{\overline{O_3A'}} = \frac{\overline{O_3F_2}}{\overline{O_3F_1'}} \qquad L_3 : \frac{1}{\overline{O_3F_2}} - \frac{1}{\overline{O_3F_1'}} = \frac{1}{f_3'}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{O_3F_1'}} \Big(\underbrace{\frac{\overline{O_3F_1'}}{\overline{O_3F_2}}}_{\frac{1}{\gamma_3}} - 1 \Big) = \frac{1}{f_3'}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{O_3F_1'}} = \frac{1}{f_3'} \frac{\gamma_3}{1-\gamma_3}$$

$$\Rightarrow \boxed{\overline{O_3F_1'} = f_3' \left(\frac{1-\gamma_3}{\gamma_3} \right)}$$

5.a. À partir de la figure 4, déduire le nouveau grossissement G' en fonction de G et γ_3.

$$(L_1) : \tan\alpha \cong \alpha = \frac{\overline{A'B'}}{f_1'}$$

$$(L_2) : \gamma_3 = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{A'B'}}$$

$$(L_3) : \tan\alpha'' \cong \alpha'' = -\frac{\overline{A''B''}}{f_2'}$$

$$\Rightarrow \boxed{G'} = \frac{\alpha''}{\alpha} = -\frac{\overline{A''B''}}{f_2'} \cdot \frac{f_1'}{\overline{A'B'}} = -\gamma_3 \cdot \frac{f_1'}{f_2'} \boxed{= G\gamma_3}$$

5.b. Comparer les deux montages.

Puisque γ_3 est négatif, G' est bien positif et l'image est endroite.

La valeur absolue de G' dépend de γ_3, si $|\gamma_3| > 1$, $G' > |G|$