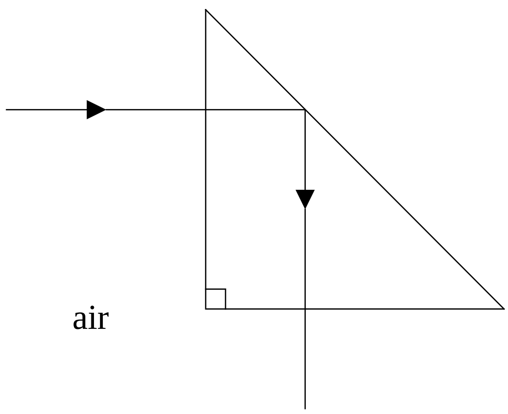
EXERCICES D'OPTIQUE GEOMETRIQUE
ENONCES

Exercice 1 : Vitre

Montrer que la lumière n'est pas déviée par un passage à travers une vitre.
Pour une vitre d'épaisseur 1 cm, que vaut le décalage latéral maximal ?
Si la vitre n'a pas ses faces rigoureusement parallèles, que se passe-t-il ?

Exercice 2 : Prisme à réflexion totale



A quelle relation doit satisfaire l'indice n d'un prisme isocèle rectangle utilisé dans les conditions de la figure pour que l'on se trouve dans le cas d'une réflexion totale ?
Comment se comporte alors le prisme ?

A partir de ce prisme, proposer un montage permettant de renvoyer en sens inverse la lumière.

Exercice 3 : Fibre optique

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un coeur (cylindre très long de diamètre très faible) et d'une gaine (tube de matière transparente qui entoure le coeur).
On appelle *ouverture numérique ON* de la fibre, le sinus de l'angle d'incidence maximal pour lequel les rayons qui pénètrent dans le coeur sont transmis jusqu'à la sortie.
Calculer la valeur de ON pour une fibre connaissant n_c (indice du coeur) et n_g (indice de la gaine).
Faire l'application numérique pour $n_c = 1{,}48$ et $n_g = 1{,}46$.

Exercice 4 : Prisme

On utilise un prisme de verre d'indice n = 1,50. Sa section principale est un triangle ABC, rectangle en A tel que l'angle en B soit égal à 70°. Un rayon lumineux dans le plan ABC rencontre le prisme en I sur le côté AB perpendiculairement à AB.

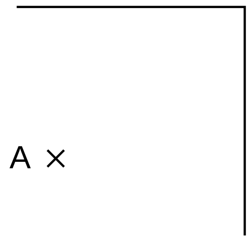
1- Sachant que le rayon incident est dans l'air, étudier la marche de la lumière jusqu'à la sortie du prisme.
2- On plonge le prisme dans un liquide d'indice n'. Entre quelles limites doit être compris l'indice n' si l'on veut que la lumière ne subisse qu'une seule réflexion totale ?

Exercice 5 : Miroir plan

Déterminer la position et la nature de l'image d'un objet réel à travers un miroir plan.
Même question avec un objet virtuel.

Exercice 6 : Miroirs plans

On considère deux miroirs plans perpendiculaires. Combien d'images possède l'objet A ?



Exercice 7 : Miroirs plans

Soit un objet situé entre deux miroirs parallèles. Combien d'images possède l'objet ?

Exercice 8 : Miroir sphérique

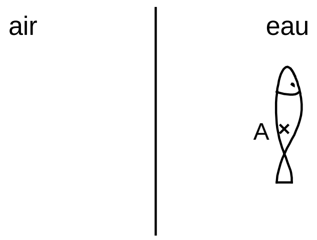
Déterminer la position des foyers d'un miroir sphérique concave de rayon R.

Exercice 9 : Miroir sphérique

Déterminer la position des foyers d'un miroir sphérique convexe de rayon R

Exercice 10 : Image d'un poisson dans un aquarium

Soit A un élément ponctuel du poisson. Trouver la position de l'image A' de A à travers le dioptre eau-air.



En déduire l'image globale du poisson.

Exercice 11 : Lentilles minces

a) Soit une lentille de distance focale f ' = +3 cm.
On considère un objet perpendiculaire à l'axe optique de taille 2 cm respectivement à 4 cm et 2 cm en avant du centre optique. Déterminer graphiquement l'image de l'objet dans chaque cas (échelle 1/1).

Même question avec un objet virtuel situé à 10 cm du centre optique.

b) Soit une lentille de distance focale f ' = -3 cm.
Trouver l'image d'un objet réel de taille 2 cm situé à 5 cm du centre optique.

Même question avec un objet virtuel situé à 1,5 cm puis 5 cm du centre optique.
c) Retrouver les résultats précédents par le calcul algébrique.

Exercice 12 : Loupe

Un timbre poste est observé à travers une lentille convergente de distance focale +8 cm, faisant office de loupe. Le timbre de dimensions (3 cm x 2 cm) est situé à 6 cm de la lentille supposée mince.

a- Déterminer les caractéristiques de l'image (position, nature, grandeur et sens par rapport à l'objet).
b- Tracer la marche du faisceau lumineux issu d'un point de l'objet et pénétrant dans la lentille de diamètre 4 cm (échelle ½).

Exercice 13

Un timbre poste est observé à travers une lentille de vergence – 4 δ.

a- Montrer que cette lentille donne toujours d'un objet réel une image virtuelle.
b- Construire l'image A'B' de l'objet AB.
c- Où situer l'objet par rapport à la lentille pour que l'image qu'elle en donne ait le grandissement 0,5 ?

Exercice 14 : Lunette astronomique

Par définition, le *diamètre apparent* d'un objet est l'angle sous lequel il est vu.

1- Calculer le diamètre apparent α de la Lune vue depuis la Terre.
Données : diamètre de la Lune : 3450 km ; distance moyenne Terre - Lune : 380 000 km.

2- La Lune est maintenant observée à travers une lunette astronomique.
Celle-ci est constituée d'une lentille convergente L_1 de grande distance focale f'_1 (appelée *objectif*) et d'une lentille L_2 convergente de plus petite distance focale f'_2 servant de loupe (appelée *oculaire*). Les deux lentilles sont coaxiales.
L'image donnée par la lunette est située à l'infini.

a- Déterminer l'image A_1B_1 donnée par l'objectif, puis sa position par rapport à l'oculaire.

b- Calculer le diamètre apparent α' sous lequel est vue, à travers la lunette, la Lune par l'observateur et comparer α' au diamètre apparent α de la Lune à « l'œil nu ».

Données : $f'_1 = +5$ m et $f'_2 = +10$ cm.

Exercice 15

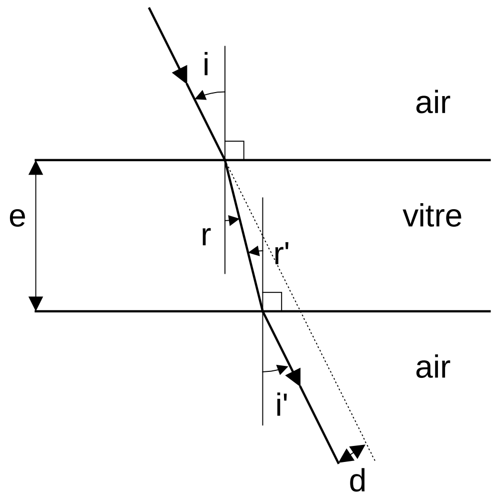
Vérifier que la vergence d'une lentille mince plan convexe sphérique, de rayon de courbure R et d'indice relatif n est : $C = (n-1)\frac{1}{R}$

A.N. Calculer le rayon de courbure d'une lentille en verre crown d'indice absolu 1,52 et de distance focale +200 mm. En déduire l'épaisseur au centre pour une lentille de diamètre extérieur D = 40 mm.

CORRIGES

Exercice 1

La loi de la réfraction donne : $n_{air} \sin i = n_{vitre} \sin r$ et : $n_{vitre} \sin r' = n_{air} \sin i'$
Les faces de la vitre sont parallèles : r' = r
i' est donc égal à i : la lumière n'est pas déviée (le rayon incident et le rayon émergent ont la même direction).



Il se produit un décalage d qui est maximal quand i=90° (incidence rasante) : d_{max} = e = 1 cm.

Si les faces de la vitre ne sont pas parallèles, la lumière est déviée (i'≠ i).

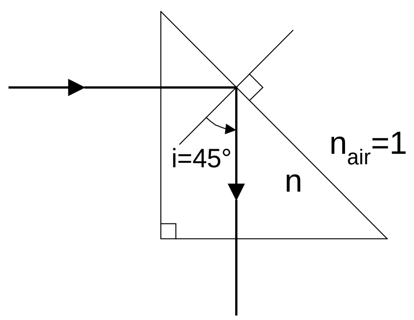
Exercice 2

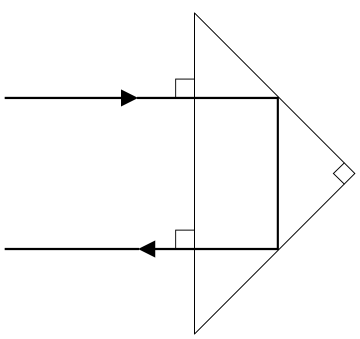
Pour qu'il y ait réflexion totale il faut deux conditions :
$n > n_{air}$ et : $i > i_C$

i_C désigne l'angle critique avec : $\sin i_C = \dfrac{n_{air}}{n}$

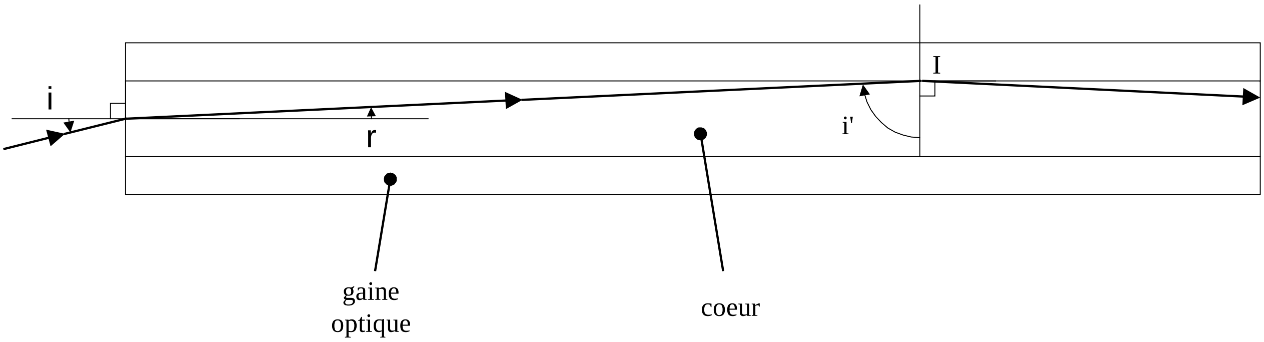
$i_C < 45° \Rightarrow n > \dfrac{n_{air}}{\sin 45°} \approx \sqrt{2} \approx 1{,}41$

Il y a donc réflexion totale si n > 1,41.
Le prisme se comporte alors comme un miroir.





Exercice 3



La lumière se propage dans la fibre par une succession de réflexion totale.

Il faut donc que : i' > i'$_C$ avec : $\sin i'_C = \dfrac{n_g}{n_c}$

Plaçons nous à la limite : i' = i'$_C$: $\sin i_{max} = ON$

i' + r = 90°

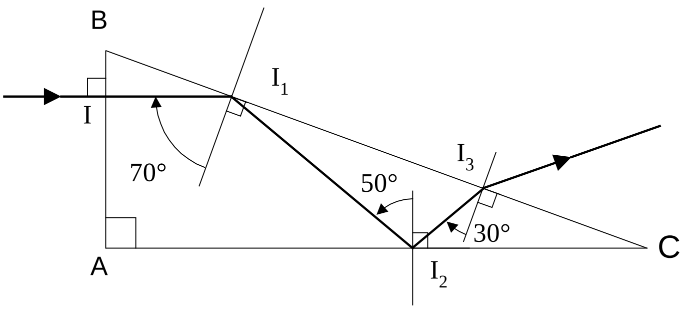
Loi de la réfraction : $ON = n_c \sin r = n_c \sin(90°-i') = n_c \cos i'$

$\sin^2 i' + \cos^2 i' = 1$ d'où : $\left(\dfrac{n_g}{n_c}\right)^2 + \left(\dfrac{ON}{n_c}\right)^2 = 1$

Finalement : $ON = \sqrt{n_c^{\,2} - n_g^{\,2}}$

A.N. ON = 0,24 soit un angle maximal de 14°.

Exercice 4



1- Calculons l'angle critique pour le passage du verre dans l'air :

$\sin i_C = \dfrac{n_{air}}{n_{verre}}$ d'où : $i_C \approx 41°$

En I_1, l'angle d'incidence est supérieur à l'angle critique : 70° > i_C = 41°

Il y a donc réflexion totale en I_1.

En I_2, l'angle d'incidence est supérieur à l'angle critique : 50° > i_C

Il y a réflexion totale en I_2.

En I_3, l'angle d'incidence est inférieur à l'angle critique : 30° < i_C

Il y a donc réflexion partielle en I_3.

Finalement, la lumière sort du prisme en I_3.

2- La condition pour avoir réflexion totale en I_1 est : $70° > i_C = \arcsin\left(\frac{n'}{n}\right)$

$n' < n \sin 70°$ $\quad$ $n' < 1{,}410$

La condition pour avoir réflexion partielle en I_2 est : $50° < i_C$

$n' > n \sin 50°$ $\quad$ $n' > 1{,}149$

Il faut donc que : $\quad$ $1{,}149 < n' < 1{,}410$

En résumé :

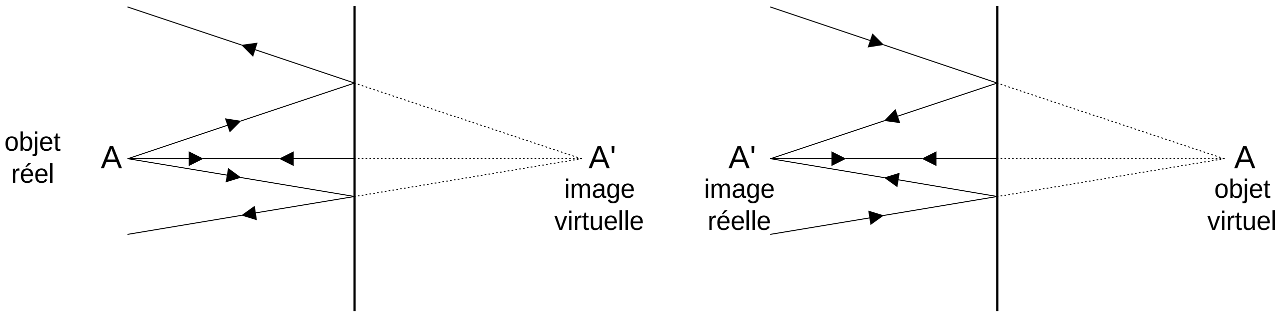
$n' > 1{,}410$: sortie en I_1

$1{,}149 < n' < 1{,}410$: sortie en I_2

$1 < n' < 1{,}149$: sortie en I_3

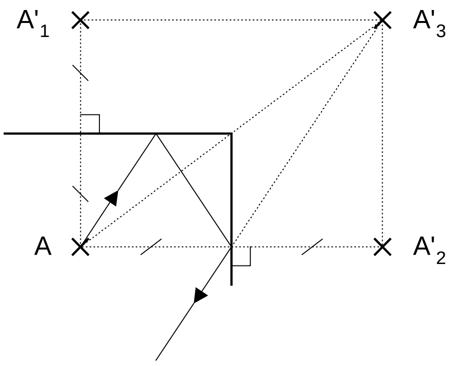
Exercice 5

Image et objet sont symétriques par rapport au miroir :



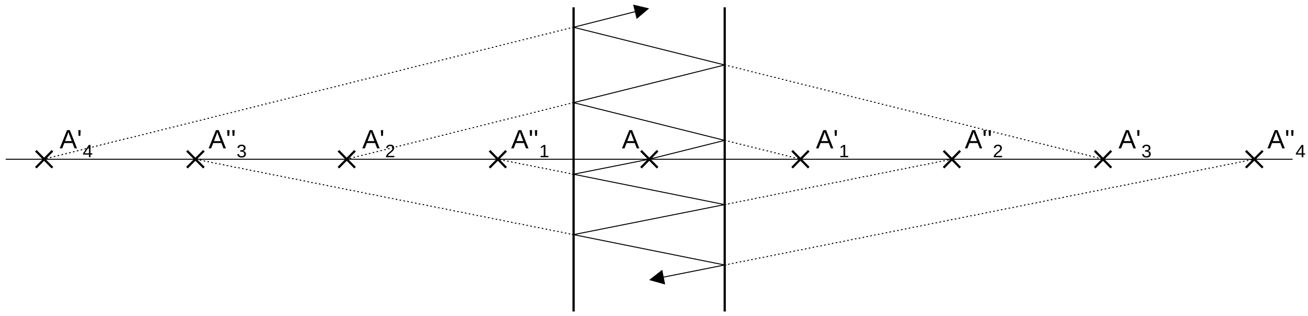
Exercice 6

L'objet (réel) possède 3 images virtuelles.
A'_1 et A'_2 sont obtenues par simple réflexion comme dans l'exercice précédent ; A'_3 est obtenue par double réflexion.



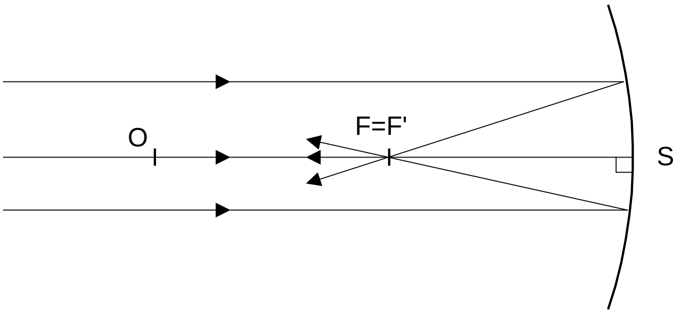
Exercice 7

L’objet (réel) A possède une infinité d’images (virtuelles).

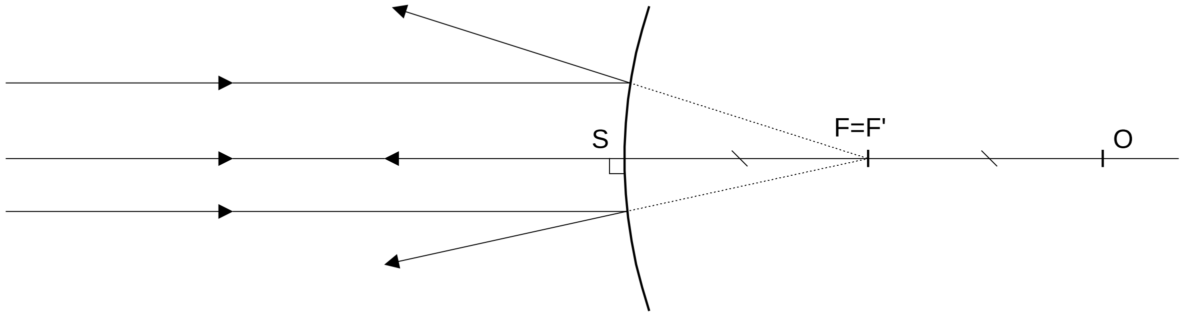


Exercice 8

Par définition, le foyer image F’ est l’image d’un objet situé à l’infini.
Pour des raisons de symétrie, F’ est situé au milieu de [OS] avec R = OS.
Par définition, le foyer objet F donne une image à l’infini.
On remarque que F = F’.
Les deux foyers sont réels.

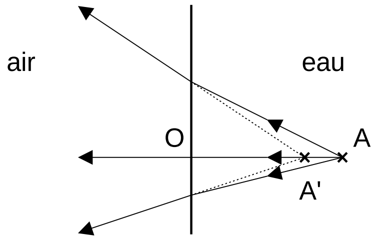


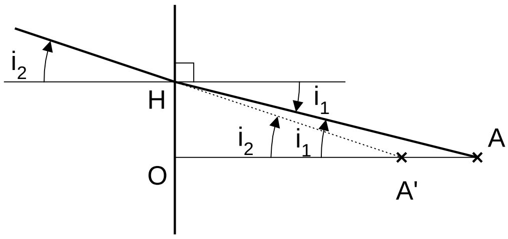
Exercice 9



Les deux foyers sont virtuels.

Exercice 10





On montre que : OA’ = OA / n
n désigne l’indice de réfraction de l’eau

En effet : n sin i_1 = sin i_2
On suppose que i_1 est petit :

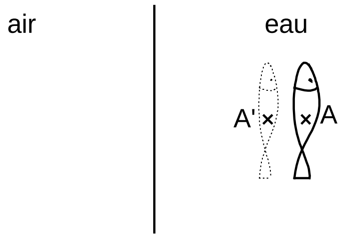
sin $i_1 \approx i_1$ et sin $i_2 \approx i_2$
tan $i_1 \approx i_1$ et tan $i_2 \approx i_2$

D’où : n i_1 = i_2
tan i_1 = OH / OA   tan i_2 = OH / OA’
OA’ / OA = tan i_1 / tan i_2 = i_1 / i_2 = 1 / n

Finalement : OA’ = OA / n

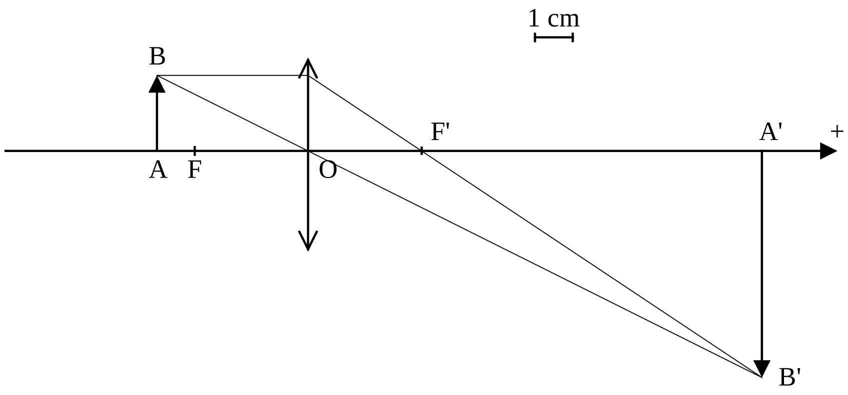
L’indice de l’eau est d’environ 1,33 : OA’$\approx \frac{3}{4}$OA
Un poisson qui l’on croit être à 75 cm de la paroi (OA’) est en fait à 1 m (OA) : il y a rapprochement apparent.

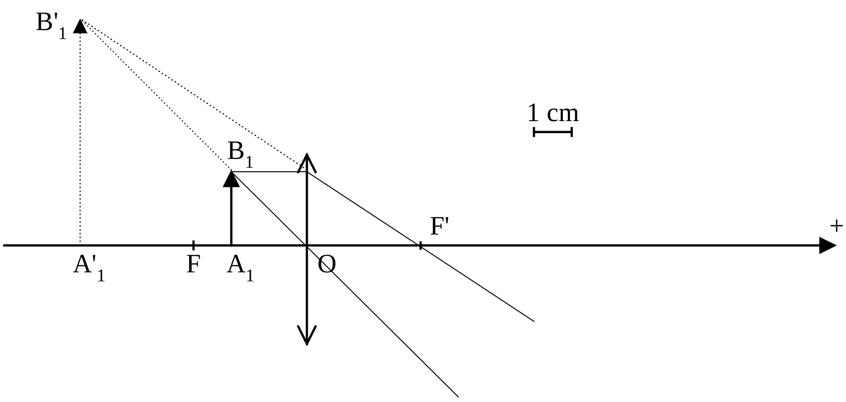
Image globale du poisson :

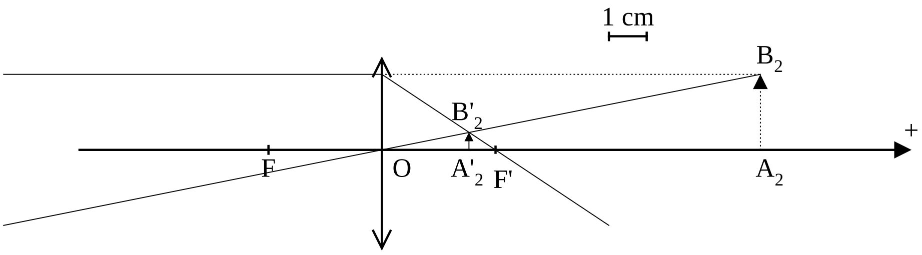


Exercice 11

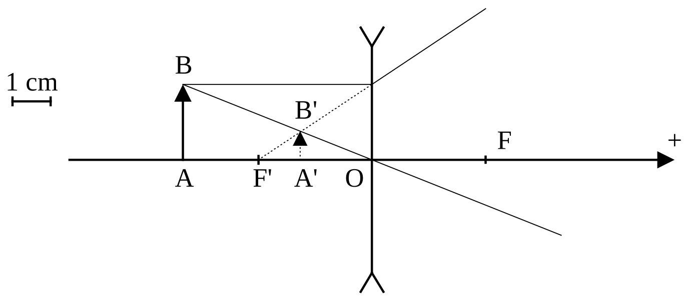
a)

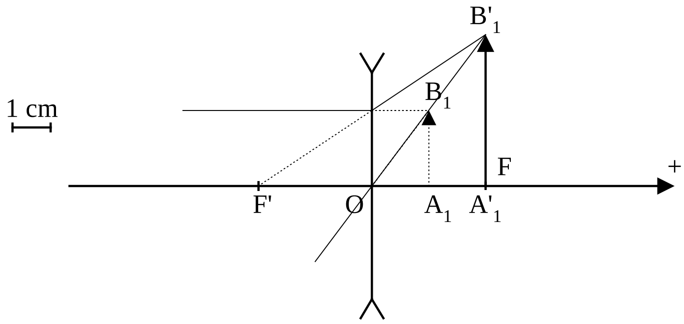


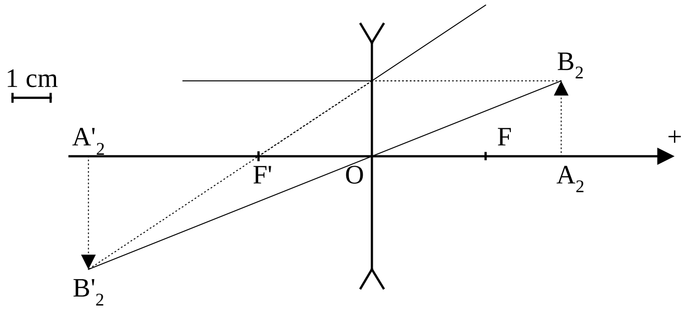




b)







c) On utilise les relations de conjugaison.

a) f ’= +3 cm
- objet réel AB : p = -4 cm
$\frac{1}{p'}-\frac{1}{p}=\frac{1}{f'}$ d’où : p’ = +12 cm (image réelle)
Grandissement : $\gamma=\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}=\frac{p'}{p}$ = -3
L’image est 3 fois plus grande que l’objet (A’B’= 3x2 = 6 cm) et renversée.

- objet réel A_1B_1 : p = -2 cm d’où : p’ = -6 cm (image virtuelle)
Grandissement : γ = +3
L’image est 3 fois plus grande que l’objet (6 cm) et de même sens (image droite).

- objet virtuel A_2B_2 : p = +10 cm d’où : p’≈ +2,3 cm (image réelle)
Grandissement : $\gamma \approx$ +0,23
L’image est droite et a une taille d’environ 0,46 cm.

b) f ’= -3 cm
- objet réel AB : p = -5 cm d’où : p’ = -1,875 cm (image virtuelle)
Grandissement : γ = + 0,375

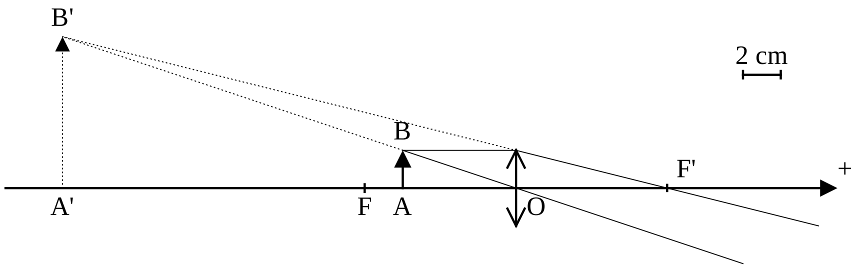
- objet virtuel A_1B_1 : p = +1,5 cm d’où : p’ = +3 cm (image réelle)

Grandissement : $\gamma = + 2$

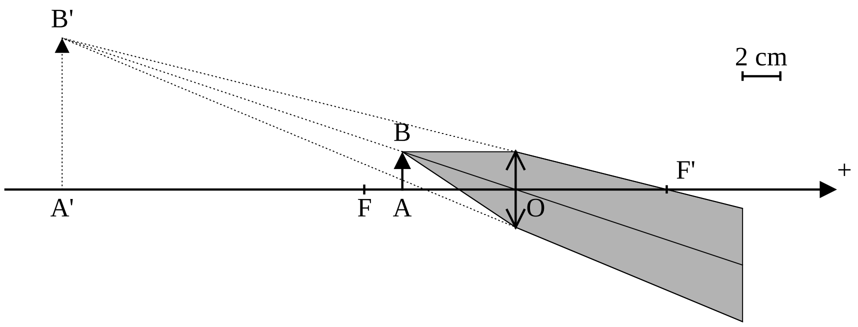
- objet virtuel A_2B_2 : p = +5 cm   d'où : p' = -7,5 cm (image virtuelle)
Grandissement : $\gamma = -1,5$

Exercice 12

a- On utilise les relations de conjugaison :
f ' = +8 cm
Timbre : objet réel AB : p = -6 cm   d'où : p' = -24 cm (image virtuelle)
Grandissement : $\gamma = +4$ (image droite)
Taille de l'image du timbre : 12 cm x 8 cm.



b-
Intéressons-nous par exemple au point B du timbre (situé à 2 cm de l'axe) :



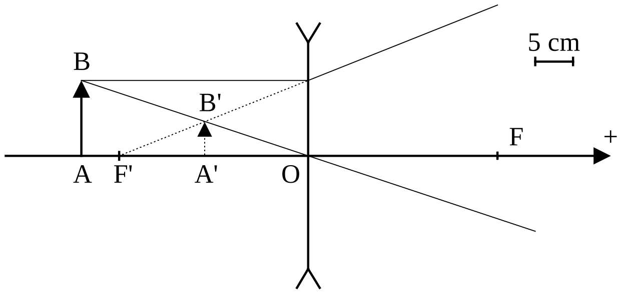
Exercice 13

a-   C = – 4 δ : il s'agit d'une lentille divergente (f ' = 1/C < 0)
L'objet est réel donc p < 0.
Relation de conjugaison : $\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$ $\frac{1}{p'} = \frac{1}{p} + \frac{1}{f'}$

p < 0 et f ' < 0 donc p' est négatif et l'image est nécessairement virtuelle.

b-   f ' = -25 cm

AB est l'objet réel (le timbre) de taille et de position quelconque :

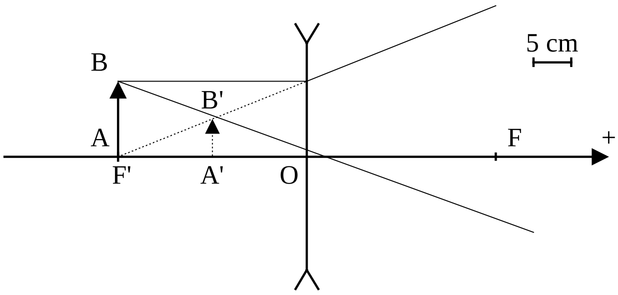


c- Utilisons les relations de conjugaison :

$\gamma = +0,5$ d'où : p' = 0,5 p

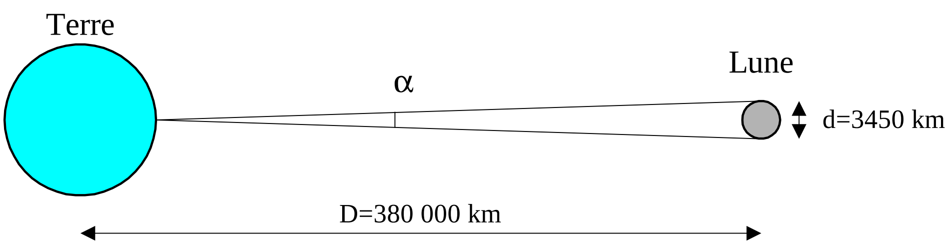
$$\frac{1}{0,5\,p} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$ d'où : p = f ' = -25 cm.

Il faut donc que l'objet soit dans le plan focal image :



Exercice 14

1-



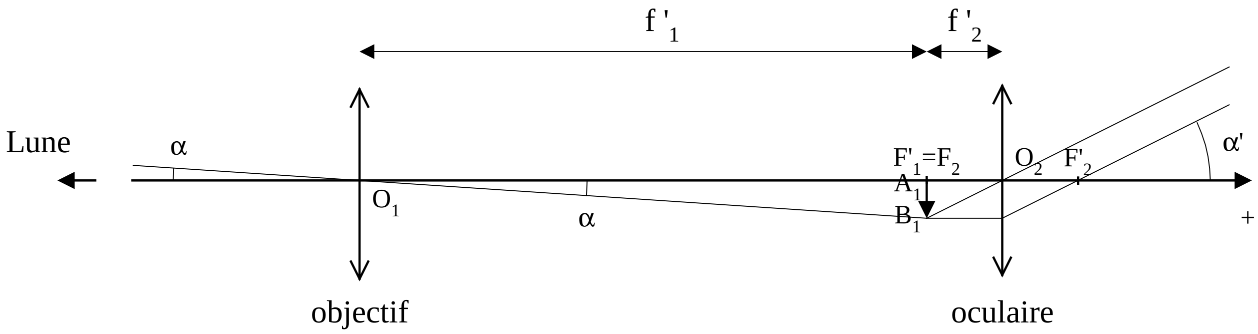
$\tan\alpha \approx d / D$ d'où : $\alpha \approx 0,52°$

2- a-

L'objet (la Lune) peut être considéré à l'infini.

L'image A_1B_1 se situe donc dans le plan focal image de l'objectif ($O_1A_1 = f'_1 = 5$ m).

b- Avec l'oculaire, on désire une image à l'infini : l'objet A_1B_1 doit se situer dans le plan focal objet de l'oculaire ($A_1O_2 = f'_2 = 10$ cm) :



La lunette est réglée quand la distance entre les deux lentilles est égale à $f'_1 + f'_2 = 5{,}10$ m.
$\tan \alpha = A_1B_1 / f'_1$
$\tan \alpha' = A_1B_1 / f'_2$
D'où : $\tan \alpha' / \tan \alpha = f'_1/f'_2 = 50$
$\alpha \approx 0{,}52°$: $\alpha' \approx 24{,}4°$
$G = \alpha'/\alpha$ est le grossissement de la lunette.
Ici, $G \approx 50$ ($= f'_1/f'_2$).

Exercice 15

La formule générale est : $C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$

Un plan est assimilable à une sphère de rayon infini : $\overline{OC_1} = \infty$

$\overline{OC_2} = -R$ d'où : $C = (n-1)\frac{1}{R}$

A.N.
$f' = +200$ mm $\Rightarrow C = +5\ \delta \Rightarrow R = 104$ mm.

$e = R(1 - \cos \alpha)$
$\sin \alpha = \frac{D}{2R}$
d'où : $\alpha \approx 11{,}09°$ et : $e \approx 1{,}94$ mm