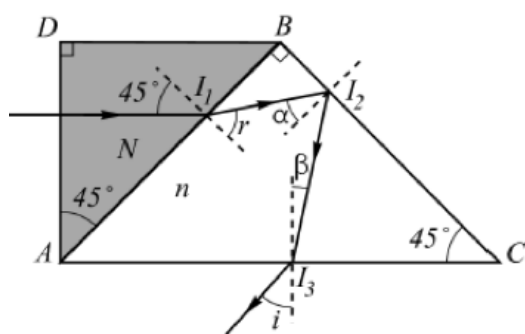


Optique Géométrique

Lois de Descartes

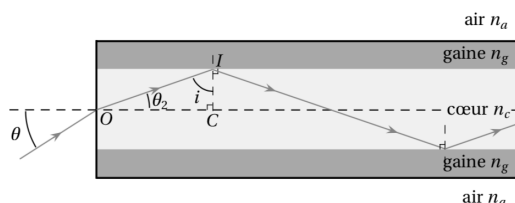
Exercice 1 - Prismes accolés



Deux morceaux de verre taillés sous forme de triangles rectangles et isocèles d'indices respectifs N et n ont leur face AB commune. Un rayon incident frappe AD sous une incidence normale, se réfracte en I_1 , se réfléchit en I_2 puis ressort en I_3 sous l'incidence i . Les valeurs de N et n sont telles que la réflexion en I_2 soit totale, avec un angle de réflexion égal à l'angle limite.

1. Ecrire la relation de Snell-Descartes aux points I_1 et I_3 .
2. Ecrire la relation entre r et α .
3. Ecrire la relation entre α et β .
4. Montrer que si la réflexion est totale (avec un angle limite) en I_2 , alors N et n sont reliés par la relation suivante : $N^2 = 2(n^2 - 1)$.
5. Ecrire la relation vérifiée par N et n pour que $i = 0$. Que vaut alors N ?

Exercice 2 - Fibre optique



On considère une fibre optique à saut d'indice, formée d'un cœur cylindrique d'axe (Ox) , de rayon a , d'indice uniforme n_c , entouré d'une gaine d'axe (Ox) , de rayon extérieur b , et d'indice $n_g < n_c$. Le milieu extérieur est l'air. Un rayon pénètre dans la fibre avec une incidence θ .

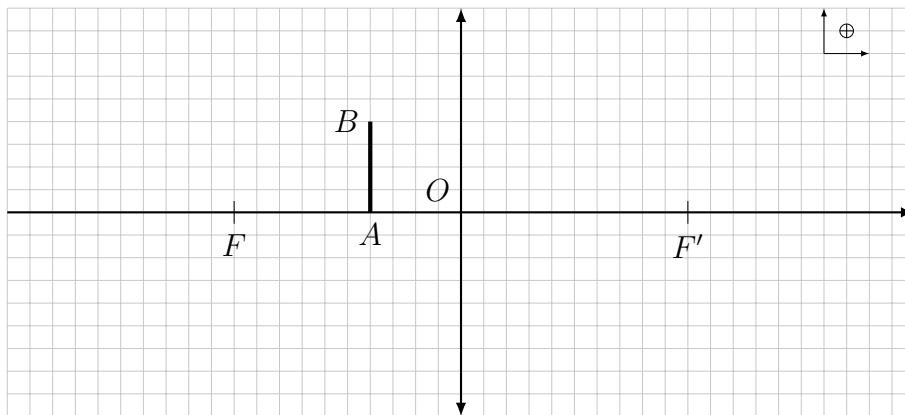
1. Montrer que le rayon lumineux est guidé dans le cœur (c'est-à-dire qu'il n'en sort pas) si l'angle i est supérieur à une valeur critique i_c , que l'on exprimera en fonction de n_1 et n_2 . Calculer i_c pour $n_c = 1,456$ (silice) et $n_g = 1,410$ (silicone).
2. Exprimer, en fonction de n_c et n_g , l'angle limite θ_0 d'incidence du rayon sur la face d'entrée de la fibre optique, correspondant à une propagation possible dans la fibre.

- On définit l'ouverture numérique d'une fibre optique par la grandeur $O.N. = n_a \sin \theta_0$, où $n_a = 1,000$ ici (air). Calculer l'ouverture numérique pour une fibre en silicone/silice. Calculer l'ouverture numérique pour une fibre à arsénure de gallium, caractérisée par $n_c = 3,9$ et $n_g = 3,0$. Commenter.
- On envoie un faisceau lumineux comportant toutes les incidences entre 0 et θ_0 . Calculer la différence $\delta\tau$ entre la durée minimale et la durée maximale de propagation d'un bout à l'autre de la fibre (on considérera la fibre droite). On exprimera ce résultat en fonction de L la longueur de la fibre, n_c , n_g et c la célérité de la lumière dans le vide. Effectuer l'application numérique de $\delta\tau$ pour $L = 1,0$ km.

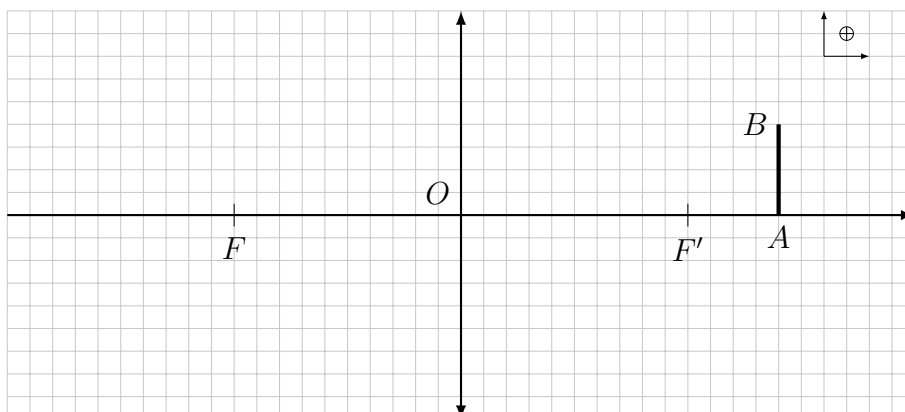
Lentilles

Exercice 3 - Quelques constructions

Objet réel placé à une distance $\overline{OA} < f'$



Objet virtuel



Exercice 4 - Méthode de Bessel

L'objet AB et un écran sont fixes et distants de D sur le banc optique. On cherche à obtenir une image nette A'B' sur l'écran à l'aide d'une lentille convergente \mathcal{L} , de centre optique O et de distance focale f' inconnue.

1. Montrer que si $D > 4f'$, il existe deux positions O_1 et O_2 de \mathcal{L} pour lesquelles on observe une image nette de l'objet sur l'écran.
2. Exprimer f' en fonction de D et $d = O_1O_2$.
3. Comparer la taille des images dans les deux cas.

Systemes optiques

Exercice 5 - Appareil photo

L'objectif d'un appareil photo est assimilable à une lentille de distance focale $f' = 5$ cm. L'émulsion sensible est disposée sur une plaque rectangulaire centrée sur l'axe de dimension $24\text{mm} \times 36\text{mm}$.

1. La mise au point est faite sur l'infini, ce qui définit une position P_0 pour la plaque sur l'axe.
 - (a) De combien et dans quel sens faut-il déplacer la plaque si l'on veut photographier un objet placé à 5m.
 - (b) La mise au point ne permet pas d'éloigner la plaque de plus de 5 mm de P_0 . Évaluer la distance minimale d'un objet par rapport à l'objectif pour obtenir une photo nette.
2. Dans le cas d'une mise au point sur un objet placé à 5m, quelles sont les dimensions du plan photographié.

Exercice 6 - Microscope

Un microscope simplifié est constitué de deux lentilles minces convergentes : une lentille d'entrée \mathcal{L}_1 (objectif) et une lentille \mathcal{L}_2 (oculaire). Leurs distances focales respectives valent $f'_1 = 5$ mm et $f'_2 = 20$ mm. La distance Δ séparant le foyer image de \mathcal{L}_1 et le foyer objet de \mathcal{L}_2 est appelé intervalle optique. On prendra ici $\Delta = \overline{F'_1F_2} = 17$ cm. Le microscope est réglé de manière à limiter la fatigue visuelle de l'utilisation : l'image $A'B'$ définitive doit donc se situer à l'infini. L'œil de l'observateur est proche du foyer image de l'oculaire.

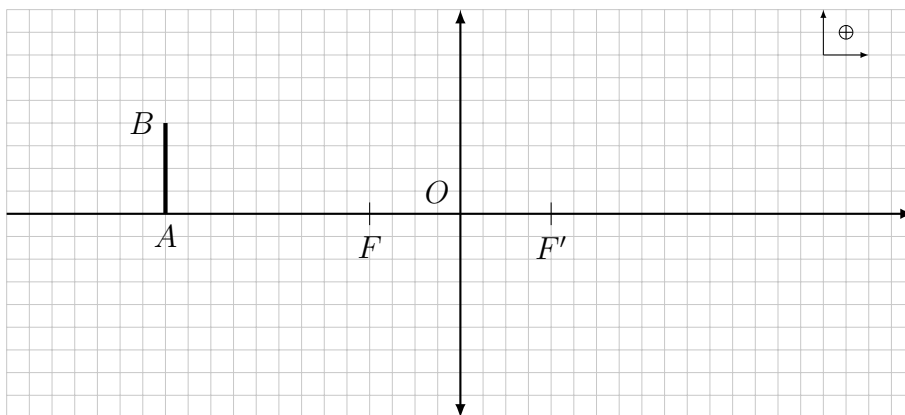
1. En utilisant les relations de conjugaison, déterminer la position de l'objet à observer.
2. Faire une construction géométrique soignée pour un objet AB perpendiculaire à l'axe optique et tracer la marche d'un faisceau lumineux issu de B .
3. Calculer le grandissement γ_1 de l'objectif.
4. Exprimer l'angle α' sous lequel est vue l'image définitive en fonction de γ_1 , f'_2 et \overline{AB} .
5. L'observation à l'œil nu de l'objet à la distance minimale de vision nette $d_m = 25$ cm est faite sous un angle α . Déterminer le grossissement commercial $G_C = \frac{\alpha'}{\alpha}$ du microscope. En déduire la puissance intrinsèque du microscope définie par le rapport $P_i = \frac{G_C}{d_m}$.

Plus de constructions graphiques !

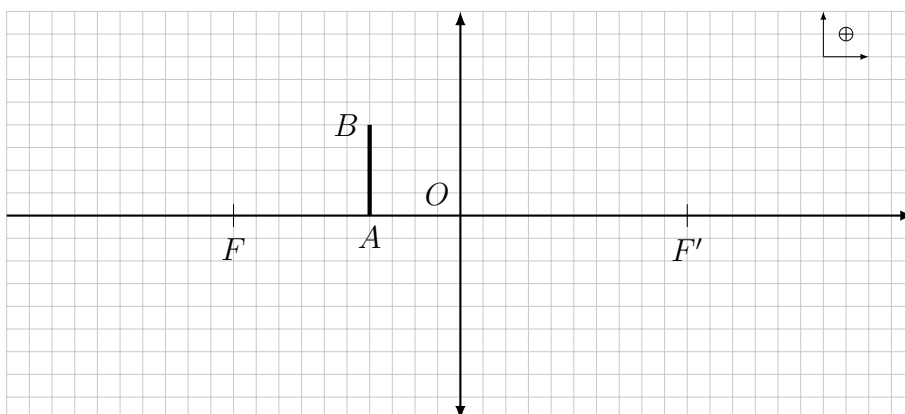
Exercice 1 - Une seule lentille

1. Lentilles convergentes

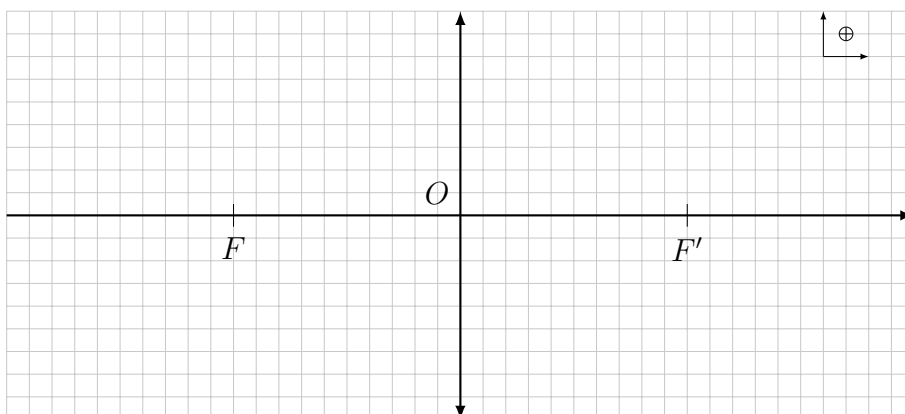
(a) Objet réel placé à une distance $\overline{OA} > f'$



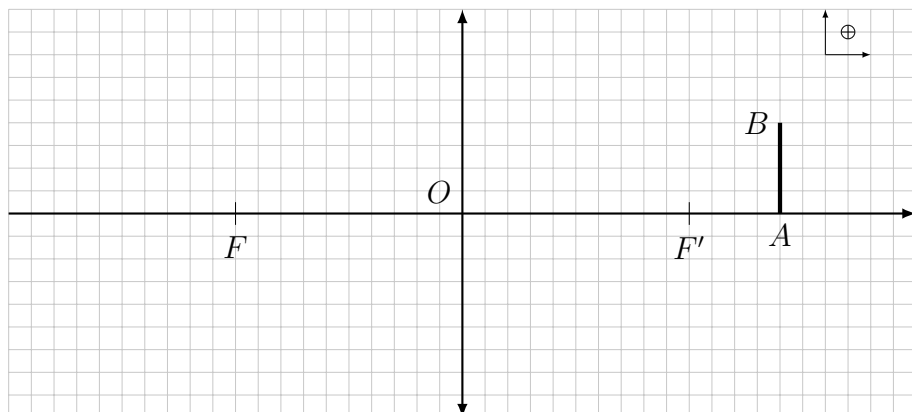
(b) Objet réel placé à une distance $\overline{OA} < f'$



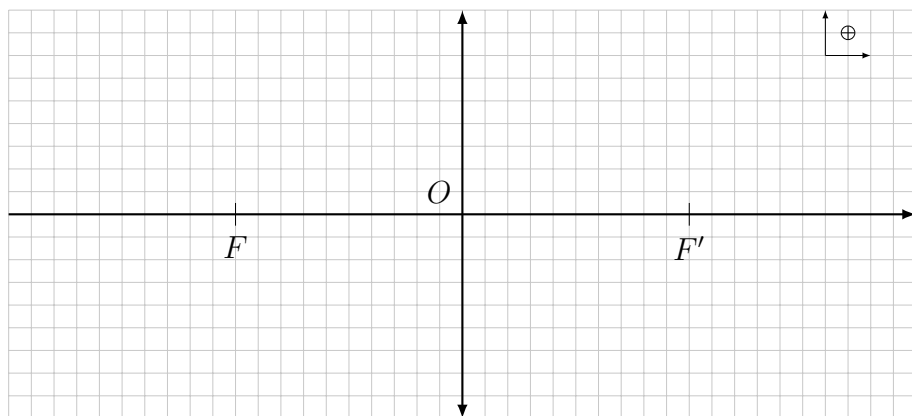
(c) Objet réel placé dans le plan focal



(d) Objet virtuel

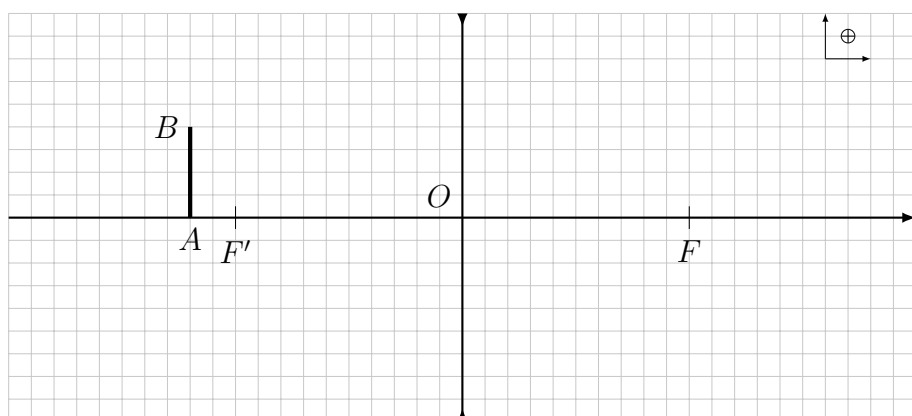


(e) Objet réel à l'infini

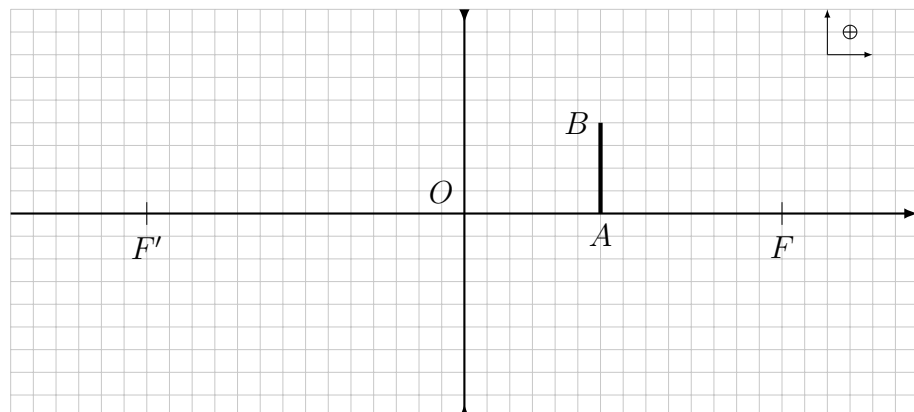


2. Lentilles divergentes

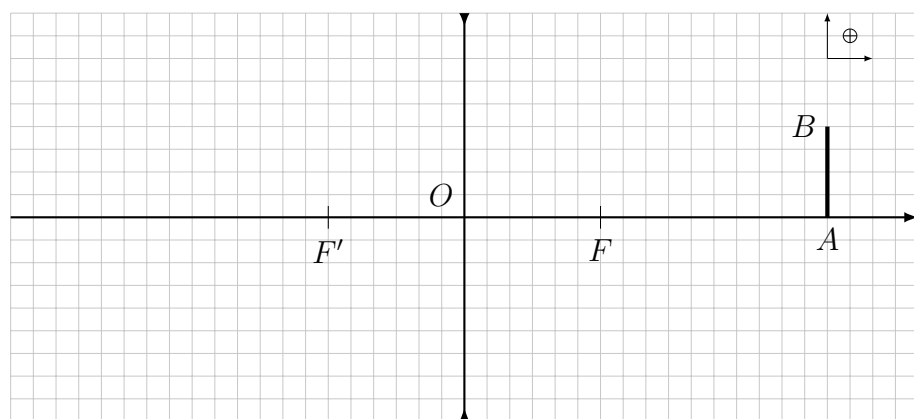
(a) Objet réel



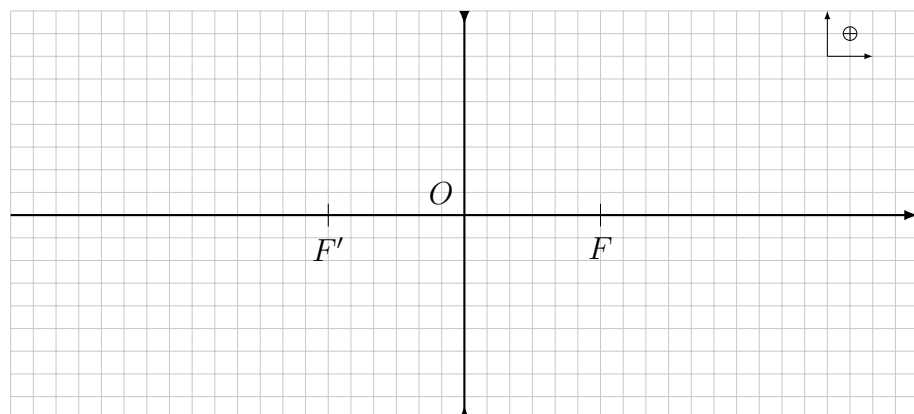
(b) Objet virtuel placé à $\overline{OA} < |f'|$



(c) Objet virtuel placé à $\overline{OA} > |f'|$

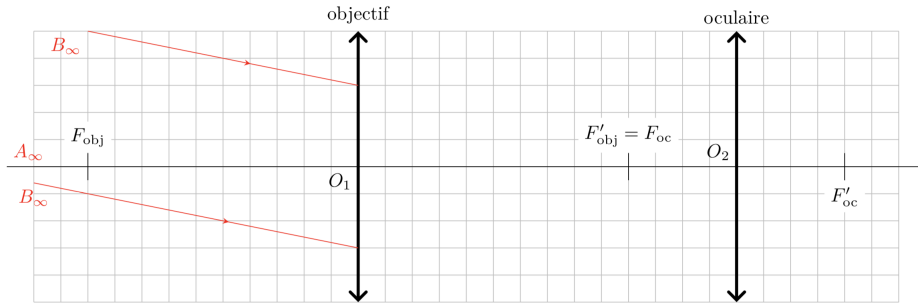


(d) Objet virtuel placé dans le plan focal objet



Exercice 2 - Deux lentilles

1. Déterminer l'image de l'objet AB par le système à deux lentilles suivant :



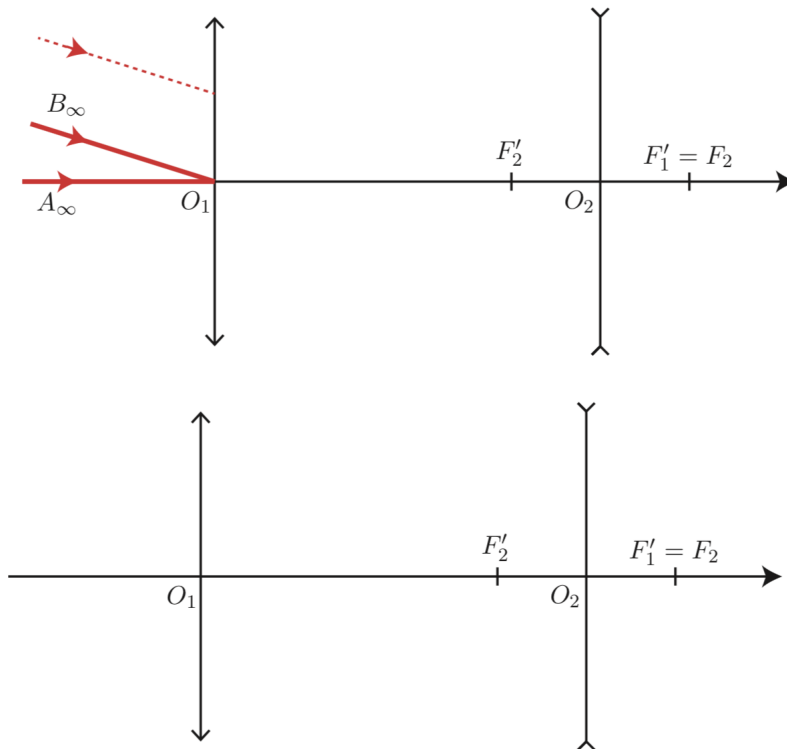
2. Doublet de Huygens : On appelle doublet un ensemble de lentilles minces de même axe optique. On le définit par la donnée de 3 nombres : f'_1 la distance focale de la première lentille, f'_2 la distance focale de la deuxième lentille et $e = \overline{O_1O_2}$ la distance entre les deux centres optiques O_1 et O_2 .

Le doublet de Huygens est de type : $f'_1 = 3a, e = 2a, f'_2 = a$.

Déterminer par construction géométrique les foyers objet et image noté F et F' de l'ensemble. *BONUS* : Vérifier ces résultats en déterminant algébriquement $\overline{F_1F}$ et $\overline{F'_2F'}$.

3. Les schémas suivants représentent une lentille astronomique. Sur le 1er schéma, représenter la suite des rayons lumineux venant de A_∞ et B_∞ .

Sur le 2ème schéma, construire le cercle oculaire (qu'on définit comme l'image du bord de l'objectif (lentille circulaire) donnée par l'oculaire.



4. Sur le schéma de la page suivante, faire les constructions de la profondeur de champ pour un appareil photo. Sont représentés sur le schéma le diaphragme (sur la lentille) et la taille d'un pixel (sur l'écran).

