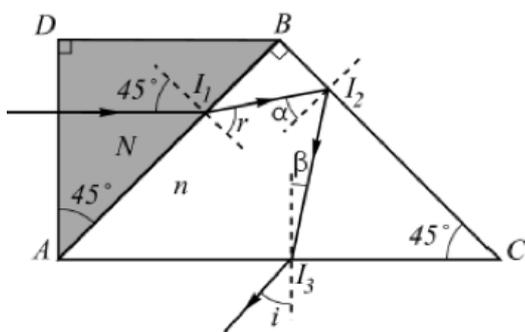


# Optique Géométrique

## Lois de Descartes

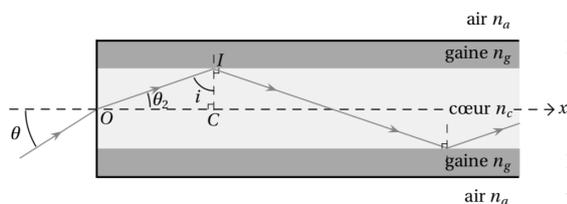
### Exercice 1 - Prismes accolés



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  $\alpha$ .
3. Ecrire la relation entre  $\alpha$  et  $\beta$ .
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  $\theta$ .

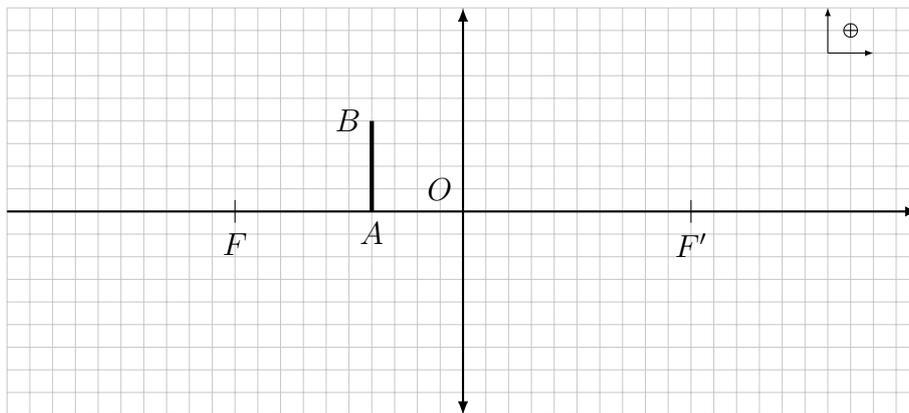
1. Montrer que le rayon lumineux est guidé dans le cœur (c'est-à-dire qu'il n'en sort pas) si l'angle  $i$  est supérieur à une valeur critique  $i_c$ , que l'on exprimera en fonction de  $n_1$  et  $n_2$ . Calculer  $i_c$  pour  $n_c = 1,456$  (silice) et  $n_g = 1,410$  (silicone).
2. Exprimer, en fonction de  $n_c$  et  $n_g$ , l'angle limite  $\theta_0$  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  $\theta_0$ . 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.

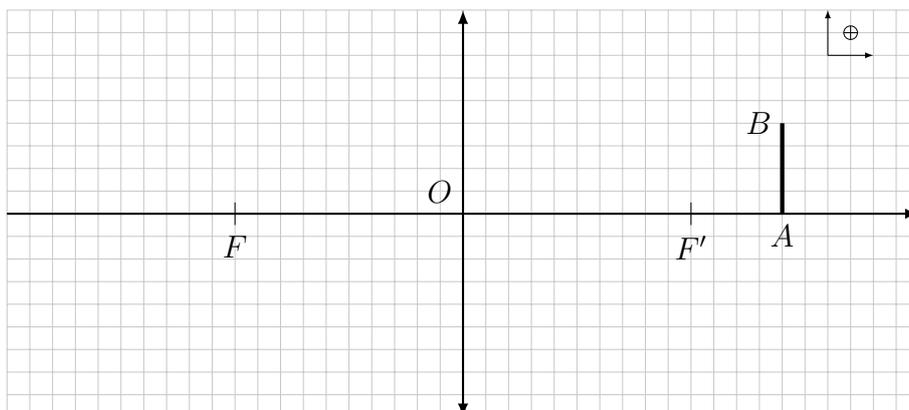
## Lentilles

### 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  $\Delta$  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  $\gamma_1$  de l'objectif.
4. Exprimer l'angle  $\alpha'$  sous lequel est vue l'image définitive en fonction de  $\gamma_1$ ,  $f'_2$  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  $\alpha$ . Déterminer le grossissement commercial  $G_C = \frac{\alpha'}{\alpha}$  du microscope. En déduire la puissance intrinsèque du microscope définie par le rapport  $P_i = \frac{G_C}{d_m}$ .

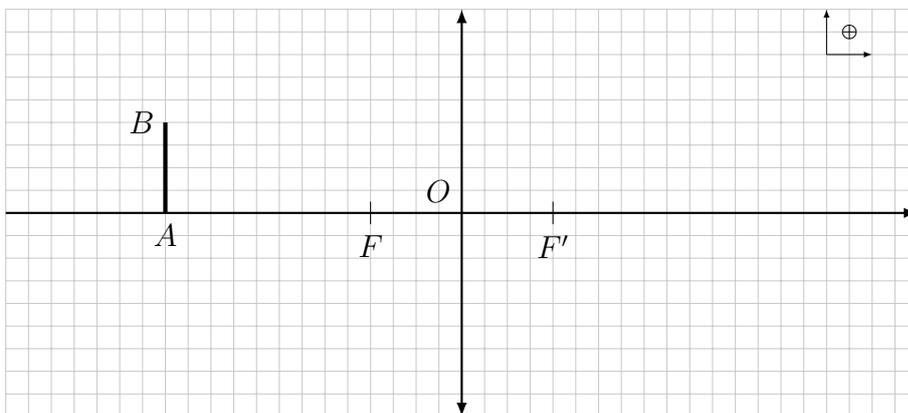
## Plus de constructions graphiques !

---

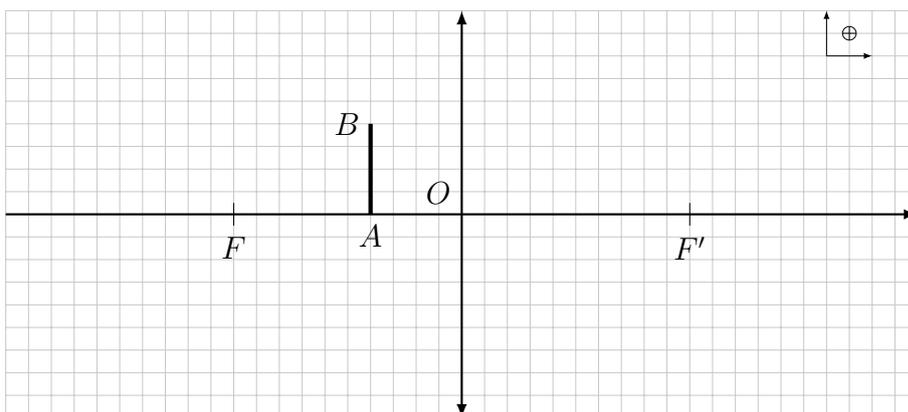
### Exercice 1 - Une seule lentille

1. Lentilles convergentes

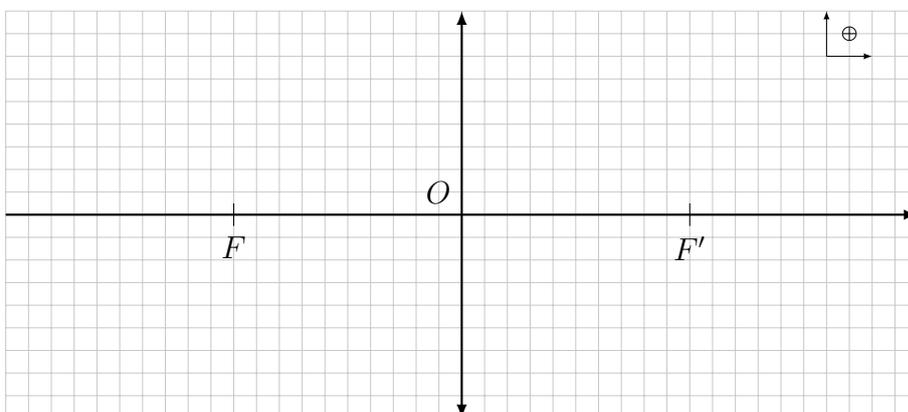
(a) Objet réel placé à une distance  $\overline{OA} > f'$



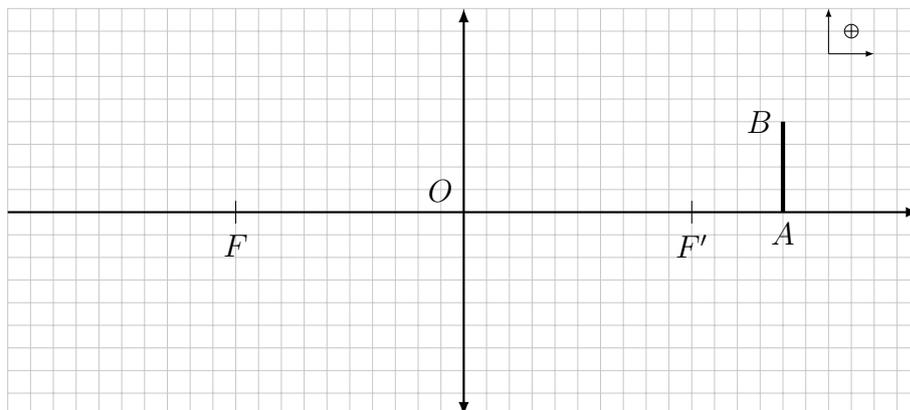
(b) Objet réel placé à une distance  $\overline{OA} < f'$



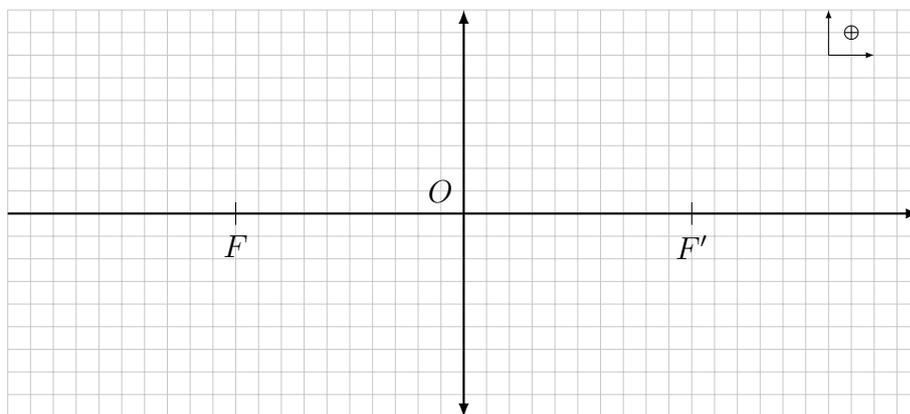
(c) Objet réel placé dans le plan focal



(d) Objet virtuel

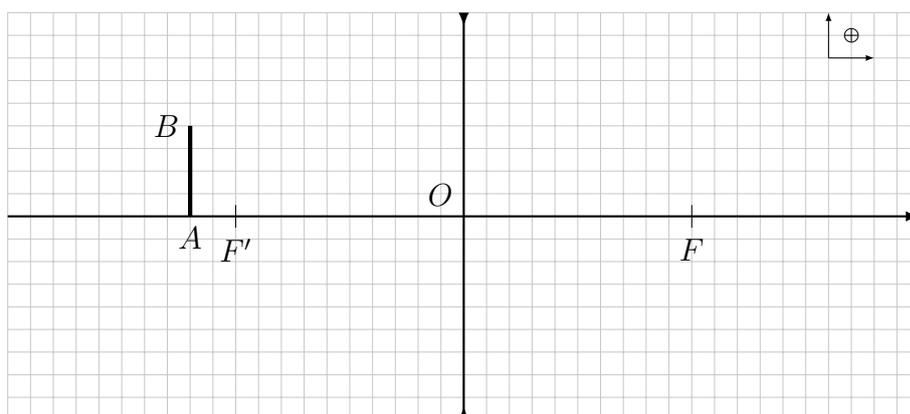


(e) Objet réel à l'infini

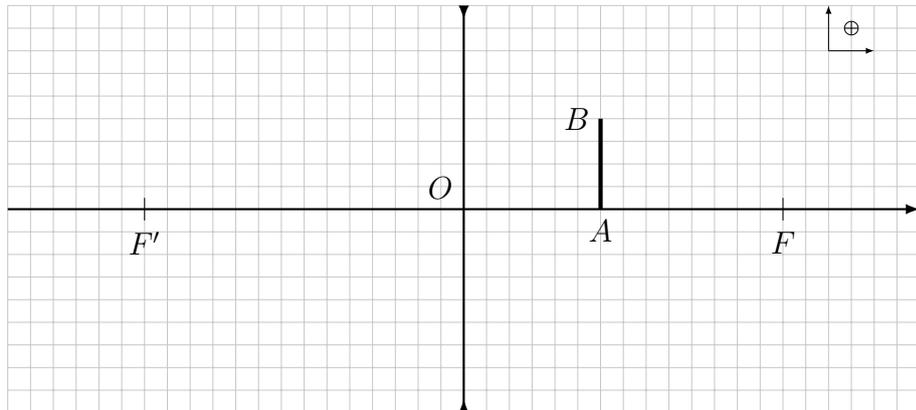


2. Lentilles divergentes

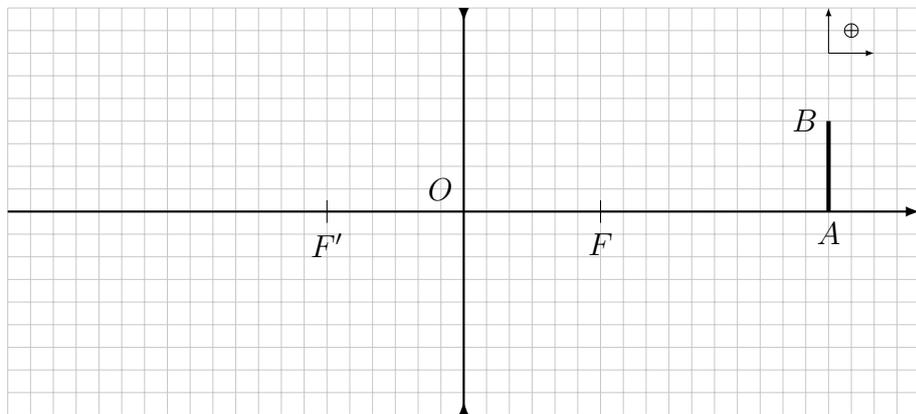
(a) Objet réel



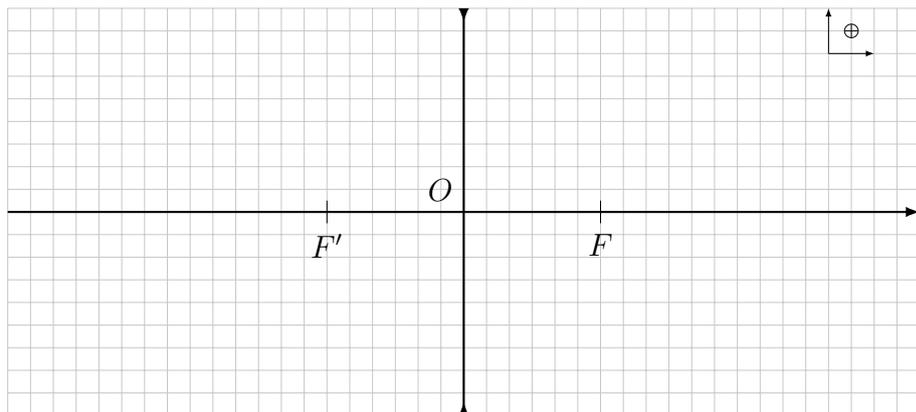
(b) Objet virtuel placé à  $\overline{OA} < |f'|$



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

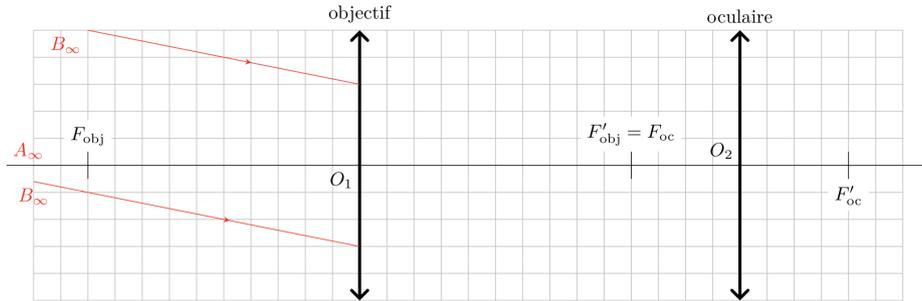


(d) Objet virtuel placé dans le plan focal objet



**Exercice 2 - Deux lentilles**

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



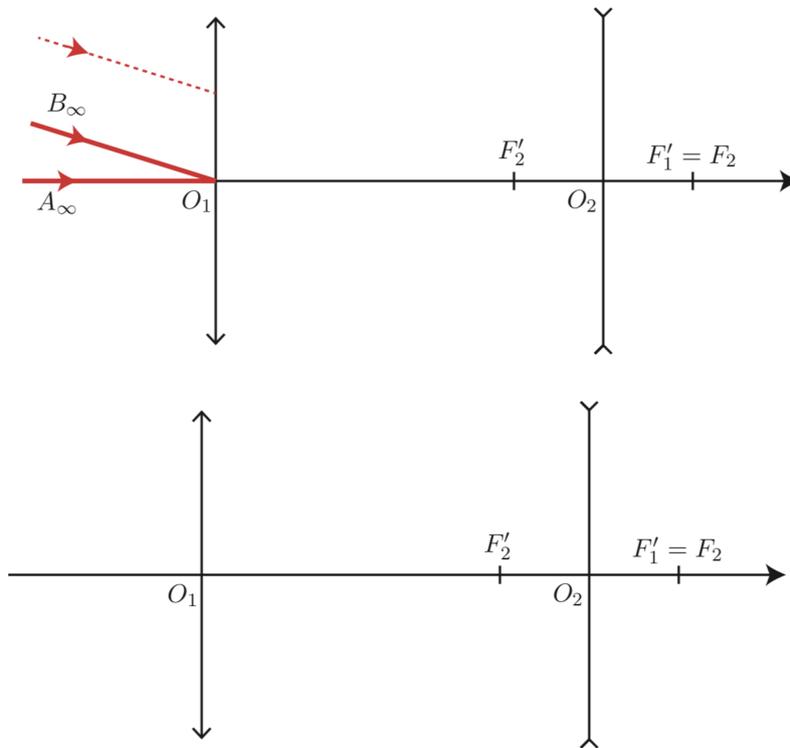
2. Doublet de Huygens : On appelle doublet un ensemble de lentilles minces de même axe optique. On le définit par la donnée de 3 nombres :  $f'_1$  la distance focale de la première lentille,  $f'_2$  la distance focale de la deuxième lentille et  $e = \overline{O_1O_2}$  la distance entre les deux centres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

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).

