

# Lentilles minces dans les conditions de Gauss

## Travaux Dirigés

"In a dark place we find ourselves, and a little more knowledge lights our way".  
Yoda

### En autonomie

Cahier d'entraînement : [fiche 9](#).

### Savoir-faire

#### Savoir-faire 1 – Savoir construire l'image d'un objet par un miroir plan

Un miroir est une surface réfléchissante formée d'un dépôt métallique, par exemple de l'argent ou de l'aluminium, déposé sur un support qui n'est pas lui-même traversé par la lumière.

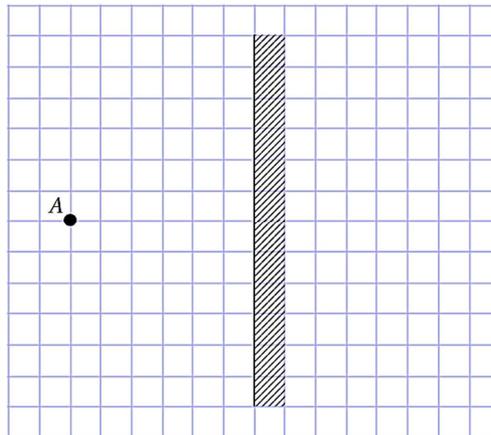
**Q1.** Tracer trois rayons incidents, issu de A et frappant le miroir. Déterminer, à l'aide des lois de la réflexion, leurs rayons réfléchis, aussi appelés émergents.

*Consignes : les rayons seront tracés à la règle, une couleur par rayon, et fléchés dans le sens de propagation.*

**Q2.** Tracer, en pointillés, le prolongement des rayons émergents de l'autre côté du miroir. Sont-ils concourants ?

**Q3.** On notera A' le point ainsi défini. Que représente-t-il ? Comment est-il par rapport à A ?

**Q4.** Ajouter un point B à la verticale de A. Déterminer son image B' à travers le miroir. Que dire de l'image A'B' de l'objet AB (position, taille, sens) ?

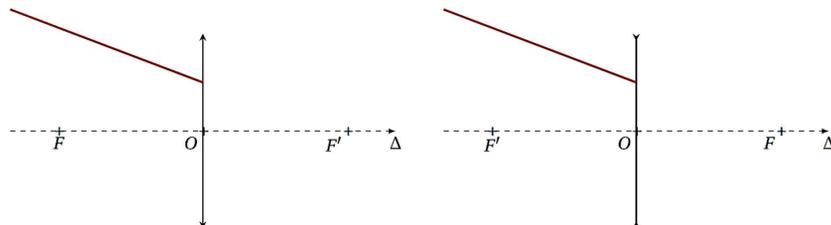


#### Savoir-faire 2 – Savoir construire géométriquement une image par une lentille

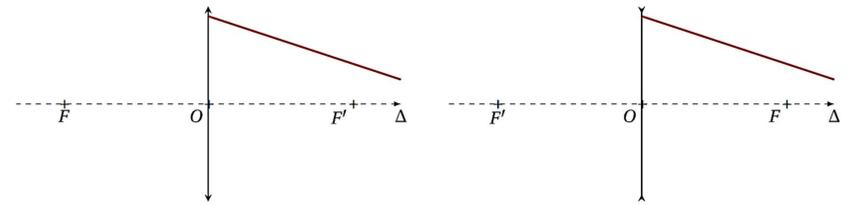
Voir pages suivantes.

#### Savoir-faire 3 – Construire le cheminement d'un rayon quelconque en utilisant les foyers secondaires

**Q1.** Déterminer le cheminement des rayons incidents ci-dessous.



**Q2.** Déterminer le cheminement des rayons émergents ci-après.



#### Savoir-faire 4 – Exploiter les formules de conjugaison et du grandissement

Un objet AB est situé en amont d'une lentille convergente, à une distance  $\overline{AO} = 3f'$ .

**Q1.** En utilisant l'une des relations de conjugaison (préciser laquelle), donner l'expression de la distance  $\overline{OA'}$  permettant de placer l'image A'.

**Q2.** Que vaut alors le grandissement transversal ?

**Q3.** On fait l'image d'un objet AB de taille 2 cm. Quelle est la taille de l'image ?

#### Savoir-faire 5 – Établir la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.

On désire projeter l'image d'un objet AB sur un écran E, parallèle à AB, situé à une distance D de l'objet. On dispose pour cela d'une lentille convergente L de distance focale image  $f'$  et de centre O. On note  $x > 0$  la distance sur l'axe optique entre l'objet et la lentille.

**Q1.** Exprimer  $\overline{OA}$  et  $\overline{OA'}$  en fonction de D et x.

**Q2.** A l'aide d'une des relations de conjugaison, montrer que pour obtenir l'image de AB sur l'écran E, la distance D doit être supérieure à une valeur minimale  $D_{min} = 4f'$ .

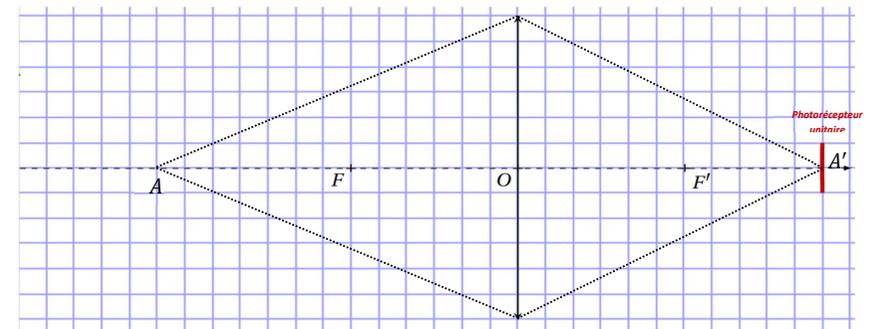
**Q3.** En supposant cette condition réalisée, montrer qu'il existe deux positions possibles pour la lentille permettant la projection d'une image sur l'écran. En quoi diffèrent ces deux positions ?

#### Savoir-faire 6 – Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné

**Q1.** Tracer ci-dessous les rayons correspondant au point A<sub>1</sub> le plus proche de la lentille donnant une image nette (critère de netteté : la taille de la tache image est inférieur ou égale à la taille du photorécepteur).

**Q2.** Même question pour le point A<sub>2</sub>, le plus proche de la lentille donnant une image nette.

**Q3.** En déduire la profondeur de champ.



**Savoir-faire 2 – Savoir construire géométriquement une image par une lentille**

**Q1.** Pour chaque cas, réaliser les constructions et compléter le tableau récapitulatif.

Objet réel en amont du foyer objet principal d'une lentille convergente

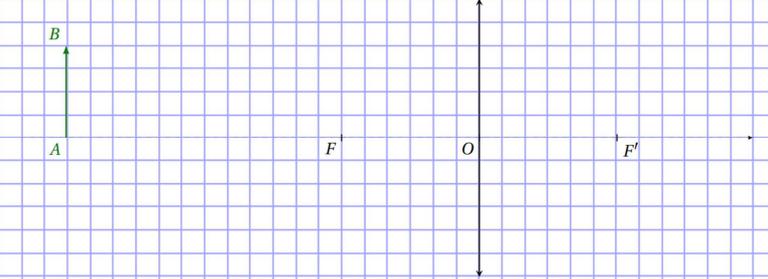
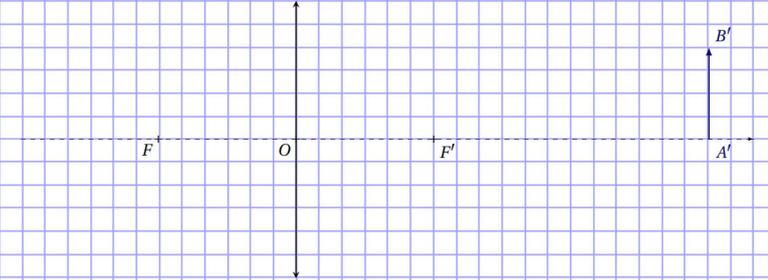
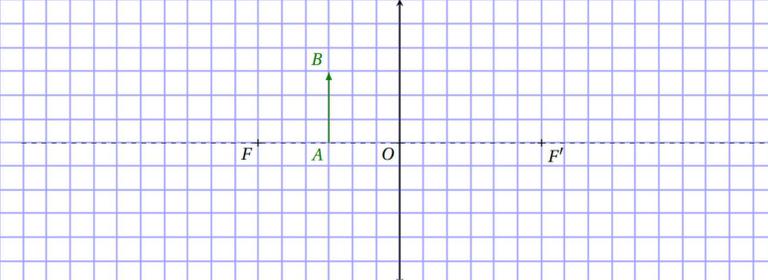


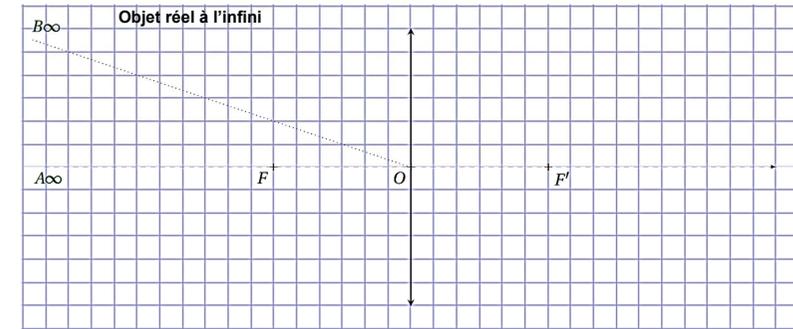
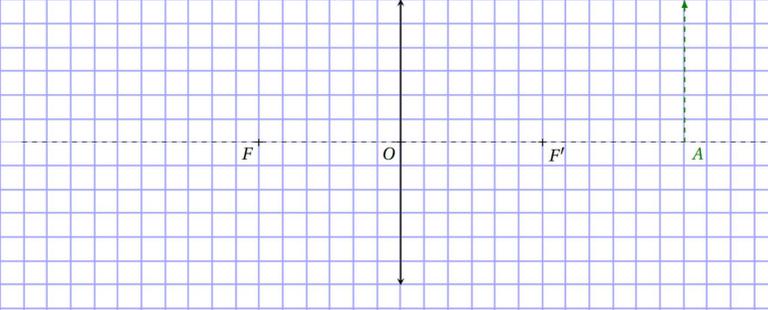
Image réelle situé à plus de  $2f'$  d'une lentille convergente



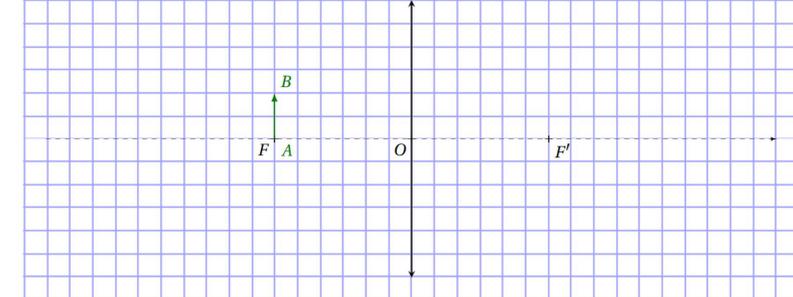
Objet réel en aval du foyer objet principal d'une lentille convergente



Objet virtuel en aval d'une lentille convergente



Objet réel au foyer principal objet d'une lentille convergente

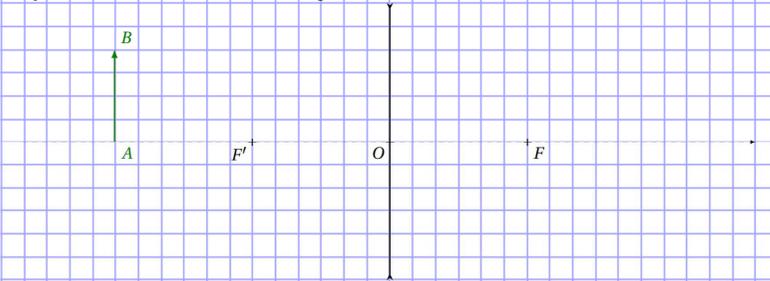


**LENTILLE CONVERGENTE**

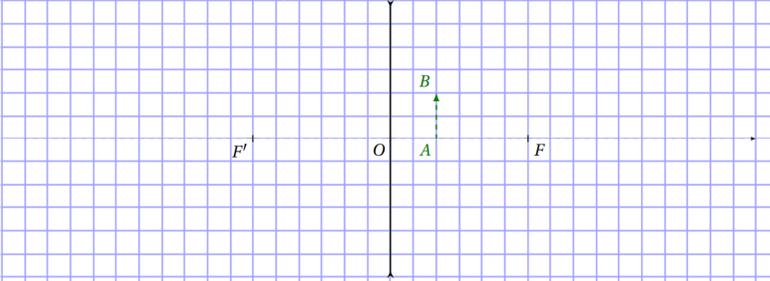
Objet		Image		
Nature	Position	Nature	Position	Sens / $\gamma_t$
Réel	$-\infty < \overline{OA} < 2f$			
		Réelle	$2f' < \overline{OA'} < +\infty$	
Réel	$f < \overline{OA} < 0$			
Virtuel	$0 < \overline{OA} < +\infty$			
Réel	$-\infty$			
Réel	$\overline{OA} = f$			

Q2. Pour chaque cas, réaliser les constructions et compléter le tableau récapitulatif.

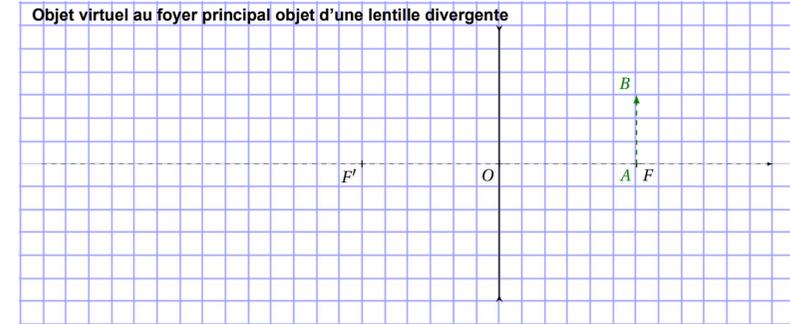
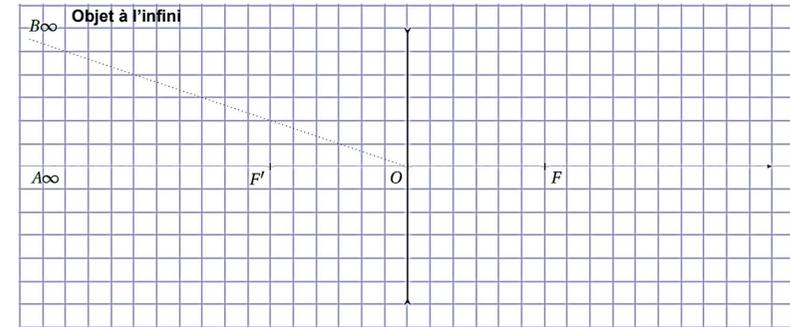
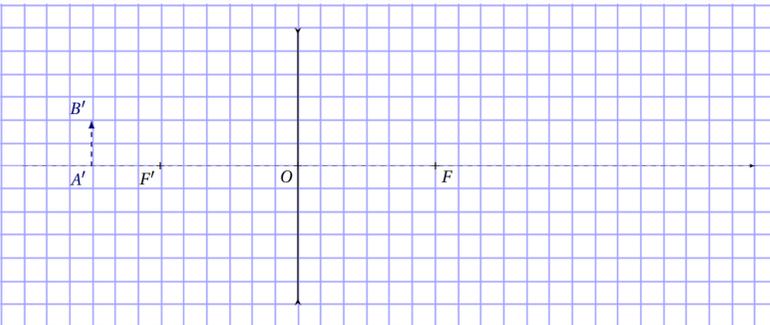
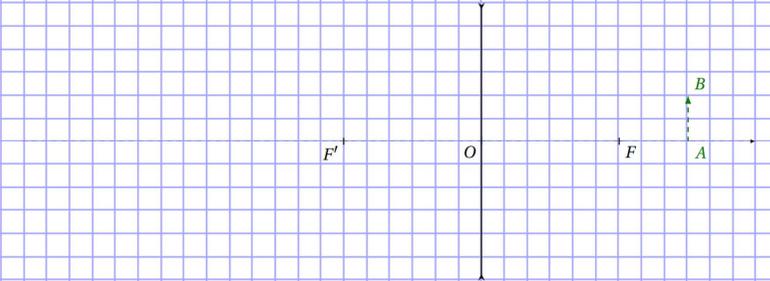
Objet réel en amont d'une lentille divergente



Objet virtuel entre une lentille divergente et son foyer principal objet



Objet virtuel en aval foyer principal objet



LENTILLE DIVERGENTE				
Objet		Image		
Nature	Position	Nature	Position	Sens / $\gamma_t$
Réel	$-\infty < \overline{OA} < 0$			
Virtuel	$0 < \overline{OA} < f$			
Virtuel	$f < \overline{OA} < 2f$			
		Virtuelle	$2f' < \overline{OA'} < f'$	
Réel	$-\infty$			
Virtuel	$\overline{OA} = f$			

## Exercices incontournables

### Exercice 1 : Champ de vision dans un miroir (★★★)

- Q1.** Montrer que l'on voit un point A dans un miroir si et seulement si la droite O'A coupe la surface du miroir, avec O' le symétrique du point O où se trouve l'œil.
- Q2.** En déduire quelle est la taille minimale d'un miroir dans lequel un homme de taille  $h$  peut se voir en entier. On assimilera le corps à un segment rectiligne vertical TP (tête-pieds...) contenant la position O de l'œil.
- Q3.** Comment ce miroir doit-il être placé en hauteur ? L'homme se voit-il mieux en reculant ?

### Exercice 2 : Photo d'un arbre (★★★)

L'objectif d'un appareil photographique est assimilable à une lentille convergente de focale  $f' = 5$  cm. La pellicule de taille 24 mm x 36 mm est située derrière la lentille, à une distance  $d$  réglable de son centre O. La distance  $d$  peut varier entre 50 mm et 55 mm.

- Q1.** On veut photographier un arbre de 10 m de haut, situé à une distance de 50 m. Quelle sera la hauteur de l'image de l'arbre sur la pellicule ?
- Q2.** A quelle distance peut-on s'approcher pour qu'on ait toujours l'arbre en entier sur la pellicule ?
- Q3.** Montrer qu'il existe une distance minimale en deçà de laquelle il n'y aura pas d'image.

### Exercice 3 : Lunette de Galilée (★★★)

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  $e = O_1O_2$  la distance entre les deux centres optiques  $O_1$  et  $O_2$ .

Une lunette de Galilée correspond à un doublet de type  $f'_1 = 4a$ ,  $f'_2 = -a$  et  $e = 3a$ .

Pour les applications numériques on prendra  $a = 5$  cm.

- Q1.** Faire un schéma du système optique à l'échelle.
- Q2.** Où se situe l'image par cette lunette d'un objet situé à l'infini ? Comment appelle-t-on ce type de système ?
- Q3.** Calculer le grandissement transverse  $\gamma$ . Ce grandissement dépend-il de la position de l'objet A ?
- Q4.** Un objet est vu, à l'infini, sous un angle  $\alpha$ . Déterminer le grossissement angulaire  $G = \alpha'/\alpha$  où  $\alpha'$  est l'angle sous lequel est vue l'image après le doublet de lentilles

### Exercice 4 : Pouvoir séparateur de l'œil (★★★)

Le pouvoir séparateur d'un œil emmétrope (normal) est d'environ une minute d'arc, soit donc  $\theta_0 = (1/60) \times \pi/180 = 3 \times 10^{-4}$  rad. Ainsi, deux points ne peuvent être vus distinctement que si leur écart angulaire est supérieur à cette valeur. De plus, un œil normal peut voir net entre l'infini et le punctum proximum situé à 25 cm environ.

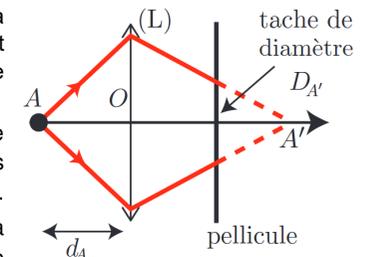
- Q1.** Déterminer la distance jusqu'à laquelle cet œil peut distinguer deux traits parallèles séparés de 2 mm.
- Q2.** Quelle doit être la taille d'une lettre (ex : H) d'un panneau routier pour être lue à 250 m ?
- Q3.** En modélisant l'œil comme une lentille convergente associée à un écran (la rétine) placé à une distance fixe de 20 mm derrière, déterminer la taille moyenne d'un récepteur de la rétine.

### Exercice 5 : Appareil photo jetable (★★★)

Les appareils photo jetables sont conçus pour ne servir qu'une fois. Ils sont donc de conception très simple afin que le prix de revient soit le plus bas possible. L'objectif n'est composé que d'une seule lentille mince convergente ( $L$ ), de diamètre utile  $D_L$ , et la pellicule se situe à une distance  $d$  fixe de la lentille. Aucune mise au point n'est possible.

- Q1.** Rappeler en quoi consistent les conditions de Gauss ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients. Comment fait-on en pratique pour travailler dans ces conditions ?
- Q2.** L'objet étant situé à l'infini, déterminer la valeur de  $d$  à prévoir lors de la fabrication pour que son image soit nette sur la pellicule. On note  $f'$  la distance focale de la lentille.
- Q3.** Quelle est alors la dimension  $X$ , sur la pellicule, de l'image de la Lune qui a un diamètre apparent  $\alpha$  ? A.N. avec  $f' = 3$  cm et  $\alpha = 0,5^\circ$ .

Un objet ponctuel A, sur l'axe optique, qui n'est pas situé à l'infini, a son image en dehors du plan de la pellicule et donne sur la pellicule une tache de diamètre  $D_{A'}$ , comme représenté sur la figure ci-contre.



- Q4.** Soit  $d_A$  la distance entre le point A et la lentille ( $d_A > 0$ ). Exprimer  $OA'$  en fonction de  $d_A$  et  $f'$ , puis donner l'expression de  $D_{A'}$  en fonction de  $D_L$ ,  $f'$  et  $d_A$ .
- Q5.** La pellicule est formée de grains que l'on supposera circulaires et de même diamètre  $\varepsilon$ . Sachant que  $f' = 3$  cm, que  $D_L = 2$  mm et que  $\varepsilon = 20$   $\mu\text{m}$ , calculer numériquement la position du point A le plus proche qui est encore net après développement.
- Q6.** Afin de pouvoir diminuer  $d_A$ , on augmente, lors de la fabrication, la distance  $d$  afin qu'un point à l'infini soit à la limite de netteté (il donne donc une tache de diamètre  $D_{A'}$  sur la pellicule). Faites un schéma du dispositif montrant la tache donnée par l'objet à l'infini. Déterminer  $d$  et faire l'application numérique.
- Q7.** Déterminer la nouvelle distance  $d_A$  correspondant au point le plus près donnant lui aussi une tache de diamètre sur la pellicule et faire l'AN. Conclure.

## Exercices d'entraînement

### Exercice 6 : Rétroprojecteur (★★★)

On désire projeter l'image AB (feuille transparente) sur un écran placé à  $D = 3,0$  m de l'axe optique de la lentille.

L'ensemble lentille-miroir du rétroprojecteur est réglable en hauteur. Le miroir plan est incliné de  $45^\circ$ , la lentille a une vergence  $V = 2,0$  δ et la distance lentille-miroir est  $h = 10$  cm.

- Q1.** Déterminer la distance objet-lentille  $d$  permettant d'observer une image nette sur l'écran.
- Q2.** Calculer le grandissement.
- Q3.** On souhaite un grandissement de  $-6$ , que doit-on faire ?

