

Systèmes optiques

QUESTIONS DE COURS

En vérifiant que vous savez répondre à ces questions, vous contrôlez votre apprentissage du cours.

- ↪ Définir les mots suivants : objet, point objet ponctuel (réel ou virtuel), image, point image ponctuelle (réel ou virtuel) en optique géométrique
- ↪ Tracer l'image d'un objet par un miroir plan. Quelle est la relation entre l'image et l'objet ?
- ↪ Définir le stigmatisme rigoureux et approché. Donner les caractéristiques d'un détecteur permettant d'avoir un stigmatisme approché (on pourra faire un schéma). Définir les conditions de Gauss et donner leur intérêt.
- ↪ Que peut-on dire des rayons émergents d'un système optique lorsque l'image se forme à l'infini ?
- ↪ Définir les foyers objet et image d'une lentille mince dans les conditions de Gauss, ainsi que la distance focale et la vergence d'une lentille.
- ↪ Représenter une lentille mince convergente et une lentille mince divergente en faisant apparaître son centre optique, ses foyers principaux F et F' et ses plans focaux.
- ↪ Lorsqu'un objet est placé dans le plan focal objet d'une lentille, où se forme son image ?
- ↪ Lorsqu'une image se forme dans le plan focal image d'une lentille, où se trouve son objet conjugué ?
- ↪ Quelle est la propriété du centre optique O d'une lentille ?
- ↪ Quelles sont les règles de construction de l'image d'un objet par une lentille ?
- ↪ Définir le grandissement. Quelles informations sont contenues dans le grandissement ?
- ↪ Établir la condition d'obtention d'une image réelle d'un objet réel pour une lentille convergente.
- ↪ Modélisation de l'œil : préciser quel organe de l'œil joue le rôle de lentille, de diaphragme, d'écran et faire un schéma. Qu'est-ce que l'accommodation ? Qu'appelle-t-on punctum proximum et punctum remotum ? Qu'appelle-t-on œil "normal" ? Quel autre adjectif peut-on utiliser ? Définir et donner les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.
- ↪ Modélisation de l'appareil photo : Faire un schéma en expliquant le principe de réglage de l'appareil. Qu'appelle-t-on tirage d'un appareil ? Qu'est-ce que la profondeur de champ ? Construire la profondeur de champ d'un appareil photo pour un réglage donné.

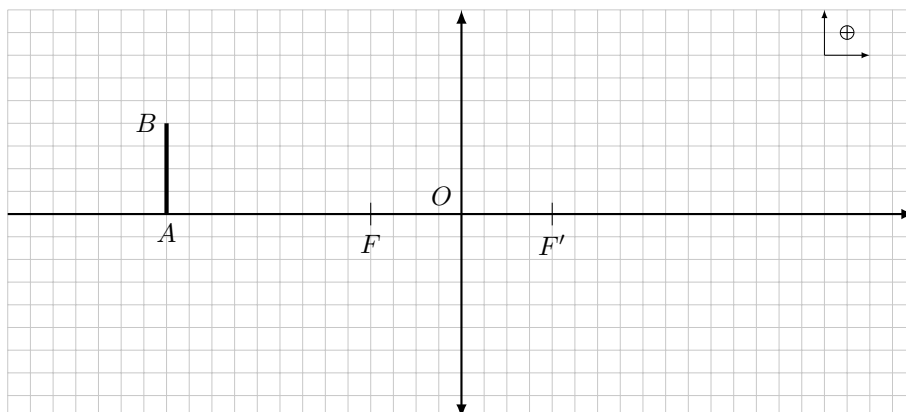
SAVOIR-FAIRE

Ces exercices sont à savoir résoudre en priorité. Ne passez pas aux exercices suivants sans avoir compris la correction de ceux-ci.

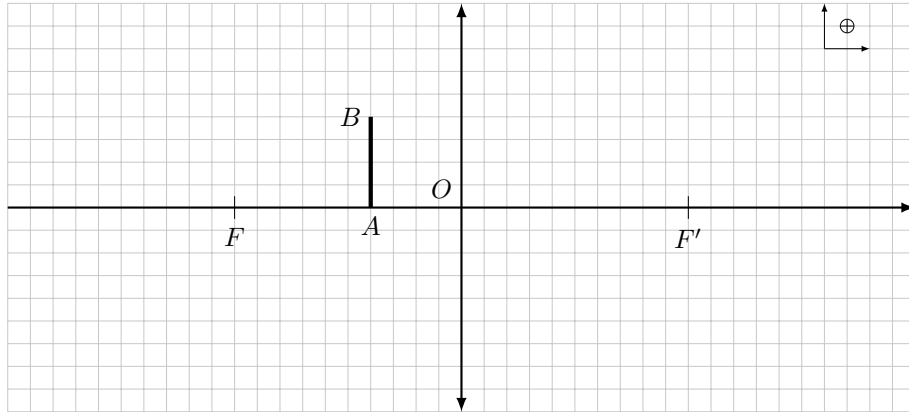
Savoir-faire 1 : Savoir construire géométriquement une image par une lentille

1/ Lentilles convergentes

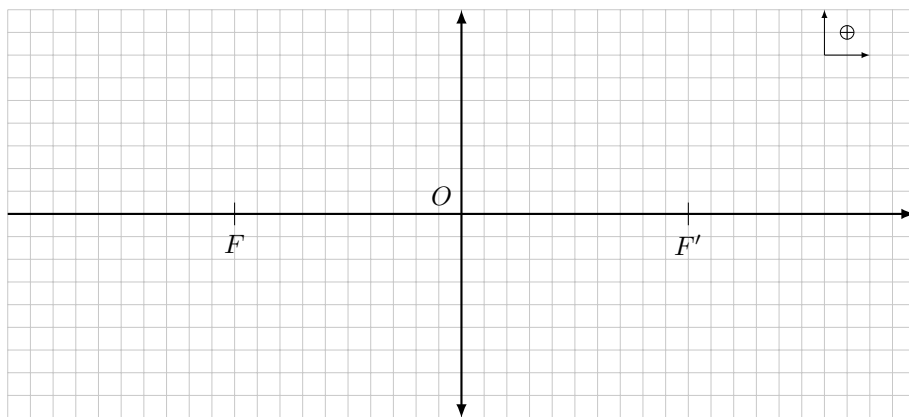
- (a) Objet réel placé à une distance $\overline{OA} > f'$



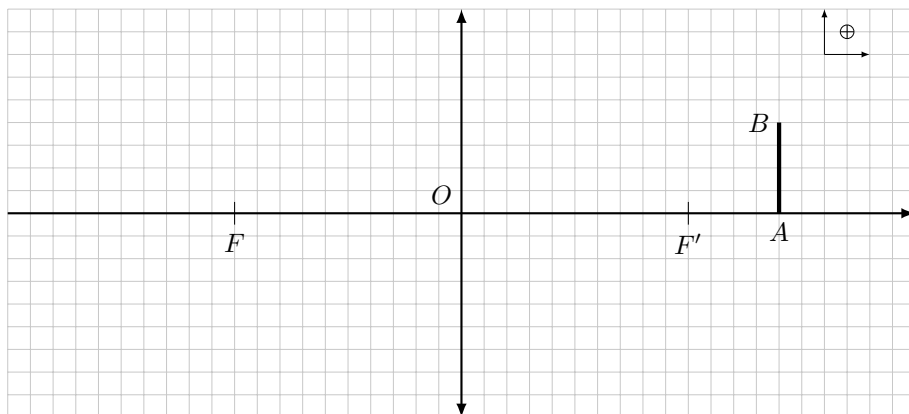
(b) Objet réel placé à une distance $\overline{OA} < f'$



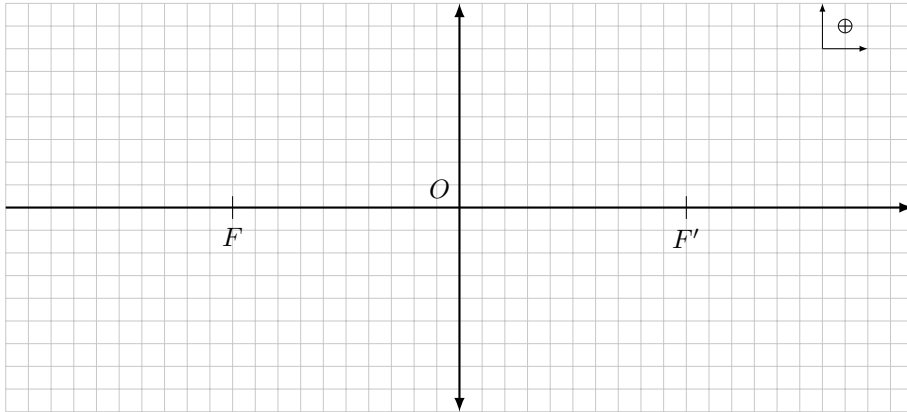
(c) Objet réel placé dans le plan focal



(d) Objet virtuel

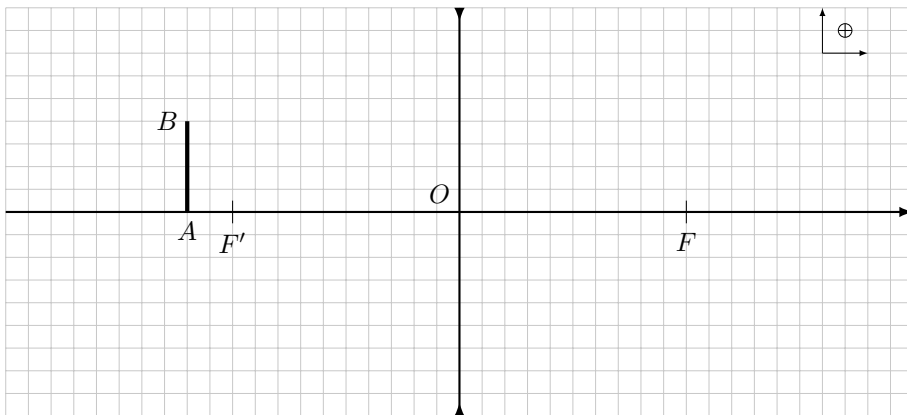


(e) Objet réel à l'infini

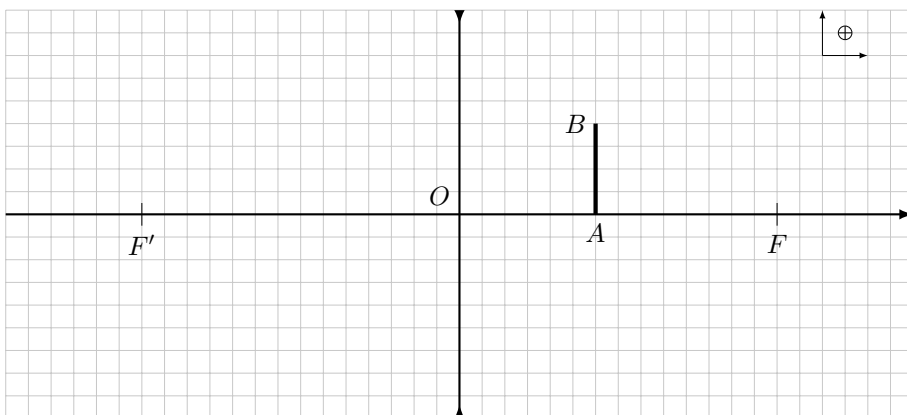


2/ Lentilles divergentes

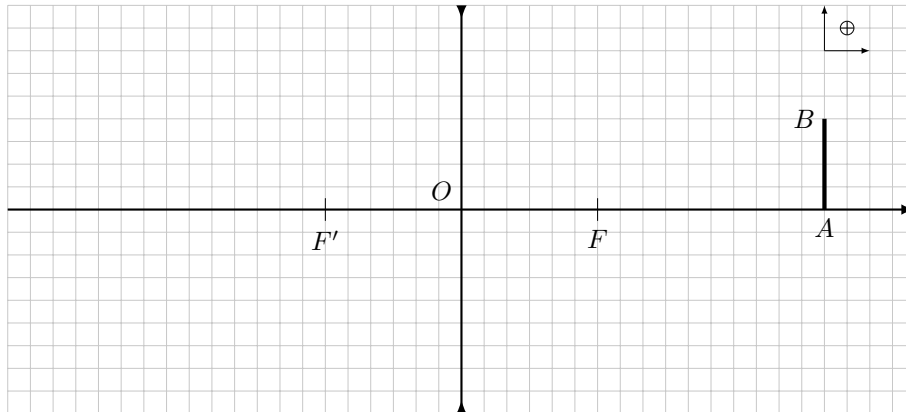
(a) Objet réel



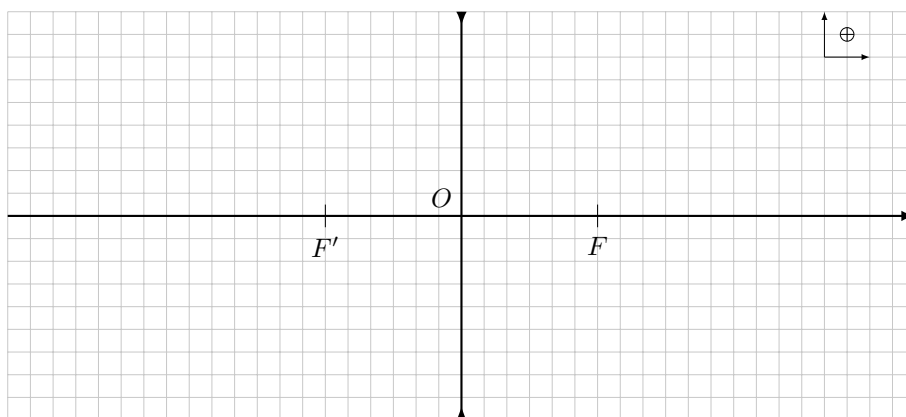
(b) Objet virtuel placé à $\overline{OA} < |f'|$



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



(d) Objet virtuel placé dans le plan focal objet



Savoir-faire 2 : Utiliser la formule de conjugaison

Dans chaque cas : faire un schéma en respectant l'échelle puis retrouver la nature et la taille de l'image en utilisant les formules de Descartes, puis celles de Newton.

- 1/ Un objet AB de 2 cm est placé 30 cm avant une lentille convergente de focale $f'_1 = 20$ cm.
- 2/ Un objet AB de 1 cm est placé à 1,5 cm avant une lentille convergente de focale $f'_2 = 2$ cm.
- 3/ Un objet AB de 3 cm est placé à 5 cm après une lentille convergente de focale $f'_3 = 10$ cm.
- 4/ Un objet AB de 3 cm est placé à 10 cm devant une lentille de distance focale $f'_4 = -50$ mm.

LES INCONTOURNABLES

Ces exercices sont classiques et doivent être maîtrisés avant d'aller plus loin.

Exercice 1 : Champ de vision dans un miroir

- 1/ 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.
- 2/ 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.
- 3/ Comment ce miroir doit-il être placé en hauteur ? L'homme se voit-il mieux en reculant ?

Exercice 2 : Lentilles de contact

La distance cristallin - rétine dans un œil vaut environ 1,50 cm.

- 1/ L'œil normal peut voir nettement les objets entre l'infini et une distance minimale du cristallin. Quelles sont donc les valeurs extrémales f'_{PP} et f'_{PR} de la focale du cristallin.

2/ Un œil myope ne voit pas nettement les objets au-delà de $L = 2$ m. Que dire de son cristallin ?

On veut corriger la vision de cet œil afin que ses caractéristiques soient celles d'un œil normal.

- 3/ Montrer que deux lentilles minces \mathcal{L}_1 et \mathcal{L}_2 , de focales respectives f'_1 et f'_2 , accolées en O se comportent comme une unique lentille dont on précisera la focale f' .
- 4/ La correction de la vision de l'œil considéré se fait au moyen de verres de contact, assimilables à des lentilles minces au contact de la lentille modélisant le cristallin. Préciser la nature de ces lentilles. Quelle est leur vergence V_c ?
- 5/ On a tous essayé un jour de brûler une fourmi à l'aide d'une loupe. Un myope peut-il utiliser ses lunettes pour concentrer la lumière du Soleil sur une fourmi et ainsi la brûler ? Qu'en est-il d'un hypermétrope ?

Exercice 3 : 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 : $f'_1 = 3a, e = 2a, f'_2 = a$.

Pour les applications numériques on prendra $a = 2$ cm.

- 1/ Placer sur un axe optique (figure à l'échelle) les foyers F_1, F'_1, F_2 et F'_2 des lentilles et déterminer par construction géométrique les foyers objet et image noté F et F' de l'ensemble.
- 2/ Vérifier ces résultats en déterminant algébriquement $\overline{F_1F}$ et $\overline{F'_2F'}$.

Exercice 4 : Lunette de Galilée

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.

- 1/ Déterminer la position des foyers principaux objet et image du système global.
- 2/ Calculer le grandissement transverse γ . Ce grandissement dépend-il de la position de l'objet A ?
- 3/ Un objet est vu, à l'infini, sous un angle α . Déterminer le grossissement angulaire $G = \alpha'/\alpha$ où α' est l'angle sous lequel est vue l'image après le doublet de lentilles.

POUR S'ENTRAÎNER

Ces exercices sont un peu plus étoffés et permettent d'approfondir la maîtrise des outils abordés jusqu'alors.

Exercice 5 : Méthode de Bessel pour déterminer une distance focale

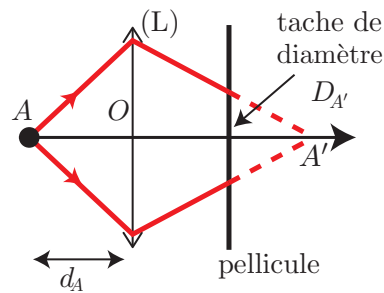
L'objet AB et un écran sont fixes et distants de D sur le banc optique. On cherche à obtenir une image nette A'B' sur l'écran à l'aide d'une lentille convergente \mathcal{L} , de centre optique O et de distance focale f' inconnue.

- 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.

Exercice 6 : 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.

- 1/ 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 ?
- 2/ 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.
- 3/ Quelle est alors la dimension X , sur la pellicule, de l'image de la Lune qui a un diamètre apparent α ? A.N. avec $f' = 3$ cm et $\alpha = 0,5^\circ$.



- 4/ 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-dessous. 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 .
- 5/ La pellicule est formée de grains que l'on supposera circulaires et de même diamètre ϵ . Sachant que $f' = 3$ cm, que $D_L = 2$ mm et que $\epsilon = 20$ μm , calculer numériquement la position du point A le plus proche qui est encore net après développement.
- 6/ 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 ϵ 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. Déterminer la nouvelle distance d_A correspondant au point le plus près donnant lui aussi une tache de diamètre ϵ sur la pellicule et faire l'AN. Conclure.

DEVOIR-MAISON

Cet exercice est un premier pas vers le travail du devoir surveillé. Assurez-vous que vos réponses manifestent d'une maîtrise des compétences données ci-après.

Un microscope est schématisé par deux lentilles minces L_1 (objectif, $f'_1 = 5$ mm) et L_2 (oculaire, $f'_2 = 25$ mm). Les foyers F'_1 et F_2 sont écartés de $D = 16$ cm.

- 1/ Un observateur, étudie un petit objet AB . Où doit être situé A pour que l'œil effectue l'observation sans accommoder. Donner la valeur numérique de la distance $\overline{O_1A}$.
Le diamètre apparent de l'image est α' . Représenter la marche d'un pinceau lumineux issu de B .
Déterminer numériquement la puissance intrinsèque du microscope : $P_i = \alpha'/AB$
- 2/ Déterminer les positions des foyers objet et image du microscope. On donnera les valeurs numériques des distances $\overline{F_1F}$ et $\overline{F'_2f'}$.

Les rayons lumineux issus des différents points de l'objet se concentrent après la traversée du microscope dans un cercle voisin du plan focal image de l'oculaire. Si la pupille de l'œil est placée au niveau de ce cercle, appelé cercle oculaire, elle reçoit un maximum de lumière.

- 3/ Sachant que c'est l'objectif qui diaphragme le faisceau lumineux, représenter le trajet des rayons extrêmes pour les deux faisceaux issus de A et de B . L'intersection des faisceaux émergents définit le cercle oculaire. Montrer qu'il est l'image de l'objectif par l'oculaire.
Déterminer numériquement sa distance au centre optique de la lentille L_2 .
- 4/ Rappeler à quelles distances l'œil est capable d'observer un objet, en accommodant ? Déterminer alors la latitude de mise au point du microscope, l'œil étant placé en F'_2 .

Type	Compétences	Niveau de maîtrise
RES	Connaître la définition d'un foyer objet et d'un foyer image	
	Connaître les caractéristiques de l'œil	
APP	Identifier les relations géométriques présentes dans un système optique	
	Utiliser les notations introduites dans l'énoncé	
	Utiliser correctement les distances algébriques	
	Établir des relations entre les distances caractéristiques d'un système et les distances algébriques entre les points étudiés	
	Traduire une condition d'accommodation en des relations entre les points étudiés	
	Traduire l'observation de l'œil au travers du microscope en une relation entre les longueurs caractéristiques et des distances entre points	
ANA	Choisir les relations géométriques pertinentes pour la résolution d'un problème	
	Isoler les grandeurs pertinentes pour résoudre un problème	
	Utiliser une relation de conjugaison pour exprimer la position d'un point	
	Utiliser les conditions de Gauss pour simplifier les relations trigonométriques	
	Identifier l'objet dont l'image par un système se situe dans le plan focal objet du système	
REA	Représenter la marche de rayons lumineux au travers d'un système optique	
	Manipuler une expression littérale	
	Effectuer un calcul numérique	
VAL	Présenter des résultats homogènes	
COM	Présenter clairement le raisonnement suivi	
	Utiliser un schéma propre et clair comme support de son raisonnement	