
TRAVAUX DIRIGÉS

DE PHYSIQUE

CHARLES TUCHENDLER



MPSI 4 – LYCÉE SAINT-LOUIS

ANNÉE 2019/2020

Table des matières

TD N° 15	LENTILLES MINCES	1
Exercice n° 1 - Constructions géométriques		2
Exercice n° 2 - Détermination de la focale d'une lentille		2
Exercice n° 3 - Focométrie		2
Exercice n° 4 - Aberrations chromatiques		3
Exercice n° 5 - Elargisseur de faisceau		3
Exercice n° 6 - Constructions géométriques avec doublets de lentilles		4
Exercice n° 7 - Doublet de lentilles accolées		5
Exercice n° 8 - Recherche des foyers d'un système		5
Exercice n° 9 - Construction d'un viseur		5
Exercice n° 10 - Correction d'un œil myope		5

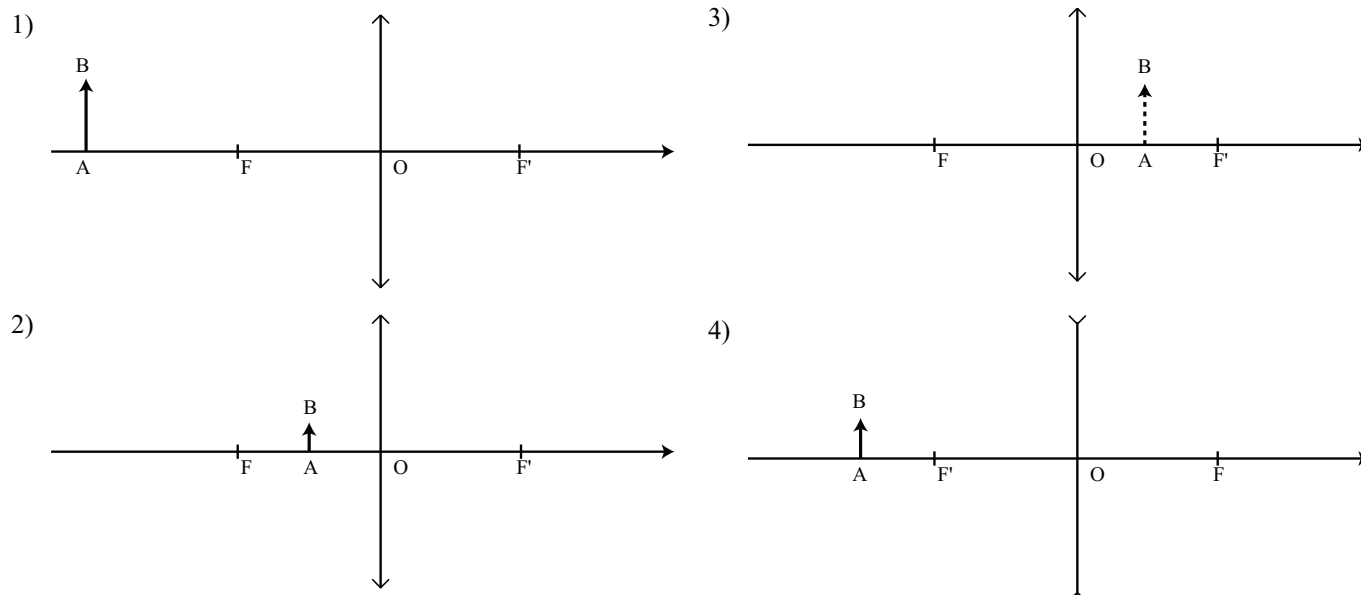
LENTILLES MINCES



FIGURE 15.1 – Coupe d'un objectif Carl Zeiss 21 mm ouvert à $f/2,8$.

Exercice n° 1 - Constructions géométriques

1. Construire directement sur la feuille les images $A'B'$ des objets AB par chacun des systèmes optiques ci-dessous. Représenter avec soin en trait plein les rayons réels et en trait pointillé les rayons virtuels, ainsi que le sens de parcours des rayons réels (faire 4 rayons dans chaque cas). Préciser la nature de l'objet et de l'image.



2. Déterminer par construction la nature, la position et la distance focale de la lentille à placer pour obtenir l'image suivante :



Exercice n° 2 - Détermination de la focale d'une lentille

Une lentille mince convergente donne d'un objet une image sur un écran agrandie deux fois et renversée. Lorsque l'on rapproche de $d' = 36$ cm la lentille de l'écran on parvient à reformer l'image (toujours renversée) sur l'écran, mais sa taille devient la moitié de celle de l'objet. Déterminer la distance focale image f' de la lentille.

Exercice n° 3 - Focométrie

1. Autocollimation :

On place un miroir plan dans le plan focal image d'une lentille convergente de focale f' .

- Montrer qu'un rayon lumineux ressort parallèlement à lui-même après avoir traversé le système optique {lentille, miroir}.
- Trouver la position et la taille de l'image d'un objet placé dans le plan focal objet de la lentille. Cette propriété dépend-elle de la distance séparant la lentille et le miroir ?
- En déduire comment placer facilement un objet dans le plan focal objet d'une lentille.
- En déduire également comment mesurer expérimentalement la focale d'une lentille convergente.

2. Méthode focométrique de Bessel et Silbermann :

On réalise maintenant une image d'un objet (AB) à l'aide d'une lentille convergente sur un écran.

- (a) Quelle est la distance minimale D_{min} séparant objet et écran permettant de réaliser une image nette ? Exprimer cette distance en fonction de la focale f' de la lentille.

Indication : on utilisera la formule de conjugaison avec origine au centre et on étudiera l'existence de solutions en fonction de la focale f' .

- (b) Lorsque la condition précédente est satisfaite, montrer qu'il existe deux positions de la lentille, distantes de d , pour lesquelles il y a une image nette sur l'écran. Exprimer f' en fonction de D et d . Le grandissement γ est-il le même dans les deux cas ? Faire une figure et commenter le cas particulier pour lequel $D = 4f'$.
- (c) En déduire une méthode expérimentale pour mesurer la focale d'une lentille convergente.

Exercice n° 4 - Aberrations chromatiques

On s'intéresse aux aberrations chromatiques observées lors de l'utilisation d'une lentille plan-convexe. Celle-ci est faite d'un verre dont l'indice n obéit à la loi de Cauchy. Expliquer à l'aide d'un schéma pourquoi le voisinage de la zone focale projetée sur un écran apparaît irrésée lorsqu'on éclaire la lentille avec un faisceau collimaté de lumière blanche. On négligera les aberrations géométriques.

Quelle différence peut-on observer lorsqu'on utilise maintenant une lentille plan concave dans les mêmes conditions ?

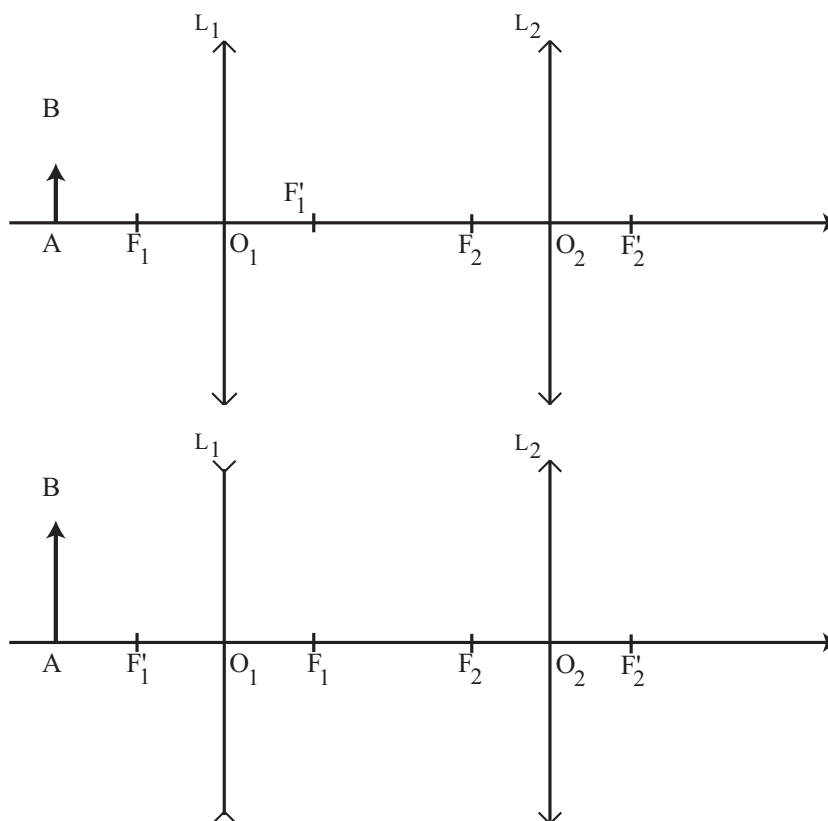
Exercice n° 5 - Elargisseur de faisceau

On considère un faisceau lumineux quasi parallèle de diamètre $d = 2$ mm issu d'une source laser. On désire multiplier le diamètre de ce faisceau par 10 tout en gardant un faisceau parallèle.

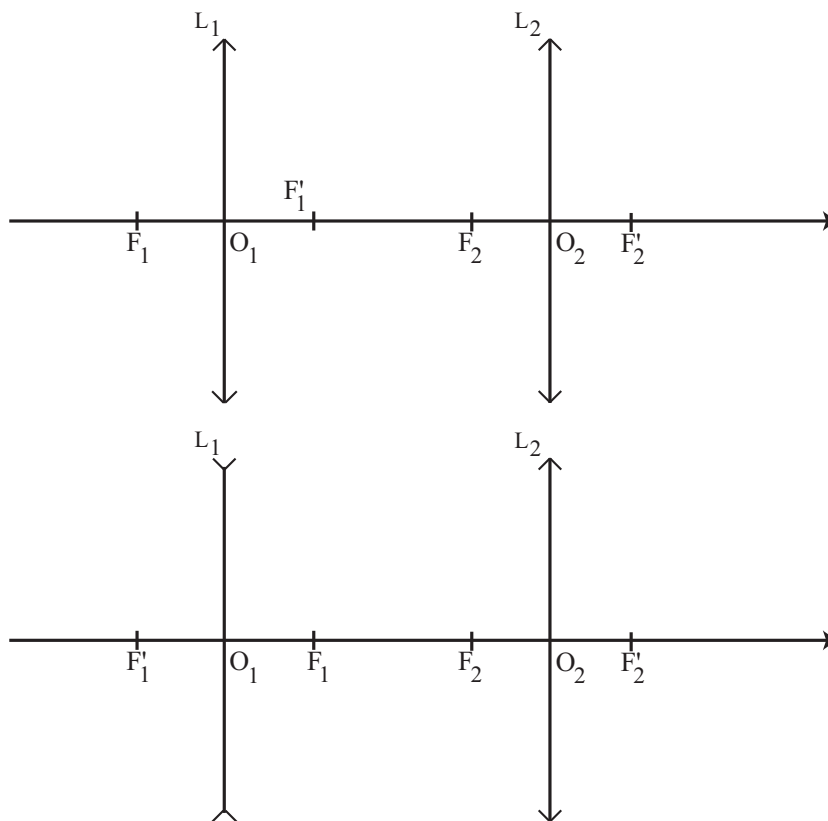
- On cherche tout d'abord à construire un élargisseur de faisceau en utilisant deux lentilles minces convergentes, sachant que la seconde doit avoir une distance focale $f'_2 = 50$ cm ?
 - Faire un schéma du dispositif.
 - Déterminer en fonction de f'_1 et f'_2 quelle doit être la distance D entre les lentilles pour obtenir un faisceau parallèle en sortie.
 - Calculer la distance focale f'_1 nécessaire pour obtenir l'élargissement souhaité.
- Mêmes questions en changeant la première lentille convergente par une lentille divergente.

Exercice n° 6 - Constructions géométriques avec doublets de lentilles

1. Construire directement sur la feuille les images $A'B'$ des objets AB par chacun des systèmes optiques ci-dessous. Représenter avec soin en trait plein les rayons réels et en trait pointillé les rayons virtuels, ainsi que le sens de parcours des rayons réels. Préciser la nature de l'objet et de l'image.



2. Déterminer par construction la position des foyers objet et image des systèmes optiques suivants.

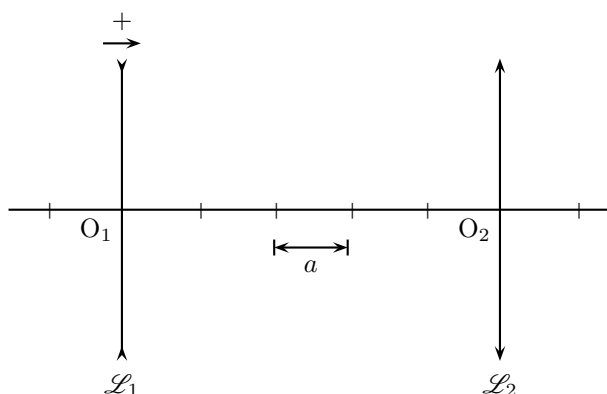


Exercice n° 7 - Doublet de lentilles accolées

Montrer que le système optique composé de deux lentilles accolées de vergences v_1 et v_2 est équivalent à une seule lentille de vergence v à déterminer. On vérifiera sur un exemple simple la validité de la formule obtenue.

Exercice n° 8 - Recherche des foyers d'un système

On donne les valeurs absolues des distances focales image pour chacune des deux lentilles représentées ci-dessous : $|f'_1| = 3a$ et $|f'_2| = 2a$, avec $a > 0$.



1. Construire les foyers F et F' du système $\{\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2\}$.
2. Retrouver la position des foyers en appliquant des relations de conjugaison.

Exercice n° 9 - Construction d'un viseur

Les viseurs utilisés en TP sont obtenus à partir d'une lunette afocale : on place devant l'objectif de celle-ci une lentille convergente additionnelle \mathcal{L} , appelée *bonnette*. L'objet à distance finie à observer est alors placé dans la plan focal objet de la bonnette.

1. Faire le schéma du viseur ainsi obtenu et tracer l'image d'un objet AB perpendiculaire à l'axe optique par ce système.
2. Quelle est la distance focale f' de la bonnette à choisir pour pointer des objets situés à 30 cm devant la bonnette.

Exercice n° 10 - Correction d'un œil myope

Un œil myope est modélisé par une lentille convergente \mathcal{L} dont le centre optique O est placé à 20 mm de la rétine. Son PR est situé à la distance finie de 1,0 m, et son PP est situé à 10 cm.

1. Quelles sont les limites de variation de la distance focale f' de la lentille équivalente au cristallin ?
2. Déterminer la distance focale f'_1 de la lentille \mathcal{L}_1 qu'il faut placer à 4 cm devant \mathcal{L} pour permettre une vision sans fatigue à l'infini.
3. Où est dans ce cas situé le nouveau PP ?