



BLAISE PASCAL  
PT 2020-2021

TP 12 – Optique

# Optique géométrique

## Objectifs

- ▷ Comprendre les conditions de formation des images optiques en faisant le lien entre tracé de rayons, relations de conjugaison et observations expérimentales ;
- ▷ Choisir une lentille en fonction de contraintes expérimentales, choisir sa focale de manière raisonnée ;
- ▷ Mesurer une distance focale.

## Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Un banc optique ;
- ▷ Une source lumineuse ;
- ▷ Un objet optique (lettre) ;
- ▷ Un écran ;
- ▷ Une lentille de focale 20 cm ;
- ▷ Un miroir plan pour auto-collimation.

L'objectif de ce TP/TD de révisions est de revoir les principales d'optique géométrique de première année concernant la formation des images optiques par une lentille ou par un système de lentilles en faisant le plus possible le lien entre tracés de rayons, calculs à partir de la relation de conjugaison et observations expérimentales.

## I - Revoir le cours



L'essentiel du cours sous forme de cartes mémo  
(réalisées par Christophe Cayssiols)



QCM Qmax d'applications directes du cours  
(choisir d'abord le mode « j'apprends »)

## II - Un objet et une lentille



Considérons une lentille ( $L$ ) et un objet  $AB$  transverse, le point  $A$  se trouvant sur l'axe optique. Son image par ( $L$ ) est notée  $A'B'$  : on note

$$AB \xrightarrow{(L)} A'B'.$$

✍ Rappeler les relations de conjugaison et grandissement avec origine au centre optique, parfois appelées « relations de Descartes ».



*Il existe des relations de conjugaison et de grandissement avec origine aux foyers, parfois appelées « relations de Newton ». Elles seront rappelées par un énoncé si elles sont utiles.*

 Rappeler les règles de tracé des trois rayons lumineux de référence.

- ▷ Rayon lumineux passant par le centre optique de la lentille :
- ▷ Rayon lumineux arrivant sur la lentille parallèlement à l'axe optique :
- ▷ Rayon lumineux arrivant sur la lentille en passant par le foyer objet :

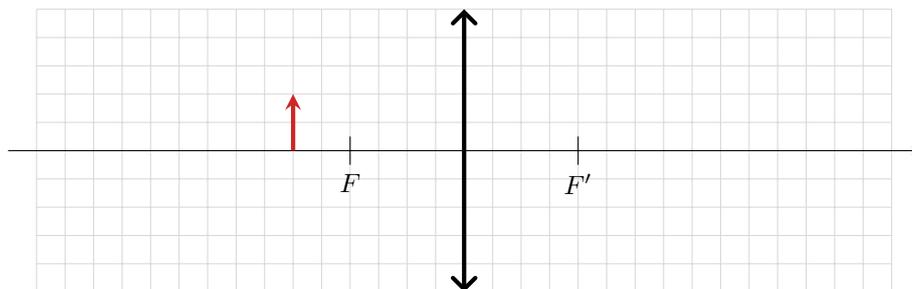


## II.A - Image réelle

Dans toute cette première partie, on n'utilise que la lentille de focale 20 cm. On suppose dans un premier temps l'objet placé à 30 cm de la lentille.



Déterminer graphiquement la position de l'image et le grandissement (l'échelle horizontale est de 5 cm par carreau, l'échelle verticale n'a pas de signification directe).

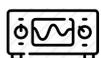


Lecture graphique :

▷  $\overline{OA'}$  =

▷  $\gamma$  =

 Exprimer  $\overline{OA'}$  et  $\gamma$  littéralement en fonction de  $\overline{OA}$  et  $f'$ , afin de pouvoir réutiliser ces relations dans diverses situations. Retrouver alors les résultats obtenus graphiquement.

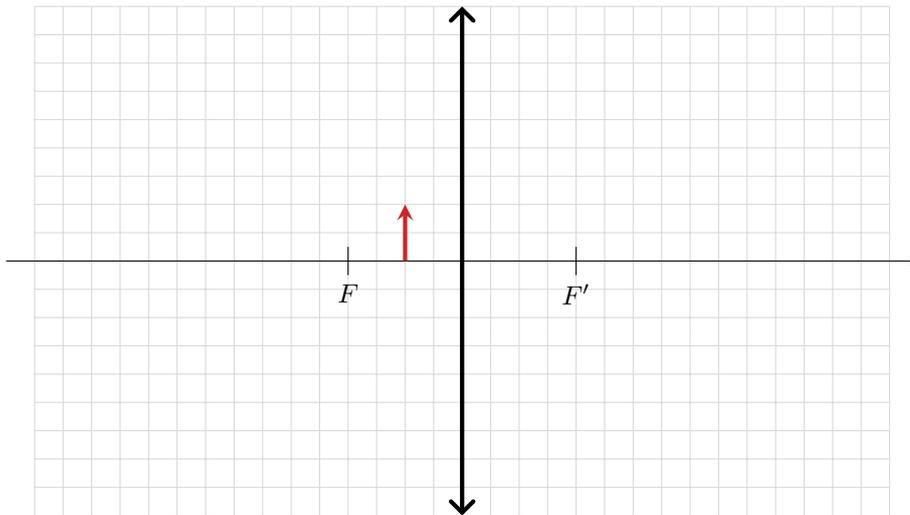


Vérifier expérimentalement que vos prédictions sont correctes.

## II.B - Image virtuelle



On place maintenant l'objet à seulement 10 cm de la lentille. Déterminer graphiquement la position de l'image et le grandissement. Les échelles sont les mêmes que précédemment.



Lecture graphique :

▷  $\overline{OA'}$  =

▷  $\gamma$  =

Retrouver ces résultats par application des relations de conjugaison et grandissement.



Observer expérimentalement l'image et vérifier (qualitativement) que vos prédictions sont correctes.

Contrairement à une image réelle, une image virtuelle ne peut pas être observée sur un écran : les rayons lumineux ne font pas « demi-tour » en se « réfléchissant » sur la lentille.

Une image virtuelle est une illusion d'optique, c'est-à-dire le résultat d'une interprétation par le cerveau du trajet de la lumière : le cerveau considère que les rayons lumineux ne se propagent qu'en ligne droite.

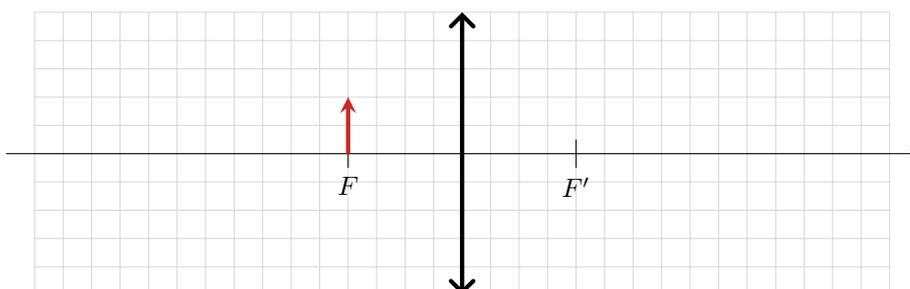
Comme les rayons semblent tous venir d'un même point alors le cerveau y voit une image (virtuelle).

| La situation étudiée ici est exactement le principe d'une loupe.

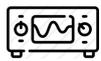
## II.C - Image à l'infini



On place maintenant l'objet à 20 cm de la lentille, confondu avec son foyer objet. Déterminer graphiquement la position de l'image. Les échelles sont les mêmes que précédemment.



✎ Retrouver ce résultat par application de la relation de conjugaison.

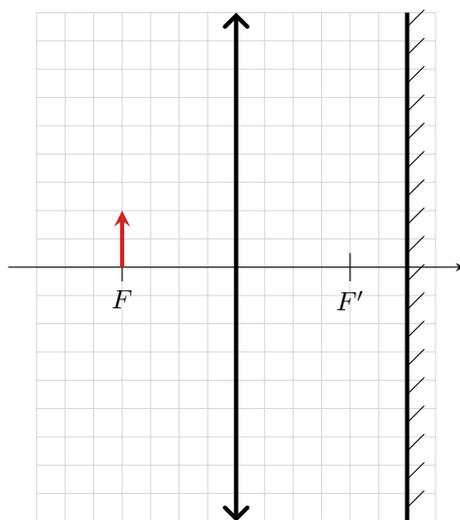


Observer expérimentalement l'image et vérifier (qualitativement) qu'elle se forme bel et bien « très loin ».

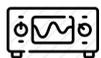


**Auto-collimation :** L'auto-collimation est une méthode permettant ou bien d'estimer rapidement la distance focale d'une lentille, ou bien de placer de manière assez précise un objet dans le plan focal objet d'une lentille (bien plus que par lecture des graduations du banc optique comme vous venez de le faire). Il s'agit de placer un miroir plan ( $M$ ) en sortie de la lentille pour renvoyer les rayons lumineux vers l'objet. Si l'objet est parfaitement placé dans le plan focal de la lentille et que le miroir est parfaitement perpendiculaire à l'axe optique, alors l'image finale par le système complet est exactement superposée à l'objet avec un grandissement de  $-1$ , c'est-à-dire qu'elle est simplement renversée.

✎ Le vérifier graphiquement sur le tracé ci-dessous.



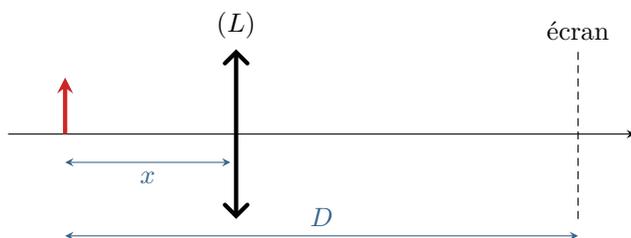
Rappel : tracé des rayons réfléchis par un miroir plan.



Mettre en œuvre cette méthode pour affiner la position que vous aviez donné à l'objet. En pratique, il est très difficile de placer le miroir parfaitement orthogonal à l'axe optique, si bien que l'image est légèrement décalée mais se forme bien « juste à côté » de l'objet.

### III - Un objet et un écran

Dans la partie précédente nous avons fixé la distance objet-lentille et déplacé l'écran pour observer l'image. Cette situation est assez rare en pratique : il est beaucoup plus courant que les positions de l'objet et de l'écran soient fixées et que ce soit la lentille qui s'adapte pour permettre de réaliser la mise au point. C'est par exemple le cas dans une salle de cinéma, pour un vidéo-projecteur ou encore dans un appareil photo.



On raisonne avec les notations de la figure ci-dessous, où  $x$  et  $D$  sont tous deux positifs. Déterminer les valeurs de  $x$  permettant de former l'image sur l'écran et la condition à laquelle elles existent.

Il n'est possible de former l'image d'un objet sur un écran que si la lentille utilisée a une focale

$$f' \leq \frac{D}{4}.$$

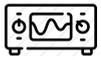
Dans ce cas, deux positions sont possibles, symétriques par rapport au milieu du segment objet-écran.

 Exprimer le grandissement en fonction de  $D$  et  $x$  seulement. Laquelle des deux positions permet d'obtenir une image agrandie ? une image réduite ?



**Application à la méthode de Bessel :** la méthode de Bessel est une méthode de focométrie exploitant les deux positions  $x_1$  et  $x_2$  déterminées précédemment. En effet, l'écart  $d = x_2 - x_1$  ne dépend que de  $D$  et  $f'$  ce qui peut permettre de déterminer  $f'$  en inversant cette relation.

 Exprimer  $f'$  en fonction de  $d$  et  $D$ .



Mettre en œuvre la méthode de Bessel pour mesurer la distance focale de la lentille utilisée depuis le début du TP. Comment pourrait-on améliorer la précision de la mesure ?

## IV - Deux lentilles : exemple de la lunette astronomique

### IV.A - Étude théorique

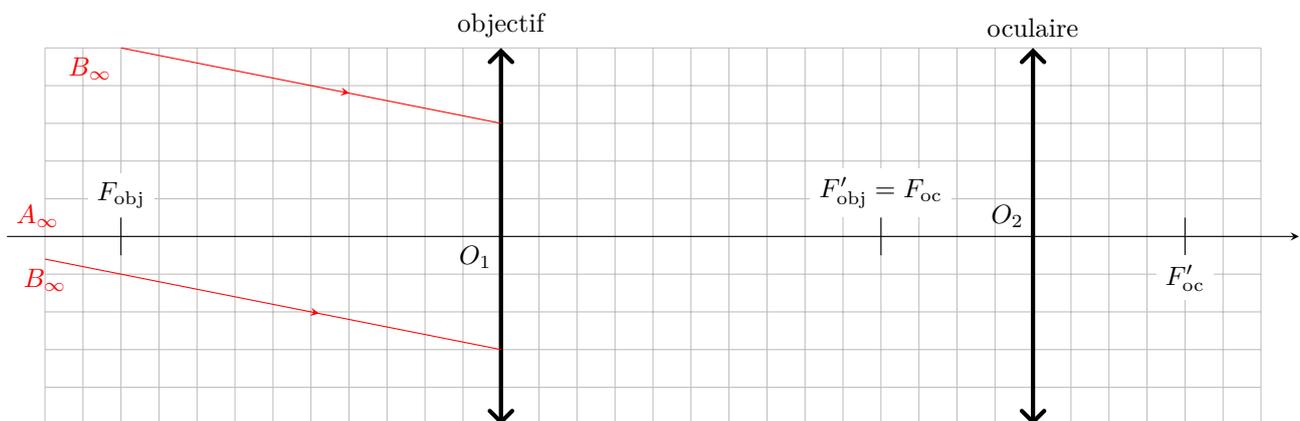
#### IV.A.1 - Tracé des rayons



Une lunette astronomique est un instrument d'optique composé de deux lentilles permettant d'observer à l'œil un objet situé à l'infini. La focale de l'objectif (lentille côté objet) est supérieure à celle de l'oculaire (lentille côté œil), ce qui permet d'agrandir l'angle sous lequel est vue l'image.

✏ Tous les instruments d'optique destinés à une observation à l'œil forment une image finale à l'infini. Pourquoi ?

✏ Construire l'image de l'objet  $AB$  situé à l'infini au travers de la lunette.



L'image de l'objet par l'objectif est appelée **image intermédiaire**. Elle sert d'objet à l'oculaire.

$$AB \xrightarrow{\text{obj}} A_0B_0 \xrightarrow{\text{oc}} A'B'$$

La lunette astronomique est un instrument d'optique **afocal** : elle forme une image à l'infini d'un objet situé également à l'infini, mais en augmentant l'angle d'inclinaison des rayons elle permet de le voir agrandi. Comme l'objet est à l'infini, alors l'image intermédiaire se forme dans le plan focal image de l'objectif ; et comme l'image finale doit être formée à l'infini alors l'image intermédiaire doit se trouver dans le plan focal objet de l'oculaire.

Dans un instrument afocal, le foyer image de l'objectif est confondu avec le foyer objet de l'oculaire.

### IV.A.2 - Grossissement



« Grossir » une étoile signifie augmenter sa taille apparente. Ainsi, plutôt que le grandissement, la caractéristique pertinente pour quantifier les performances d'un instrument comme une lunette est le **grossissement** ou grandissement angulaire :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

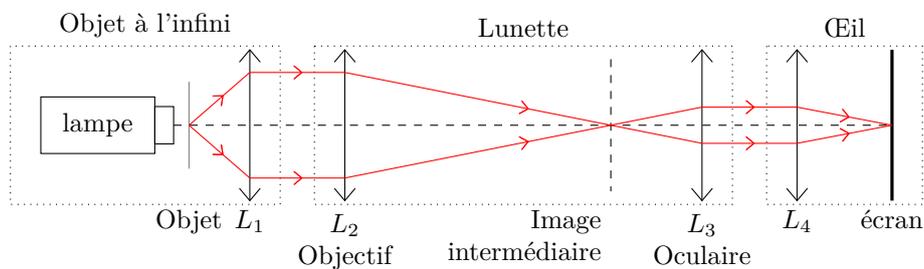
où  $\alpha'$  est la taille apparente en sortie de l'instrument et  $\alpha$  celle en entrée.

✎ Montrer que le grossissement s'écrit  $G = -f'_{\text{obj}}/f'_{\text{oc}}$ .

### IV.B - Étude expérimentale



Le montage est réalisé au fond de la salle, selon le schéma ci-dessous.



✎ Expliquer la méthode utilisée pour former l'objet et l'œil. Quelles doivent être les distances entre l'objet et  $L_1$  ? entre  $L_4$  et l'écran ?

✎ Vérifier les caractéristiques attendues de l'image finale, qui doit être renversée et agrandie. Observer expérimentalement l'image intermédiaire.