

TP O2 : Formation des images

Objectifs


L'objectif de ce TP est d'abord de se familiariser avec certains des éléments de base qui constituent un montage optique. L'accent sera mis toutefois sur la formation d'images à l'aide de lentilles minces sphériques. A l'issue du TP, il s'agira de maîtriser les capacités suivantes :

- ★ *Eclairer un objet de manière adaptée.*
- ★ *Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée.*
- ★ *Optimiser la qualité d'une image (alignement, limitation des aberrations, ...).*
- ★ *Estimer l'ordre de grandeur d'une distance focale.*

I. Présentation du matériel et rappels théoriques

Le matériel utilisé pour ce TP est :

- ☐ un banc d'optique gradué et ses supports ;
- ☐ une lanterne et un objet (cache percé d'une lettre par exemple) ;
- ☐ une lame de verre, des lentilles convergentes et divergentes ($\pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 10$), un miroir plan ;
- ☐ un diaphragme ;
- ☐ un écran ;
- ☐ *poste professeur* : expériences de mise en évidence de la caustique et des distorsions :
 - une lanterne noire et condenseur
 - des filtres colorés (orange, rouge, vert, bleu)
 - deux diaphragmes iris et une grille
 - une lentille plan-convexe de grand diamètre pour aberrations
 - une lentille $f' = +50$ cm de grand diamètre
 - un écran

 Le matériel utilisé est fragile et est à manipuler avec soin. En particulier, les surfaces des miroirs et des lentilles se rayent facilement et ne doivent pas être touchées avec les doigts.

II. Reconnaissance des lentilles minces

II.1. Forme

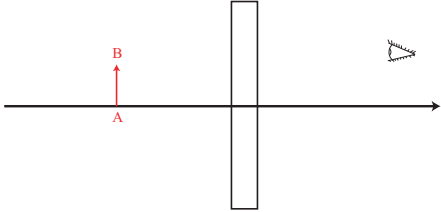
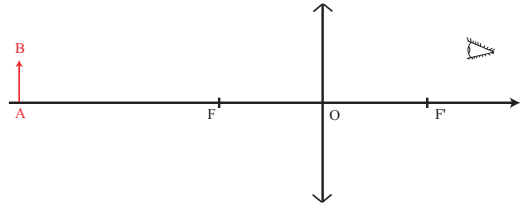
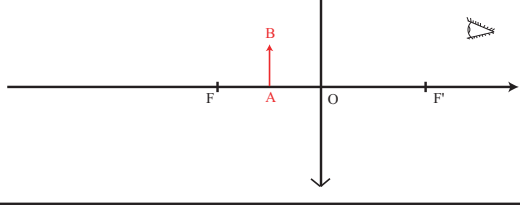
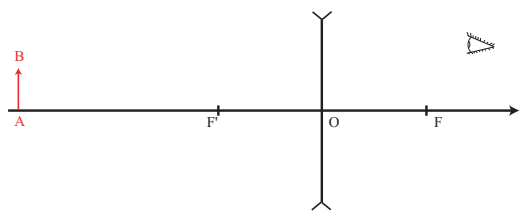
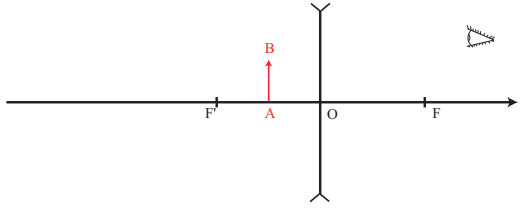
✎ Dessiner le profil le plus courant des 3 objets listés ci-dessous :

Lame de verre	Lentille convergente	Lentille divergente

II.2. Les différents types de lentilles

II.2.a. Construction

➤ Dans le tableau ci-dessous, construire les images des objets réels AB par la lame de verre et les lentilles dans chaque cas proposé :

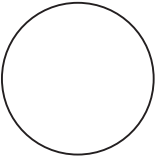
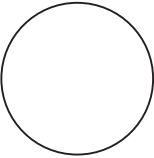
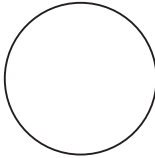
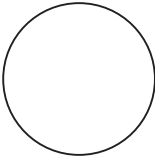
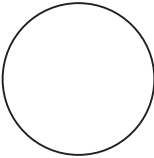
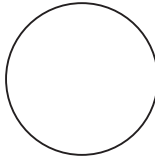
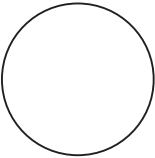
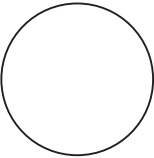
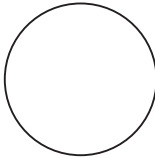
Lame de verre	 <p>..... image car une lame de verre n'est pas</p>
Lentille convergente	 <p>Image, et</p>
	 <p>Image, et</p>
Lentille divergente	 <p>Image, et</p>
	 <p>Image, et</p>

➤ Dans le cas particuliers d'une lentille convergente, où se trouve l'image lorsque A coïncide avec le foyer F de la lentille ?

II.2.b. Observation

On dispose de trois systèmes optiques différents : une lame de verre, une lentille convergente et une lentille divergente. On veut les distinguer en utilisant les résultats du tableau précédent.

☞ Observez l'image d'un objet (une lettre par exemple) à travers une lentille, en plaçant votre oeil à environ 1 m derrière la lentille, et dessinez l'allure de l'image dans le tableau ci-dessous. On fera apparaître clairement si l'image est droite, renversée, et agrandie ou rétrécie. Répéter l'opération pour chacun des trois systèmes optiques, et conclure sur la nature de chacun d'entre eux en s'aidant des résultats obtenus par construction.

Distance Objet-Lentille	Grande (~1m)	Intermédiaire (~20 cm)	Petite (qq cm)
Lentille 1 :			
Lentille 2 :			
Lentille 3 :			

II.2.c. Conclusion sur la caractérisation des lentilles

➤ Compléter, et s'assurer de l'exactitude des propositions suivantes :

- Dans le cas d'une **lame de verre**, l'image est identique à celle observée sans la lame.
- Une **lentille divergente** donne toujours une image et d'un objet réel.
- Une **lentille convergente** donne, selon la position de l'objet réel, soit une image et, soit une image, ou

III. Evaluation de l'ordre de grandeur de la distance focale d'une lentille

III.1. Cas d'une lentille convergente

Pour estimer rapidement l'ordre de grandeur d'une distance focale, on peut utiliser une des trois méthodes suivantes :

- ① **Méthode à retenir** : l'image d'un objet à l'infini est dans le plan focal. Faire une image nette des néons (supposés être à l'infini) sur une feuille : la distance séparant la lentille et la feuille permet alors une bonne estimation de la distance focale.

✎ *Faire la mesure avec la lentille de votre choix et estimer un ordre de grandeur de f' .*

- ② Placer la lentille contre un objet, puis l'écarter : l'image reste nette jusqu'à f' .

✎ *Faire la mesure avec la lentille de votre choix et estimer un ordre de grandeur de f' .*

- ③ Placer l'œil contre la lentille et observer un objet éloigné. L'objet, tout d'abord flou, devient net lorsque la distance le séparant de la lentille est égale à f' .

✎ *Faire la mesure avec la lentille de votre choix et estimer un ordre de grandeur de f' .*

III.2. Cas d'une lentille divergente

On peut utiliser la méthode suivante : regarder l'image d'un objet à l'infini à travers la lentille et un objet sur le côté de la lentille, en retrait par rapport à celle-ci. On les voit nets simultanément sans accommoder lorsque l'objet situé à côté de la lentille est dans le plan focal image de la lentille (difficile à apprécier!).

✎ *Faire la mesure avec la lentille de votre choix et estimer un ordre de grandeur de f' .*

✎ *Proposer et mettre en oeuvre une autre méthode simple de mesure de la distance focale d'une lentille divergente.*

IV. Formation des images

IV.1. Aberrations - poste du professeur

*Vous disposez sur la paillasse d'une **lanterne**, d'un **cache percé d'une lettre** qui peut servir d'objet, d'une **lentille** et d'un **écran**, le tout pouvant être aligné sur l'axe d'un **banc optique gradué**. Nous allons détailler les méthodes permettant de former une image nette sur l'écran.*

IV.1.a. Aberrations chromatiques

✎ *Compléter le texte ci-dessous :*

L'indice d'un milieu dépend en général de la longueur d'onde du rayonnement qui le traverse. On dit qu'il s'agit d'un milieu La distance focale d'une lentille dépendant elle-même de l'indice de réfraction, la et la de l'image d'un objet dépendent elles aussi

de la longueur d'onde λ .

➤ Observer le foyer de la lentille en l'éclairant sur toute sa surface par avec un faisceau parallèle. Interposer ensuite un filtre coloré.

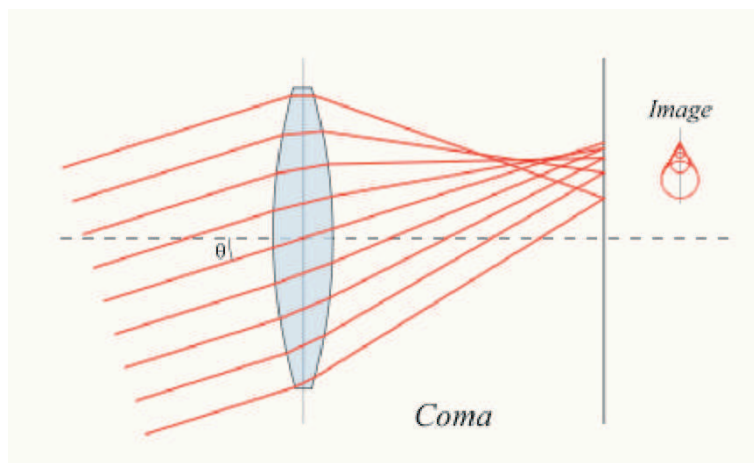
☞ En déduire que : la distance focale est plus pour le bleu que pour le rouge.

☞ Faire converger les rayons de la lanterne sur le trou et faire l'image de celui-ci sur l'écran. Placer un papier noir juste devant la lentille puis déplacer l'écran en avant et en arrière du plan de l'image. Observer le spectre circulaire.

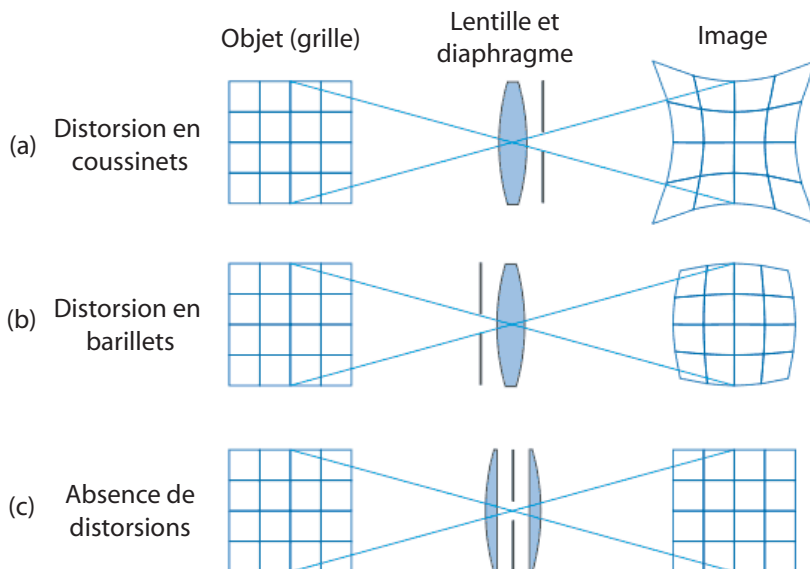
IV.1.b. Aberrations géométriques

L'utilisation courante des instruments d'optique se fait dans des conditions assez éloignées des conditions de Gauss (images de grande dimension,...). Les écarts produits par rapport aux conditions de Gauss sont appelées **aberrations géométriques**. On peut en évoquer trois :

- **Aberration sphérique** : cet effet est lié à la courbure des lentilles. Il faut retenir que pour une lentille convergente, les rayons passant près des bords, appelés rayons sont plus convergents que les rayons proches de l'axe optique, appelés rayons
- **Coma** : prenons un point source légèrement en dehors de l'axe optique dont les rayons viennent frapper la lentille. L'image de ce point à l'aspect d'une comète se terminant en une pointe brillante. Plus l'inclinaison de rayons est importante, plus cet effet est important.



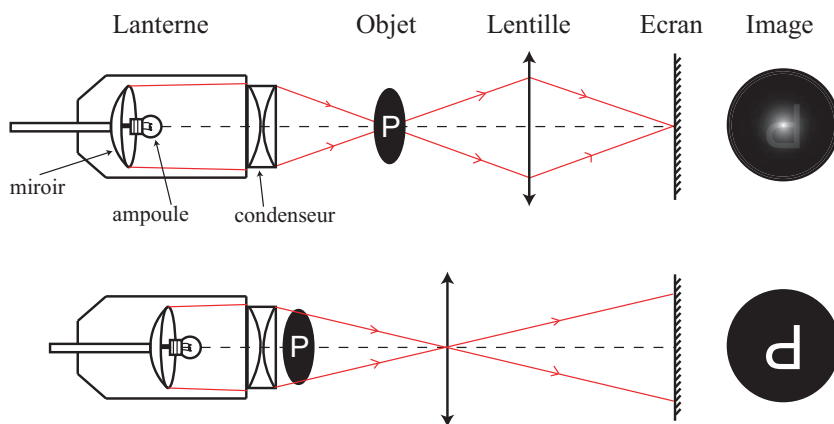
- **Distorsions** : on les observe lorsqu'on cherche à faire l'image d'un objet étendu avec une source ponctuelle. On distingue la distorsion en **barillets** de la distorsion en **coussinets**.



On comprend ainsi que l'obtention d'une image bien nette nécessite du soin, des méthodes ainsi qu'un matériel adapté.

IV.2. Réalisation d'un objet réel

La première étape est de former un objet réel lumineux dont on pourra projeter l'image. La source primaire utilisée est une **lanterne** composée d'une ampoule et d'une grosse lentille convergente de courte focale appelée **condenseur**¹. En modifiant la distance qui sépare l'ampoule du condenseur, il est possible de déplacer le point de convergence du faisceau lumineux le long de l'axe optique et d'éclairer un objet qui servira de source secondaire. L'objet que l'on utilise couramment est une plaque dans laquelle est découpée une lettre. Comme le montrent les figures ci-dessous, il est préférable d'éclairer l'objet le plus uniformément possible en le rapprochant de la lanterne, de façon à utiliser la lentille dans les conditions de Gauss. Si l'on fait converger le faisceau sur l'objet, on fait non seulement travailler la lentille hors des conditions de Gauss, mais l'image du filament se superpose à celle de l'objet sur l'écran.



1. En général, un miroir sphérique est placé derrière l'ampoule afin de renvoyer un maximum de lumière vers le condenseur (le miroir est alors placé de sorte que le filament de l'ampoule coïncide avec le foyer du miroir sphérique).

IV.3. Réalisation d'une image réelle

Une fois l'objet éclairé, il faut choisir la lentille de projection (noter la nécessité de la lentille car aucune image n'est formée sur l'écran pour l'instant). L'objet et l'image étant, il faut choisir une lentille

☞ *Modifier le tirage de la lanterne pour faire converger le faisceau incident au centre de la lentille pour qu'elle travaille*

☞ *Placer l'écran de façon à observer une image nette.*

Si aucune position accessible à l'écran sur le banc optique ne permet d'obtenir une image nette, deux raisons peuvent expliquer l'impossibilité de la projection :

— L'image se forme trop loin, et le banc d'optique est trop court. Dans ce cas, il faut la lentille de l'objet. Faire sur un même schéma la construction des positions de l'écran pour deux positions différentes de la lentille, pour que l'image soit nette.

— La lentille est trop de la lanterne, et l'objet est situé entre le et le de la lentille. L'image est et ne peut être observée sur un écran. Faire un schéma.

☞ *Modifier la position de la lentille si besoin et former une image nette sur l'écran.*

☞ *Poser un stylo devant la lentille, horizontalement, sur l'armature de la lentille. Qu'observez-vous ?*

☞ *Retirer le stylo et placer un diaphragme proche du plan de la lentille. Qu'observez-vous lorsque vous faites varier le diamètre du trou ?*

☞ *Pourquoi ne voit-on pas l'ombre du crayon sur l'écran dans le premier cas ou un cercle lumineux de diamètre variable dans le second cas ? Faire une figure.*

IV.4. Réalisation d'une image virtuelle

✎ Quelles sont les deux conditions d'obtention d'une image virtuelle à partir d'un objet réel avec une lentille ? Faire un schéma dans chacun des deux cas.

① Avec une lentille :

② Avec une lentille :

✎ Faire les expériences correspondantes et constater qu'aucune image ne peut être projetée sur l'écran.

✎ Ajouter un **verre dépoli** devant le condenseur pour atténuer l'intensité du faisceau, puis intercaler son oeil entre la lentille et l'écran en regardant dans la direction de la source. Voyez-vous l'image ? Pourquoi ?

✎ Sans toucher à la lentille, comment projeter cette image sur un écran ? Faire un schéma et faire le montage correspondant pour l'un des deux cas précédents.

IV.5. Réalisation d'un objet virtuel

✎ Proposer une méthode vous permettant de réaliser un objet virtuel. Faire l'expérience ainsi que le schéma correspondant.