

TP de Physique n°4 : Formation d'images à l'aide de lentilles

Objectifs :

- Apprendre à identifier rapidement une lentille divergente ou une lentille convergente, même si la lentille a une monture qui ne permet pas de savoir si elle est à bords fins ou à bords épais.
- Apprendre à se faire une idée, très rapidement, de la distance focale d'une lentille convergente.
- Apprendre à réaliser l'image d'un objet sur un écran (agrandie ou rétrécie) à l'aide d'une lentille convergente, en soignant son montage pour avoir l'image la plus nette et la plus claire possible (réglage du condenseur de la lampe, vérification que le système est bien « centré »...)
- Former une image virtuelle et vérifier que l'on peut la voir directement « à l'œil » mais que l'on ne peut pas la faire apparaître sur un écran.

I Formation de l'image d'un objet donné, à l'aide d'une lentille convergente :

1) L'objet et la lampe :

Présentation de l'objet : Dans les expériences de démonstration d'optique, l'objet est en général une lettre, souvent P ou F car ces lettres ne présentent pas d'axe de symétrie, et permettront donc facilement de voir si l'image est à l'endroit ou renversée (ce que ne permettrait pas la lettre O par exemple). Il est conseillé de placer un verre dépoli (ou une feuille de papier calque) derrière la lettre, de façon à ce que tous les points de la lettre diffusent la lumière et se comportent donc comme des objets ponctuels (la lettre, dans sa totalité, constitue un objet « étendu »).

Bien sûr, dans la vie courante, les objets des systèmes optiques (appareils photos, yeux, verres de lunettes, vidéoprojecteurs) sont plus intéressants que la lettre P ou la lettre F : ce sont des gens, des paysages, des tableaux, et le but du système optique est de former leur image au bon endroit (sur le capteur de l'appareil photo, sur la rétine, sur l'écran de la salle de cinéma).

Eclairage de l'objet et rôle du « condenseur » : La plupart des objets n'émettent pas leur propre lumière mais se contentent de diffuser la lumière venue d'une source extérieure (sauf bien sûr si l'objet est lui-même une source de lumière : soleil, flamme d'une bougie, filament d'une lampe).

Avant de pouvoir former l'image de notre lettre (P ou F), il faut donc l'éclairer correctement avec la lampe (dans ce TP, une lampe à incandescence).

L'ampoule de la lampe émet de la lumière dans toutes les directions de l'espace. Afin que le plus de lumière possible vienne éclairer l'objet, on a placé dans la lampe devant l'ampoule une lentille convergente de grand diamètre (appelée « condenseur »). En tirant la manette située à l'arrière de la lampe, vous pouvez régler la distance entre l'ampoule et le condenseur, et ainsi faire varier la façon dont l'objet est éclairé. Faites en sorte que l'objet soit bien éclairé, et que la lumière soit assez uniforme au niveau de l'objet.

2) Peut-on former une image sans lentille ?

Notre but, à présent, est de faire apparaître l'image de l'objet sur un écran blanc. L'image peut être agrandie, rétrécie, à l'endroit ou à l'envers, mais il faut qu'elle soit nette.

Placez l'écran à 1 mètre de l'objet environ le long du banc d'optique, et éclairez convenablement l'objet avec la lampe. L'image de l'objet apparaît-elle sur l'écran ?

Déplacez l'écran de manière à tenter d'obtenir une image nette. Décrivez et expliquez vos observations.

3) Utilisation d'une lentille convergente :

On va utiliser la lentille convergente de focale $f = 200$ mm. Placez l'écran à une distance $D > 4f$ de l'objet (par exemple $D = 1$ m) et ne déplacez plus l'objet et l'écran. Placez la lentille entre l'objet et l'écran et déplacez-la jusqu'à obtenir une image nette.

Combien de positions de la lentille permettent d'obtenir une image nette ? Pour chacune de ces positions, caractérisez l'image : est-elle agrandie, rapetissée, à l'endroit, à l'envers ?

Essayez ensuite de rendre l'image la plus nette possible. Pour cela :

- optimisez l'éclairage de l'objet en réglant le condenseur de la lampe
- vérifiez que votre système optique est bien centré, c'est à dire que tous les éléments (lampe, objet, lentille) sont bien alignés le long de l'axe optique.
- Essayez de faire en sorte que la lentille soit éclairée au plus proche de l'axe optique, de façon à ce qu'elle soit utilisée dans les conditions de Gauss (en général, on dit qu'il faut faire en sorte de régler le condenseur de la lampe de façon à ce que l'image du filament de la lampe se forme sur la lentille). Vous pouvez également placer un diaphragme (ouverture de diamètre variable) devant la lentille, pour éliminer les rayons qui ne sont pas paraxiaux.

Observez-vous des aberrations chromatiques ? Expliquez à quoi elles sont dues.

Remarquez à chaque fois que l'image sur l'écran est en fait nette pour un intervalle non nul de positions de la lentille. On met ainsi en évidence de manière sommaire la notion de « profondeur de champ ».

4) Et si on enlève l'écran ?

Placez vous dans le cas où l'image est sur l'écran, rapetissée et à l'envers par rapport à l'objet.

Enlevez l'écran. On ne voit plus l'image (même si elle est toujours là !)

Mettez votre œil à l'endroit où se trouvait l'écran et regardez directement dans la lentille, le long de l'axe (il vaut mieux que vous ayez mis le dépoli au niveau de l'objet pour ne pas être ébloui): que voyez-vous ?

Que voit votre binôme au niveau de votre œil ? Expliquez ces observations

*Indication : l'œil humain ne voit net que les objets situés au delà d'une distance minimale de lui (si vous collez une texte à vos yeux, vous ne le verrez jamais net). Cette distance minimale, appelée « *ponctum proximum* », vaut en moyenne une vingtaine de centimètre (moins pour un jeune ou un myope).*

Eloignez votre œil de la lentille tout en regardant dedans. Au bout d'un moment que voyez vous ?

5) Cas d'une image virtuelle :

Placez la lentille convergente, de focale $f = 200$ mm, à une distance $D = 10$ cm (environ) de l'objet. Déplacez l'écran de façon à essayer de faire apparaître l'image de l'objet. Que constatez-vous ?

Placez votre œil à une trentaine de centimètres de la lentille et regardez directement dedans. Que voyez vous ?

A quel type d'image avez-vous affaire ? Justifiez-le à l'aide d'une construction géométrique.

II Identification rapide des lentilles :

On a vu en cours qu'une lentille à bords minces est convergente tandis qu'une lentille à bords épais est divergente. Cependant, pour les protéger, les lentilles ont souvent des montures (en métal ou en plastique), qui empêchent de voir si ses bords sont minces ou épais. Comme il faut éviter aussi de mettre ses doigts sur la lentille, il faut être capable de savoir à quel type de lentille on a à faire, uniquement en observant des objets à travers.

1) Lentille convergente :

- **Objet proche :** prenez la lentille convergente de focale $f = 100$ mm et utilisez la pour observer du texte (par exemple l'énoncé de ce TP), en plaçant la lentille proche du texte. Comment est l'image du texte à travers la lentille (agrandie, rétrécie, à l'endroit, à l'envers)? Justifiez cela par une construction géométrique.

- **Objet lointain :** utilisez maintenant cette même lentille convergente pour observer un objet lointain (au fond de la salle, ou à travers la fenêtre). Si ce que vous y voyez dans la lentille est flou, éloignez-la de votre œil en la tenant à bout de bras. Comment est l'image ? Justifiez cela par une construction géométrique.

2) Lentille divergente :

Prenez maintenant une lentille divergente ($f = -100$ mm par exemple) et utilisez-la pour observer un objet proche de la lentille (du texte par exemple), puis un objet lointain (à l'autre bout de la salle, ou dehors). Dans les deux cas, que constatez-vous ? Faites une construction géométrique pour expliquer cela.

3) Estimation rapide de la distance focale d'une lentille convergente :

Prenez la lentille convergente de focale $f = 100$ mm ainsi qu'un écran (ou une feuille de papier qui servira d'écran) et allez à la fenêtre (qui doit être juste entrouverte). Essayez de former l'image de ce qu'il y a dehors (arbres, bâtiments) sur l'écran. Comment est l'image ? (agrandie, rétrécie, à l'endroit, à l'envers ?)

Quand l'image apparaît nette sur l'écran, quelle distance sépare approximativement la lentille de l'écran ? En déduire un protocole très rapide permettant d'estimer la distance focale d'une lentille convergente.