

TP 4 – Réflexion totale | Lentilles minces

Matériel : Hémi-cylindre de plexiglas, laser, support rapporteur ; banc optique gradué, lentille +200 mm, miroir plan, supports, écran, source de lumière, lettre objet.

L'objectif de la séance est triple :

- Visualiser une réflexion totale et s'en servir pour remonter à l'indice optique du plexiglas.
- Vérifier expérimentalement une loi théorique à l'aide d'une régression linéaire : ici la relation de conjugaison pour une lentille.
- Et réviser l'optique géométrique en réalisant des tracés de rayons qui justifient les expériences.

I Étude de la réflexion totale

I.1 Côté théorie

On rappelle que lorsqu'un rayon passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent, il peut y avoir une réflexion totale.

On a montré (cf exercice de cours) que ceci a lieu lorsque l'angle d'incidence i_1 est supérieur à une valeur limite $i_{1,\text{lim}}$.

1.a – Retrouver dans votre cours l'expression de cet angle limite.

I.2 Côté expérience

1.b – Vous disposez d'un hémi-cylindre de plexiglas, d'un laser, et de quoi mesurer des angles.

Proposez un protocole permettant de mettre en évidence le phénomène de réflexion totale.

Compte rendu : a/On fera un schéma rapide de l'expérience ; b/on décrira les observations (à l'aide d'une légende sur le schéma par exemple) ; c/ on mesurera l'angle $i_{1,\text{lim}}$.

1.c – En déduire une estimation de l'indice optique du plexiglas. On ne se souciera pas des incertitudes.

II Étude de la relation de conjugaison d'une lentille mince

On étudie une lentille. On la modélise de la façon suivante :

- on la suppose à symétrie cylindrique et mince (son épaisseur est négligée) ;
- on l'utilise dans les conditions de Gauss (rayons paraxiaux donc peu inclinés par rapport à l'axe optique, et rayons peu écartés de l'axe optique).

Sous ces hypothèses, on obtient un système optique qui réalise un stigmatisme et un aplanétisme approchés. On montre alors la relation de conjugaison avec origine au centre (ou relation de Descartes) :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad (1)$$

avec f' la longueur focale image de la lentille, O son centre optique, A la position d'un objet sur l'axe optique, et A' la position de son image.

On souhaite savoir si la relation précédente est vérifiée expérimentalement.

2.a – Vérifier si la relation est correcte en effectuant une seule mesure. On ne se souciera pas des incertitudes, et on vérifiera juste grossièrement l'accord.

Compte rendu : On fera un schéma rapide de l'expérience, du type de ceux faits en cours avec les lentilles, et sur lequel on fera apparaître les distances mesurées.

2.b – On souhaite ensuite vérifier la validité de la loi à l'aide d'une régression linéaire. Nous allons donc effectuer une série de mesures de \overline{OA} et du $\overline{OA'}$ correspondant à chaque fois.

Côté théorie : Mettre la loi 1 sous la forme $y = a_{\text{théo}}x + b_{\text{théo}}$. Que faut-il poser pour les variables x et y ?

Donner alors les expressions de $a_{\text{théo}}$ et $b_{\text{théo}}$.

Côté expérience : Faire une série de 5 ou 6 mesures, pour à chaque fois une position différente de l'objet.

Entrer vos données sous Regressi : une colonne pour \overline{OA} et une pour $\overline{OA'}$. On entrera les incertitudes, en expliquant pourquoi elles-valent ceci.

Dans l'onglet "expressions" vous pouvez ensuite définir $x = ..$ et $y = ...$

Le tracé de y en fonction de x valide-t-il un modèle linéaire ?

Que donne le logiciel pour a_{exp} et b_{exp} ?

Comparaison : En conclusion, votre expérience est-elle en accord avec la relation de conjugaison théorique ? En déduire également une mesure de la distance focale de la lentille utilisée (avec incertitude).

III Déterminer une distance focale par autocollimation _____

Partie à traiter seulement si le temps le permet.

On garde la lentille précédente. On souhaite encore déterminer sa longueur focale f' . Un moyen simple est d'utiliser la méthode par autocollimation. On place pour cela un miroir plan derrière la lentille, et on réalise l'image d'un objet à l'aide du système optique lentille+miroir.

On montre alors que lorsque l'objet est dans le plan focal de la lentille, alors son image est dans le même plan, et ceci indépendamment de la distance entre miroir et lentille. La distance objet-lentille est alors égale à la distance focale de la lentille.

3.a – Déterminer expérimentalement la focale de la lentille utilisée, ainsi que l'incertitude sur la mesure. On expliquera comment on procède, et d'où provient l'incertitude.

3.b – Montrer théoriquement, par un tracé de rayons, que lorsque l'objet est dans le plan focal on a bien une image dans ce même plan, et avec un grandissement de -1.

