

TP 1 – Réfraction | Lentilles minces

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

L'objectif de la séance est triple :

- Visualiser une réflexion totale et s'en servir pour remonter à l'indice optique du plexiglas.
- Exploiter la relation de Snell-Descartes pour remonter à ce même indice optique. Estimer l'incertitude (type A).
- Exploiter la relation de conjugaison pour une lentille.

I Étude de la réflexion totale

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 5) 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 $i_{1,\text{lim}}$.

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 n du plexiglas. On ne se souciera pas des incertitudes.

II Étude de la loi de Snell-Descartes _____

Côté théorie

On garde le même bloc de plexiglas. Pour éviter le phénomène de réflexion totale, on se place dans le cas où le rayon incident est dans l'air et le rayon réfracté dans le plexiglas.

2.a – Rappeler la loi de Snell-Descartes (avec un schéma).

Côté expérience

2.b – Avec le même matériel que précédemment, mesurer l'angle i_1 du rayon incident et i_2 du rayon réfracté, et utiliser la loi de Snell-Descartes pour en déduire la valeur de l'indice du plexiglas.

Recommencer pour une dizaine de valeurs d'angle d'incidence différents.

Compte rendu : a/schéma rapide de l'expérience; b/tableau avec i_1 , i_2 , et n calculé.

2.c – On dispose donc d'un tableau de dix valeurs de l'indice n . On est dans le cas du paragraphe II.1 du document sur les incertitudes. À l'aide de ce document, calculer :

- la moyenne de ces valeurs pour obtenir \bar{n} ,
- leur écart-type pour obtenir l'incertitude-type sur une mesure $u(n)$,
- l'incertitude-type sur la moyenne $u(\bar{n})$.

Remarque : Il est normal de ne pas trouver à chaque fois la même valeur de n , ceci illustre le fait qu'il y a une certaine variabilité dans toute mesure. Ici le fait de trouver des valeurs de n proches les unes des autres permet de dire que la relation de Snell-Descartes est vérifiée dans cette expérience.

Toutefois pour être plus rigoureux (pour conclure à la validité de la relation), il faudrait estimer l'incertitude de chaque mesure de n , et passer par une régression linéaire avec barres d'incertitude et un critère visuel. Nous ferons ce genre de chose plus tard dans l'année.

2.d – Si on exploite une unique mesure (par exemple la première de votre tableau), quelle est l'incertitude-type associée ?

2.e – Pour davantage de précision on exploite toute la série de mesures. Quelle est la valeur de l'indice optique et l'incertitude-type associée ? Quelle est la plage de valeur dans laquelle l'indice a une bonne probabilité de se trouver ?

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

Côté théorie

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) :

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

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.

Côté expérience

3.a – Placer l'écran, la lampe, l'objet, et la lentille, de sorte à avoir une image nette sur l'écran.

Pour une position fixée de l'écran et de l'objet, vérifier qu'il y a toujours deux positions de la lentille où l'image est nette.

Vérifier aussi que si l'objet et l'écran sont trop proches, l'image n'est jamais nette.

3.b – Utiliser la relation de conjugaison et la mesure de \overline{OA} et de $\overline{OA'}$ pour en déduire le valeur de la focale f' . Ceci est-il en accord avec $f' = 200$ mm annoncé par le fabricant ? On ne se souciera pas des incertitudes, et on vérifiera juste grossièrement l'accord.

Compte rendu : On fera un schéma rapide de l'expérience, sur lequel on fera apparaître les distances mesurées.

3.c – Recommencer pour d'autres positions de la lentille/de l'écran. Si les valeurs obtenues pour f' sont proches les unes des autres, cela signifie que la relation de conjugaison est bien vérifiée.

Faire la moyenne \bar{f}' et calculer l'incertitude-type $u(\bar{f}')$ sur la moyenne.

Écrire votre résultat en respectant les règles de la partie V du polycopié sur les incertitudes.

3.d – Si le temps le permet : tracer $1/\overline{OA'}$ en fonction de $1/\overline{OA}$ dans un tableur ou sous Regressi, afin de vérifier visuellement si les points sont alignés. Quelle devrait être la pente de cette droite et son ordonnée à l'origine, si la relation de Snell-Descartes est vérifiée ?