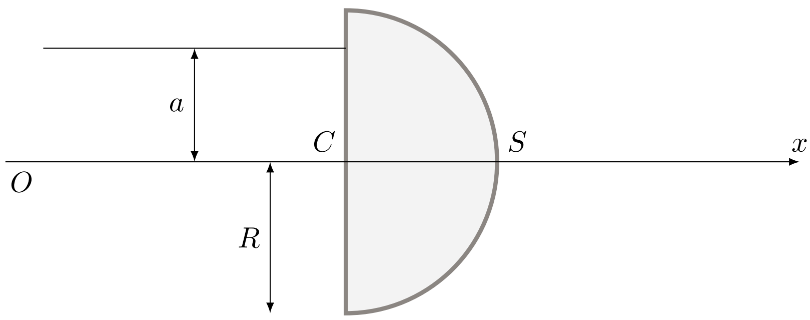
19 Lois de Descartes

19.1 Problèmes de khôlle

19.1.1 Lentille hémisphérique

On considère une lentille en forme de demi-boule de rayon R et d'indice n, plongée dans l'air d'indice $n' = 1$. Un faisceau lumineux cylindrique, de rayon $a < R$, arrive sous incidence normale sur la face plane de cette lentille. On note C l'intersection de la face plane de la demi-boule avec l'axe optique et S l'intersection de la face cylindrique avec ce même axe.



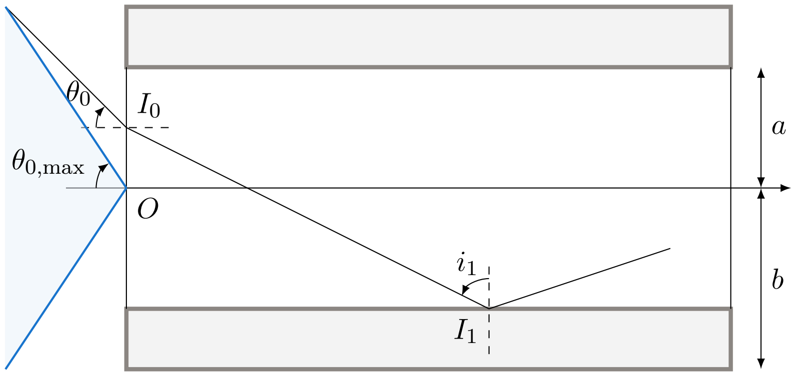
1. Définir n et donnez un ordre de grandeur de sa valeur pour le verre.

On considère le rayon lumineux extrême du faisceau.

1. Tracer le trajet du rayon lumineux le plus éloigné de l'axe optique. On notera i l'angle incident sur le dioptre verre-air et t l'angle réfracté.
2. Quelle est la valeur limite a_0 du rayon du faisceau si l'on veut que tous les rayons incidents sortent de la lentille ?
3. Donnez la position A' de son intersection avec l'axe optique en exprimant CA' en fonction de i et t.
4. En déduire la limite CF' de CA' lorsque l'on se place dans la limite des rayons proches de l'axe (c'est à dire $a \to 0$).
5. Quelle est la propriété de la lentille ainsi obtenue ?

19.1.2 Fibre optique à saut d'indice

On considère une fibre optique assimilable à un cylindre de révolution d'axe Oz. Elle est constituée d'un cœur transparent homogène et isotrope, de rayon a, d'indice $n_1 = 1,456$, entouré d'une gaine, elleaussi transparent homogène et isotrope, de rayon extérieur b, d'indice $n_2 = 1,410 < n_1$.



1. Montrer qu'un rayon ayant pénétré la fibre ne peut s'y propager que si l'angle d'incidence noté i_1 est supérieur à un angle $i_{1,\min}$ que l'on déterminera en fonction de n_1 et n_2.

La face d'entrée de la fibre est plane et normale à l'axe Ox. Soit θ l'angle que fait, dans l'air d'indice $n_0 = 1,000$, le rayon lumineux avec la normale à la face d'entrée.

2. Déterminer en fonction de n_1, n_2 et n_0, l'angle $\theta_{0,\max}$ correspondant à $i_{1,\min}$. Calculer alors $i_{1,\min}$ et $\theta_{0,\max}$.
3. On appelle ouverture numérique du guide, notée O.N., la quantité O.N. $= n_0 \sin\theta_{0,\max}$. Exprimer O.N. en fonction de n_1 et n_2.

L'un des problèmes des fibres optiques est l'élargissement temporel d'une impulsion entrante qui se propage. On suppose que la lumière incidente qui véhicule le signal définit un cône de sommet O et de demi-angle $\theta_{0,\max}$.

4. Tracer la trajectoire du rayon qui traverse la fibre le plus rapidement, et celle du rayon le plus long.
5. Calculer la différence $\mathrm{d}\tau_{\max}$ de ces temps de transit et les exprimer en fonction de la longueur $L = 1\,\mathrm{km}$ de la fibre, des indices n_1 et n_2, et de c la célérité de la lumière dans le vide. Calculer la valeur de $\mathrm{d}\tau_{\max}$.
6. On suppose qu'une impulsion de durée initiale nulle se transforme en une impulsion de hauteur moindre mais de largeur $\mathrm{d}\tau_{\max}$. Quelle est la durée minimale qui doit séparer deux impulsions entrantes consécutives pour qu'elles puissent être dissociées à la sortie ?

19.1.3 Lois de Descartes

1. Rappeler les lois de Snell-Descartes.
2. Retrouver l'expression des angles de réflexion totale et de réfraction limite.
3. Citer un dispositif utilisant le phénomène de réflexion totale.

Banque PT

19.1.4 Ô miroir, mon beau miroir...

Un homme est situé à la distance $d = 1\,\mathrm{m}$ d'un miroir plan. Cet homme mesure 1,80 m et la distance entre les yeux et le haut de son crâne est de 10 cm. Le miroir a une hauteur H et son extrémité inférieure est située à une distance h du sol.

1. À quelles conditions sur h et H l'homme peut-il se voir entièrement ? Calculer ces valeurs pour un miroir placé le plus haut possible.
2. Si l'homme recule, a-t-il plus de chances de se voir entièrement ?

Banque PT