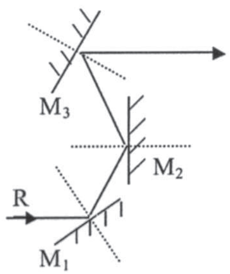
Bases de l'optique géométrique

Exercice 1. Dispersion de la lumière blanche.
Un verre a l'indice $n = 1,595$ pour la lumière rouge et $n = 1,625$ pour la lumière violette. Un rayon de lumière blanche qui contient ces deux couleurs se propage dans ce verre et arrive à la surface de séparation avec l'air sous une incidence de 35°.
1. Calculer l'angle que font dans l'air les rayons rouge et violet.
2. Calculer l'angle de réfraction limite dans le verre pour ces deux longueurs d'onde.

Exercice 2. Champ de vision avec un miroir plan.
Un homme est debout devant un miroir plan rectangulaire, fixé sur un mur vertical ; son oeil est à $1,70\,m$ du sol ; la base du miroir est à une hauteur h au dessus du sol. Déterminer la valeur maximale de h pour que l'homme voit ses pieds. Comment varie cette hauteur en fonction de la distance d de l'oeil au miroir ?

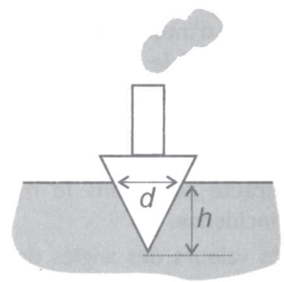
Exercice 3. Ensemble de trois miroirs plans.
Un rayon lumineux R se propage dans l'air en se réfléchissant successivement sur trois miroirs plans M_1, M_2, M_3 perpendiculaires à un plan choisi comme plan de figure. Les angles d'incidence en I_1 sur M_1, en I_2 sur M_2 valent tous deux 60° et le rayon I_1I_2 est dans le plan de la figure.
Quelle doit être l'orientation de M_3 pour que, après les trois réflexions, le rayon réfléchi définitif ait la même direction et le même sens que le rayon incident ?



Exercice 4. Réfraction air-eau.
Un pécheur, dont les yeux sont à $1,20\,m$ au dessus de l'eau, regarde verticalement un poisson situé à $0,60\,m$ au dessous de l'eau. A quelle distance le pêcheur voit-il le poisson ? A quelle distance le poisson voit-il le pêcheur ? On prendra $n = 4/3$.

Exercice 5. Observation de la quille d'un bateau.

Un bateau est assimilé à un corps de section triangulaire dont la largeur au niveau de flottaison vaut d et la profondeur sous l'eau vaut h. L'indice de l'eau vaut $n = 1,33$ et celui de l'air 1. A quelle condition, portant sur le rapport h/d, la quille est-elle invisible pour un observateur situé hors de l'eau ?

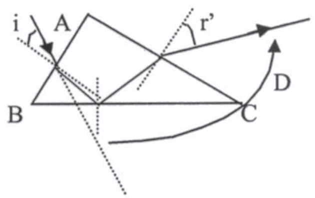


Exercice 6. Arc-en-ciel.
Un rayon de lumière monochromatique pénètre dans une sphère homogène d'indice n sous une incidence i, il subit p réflexions partielles à l'intérieur de la sphère avant de sortir.
1. Calculer la déviation D du rayon émergent par rapport au rayon incident.
2. Montrer que cette déviation passe par un extremum lorsque i varie.
3. A.N. Calculer l'angle d'incidence i_m et la déviation correspondante pour $n = 4/3$ et $p = 1$. Appliquer les résultats précédents à l'arc-en-ciel.

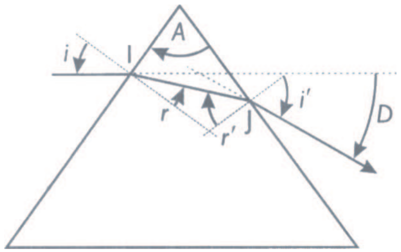
Exercice 7. Lame à faces parallèles.
Dans l'air, une lame de verre d'indice $n = 1,5$ et d'épaisseur d est éclairée par un faisceau de lumière parallèle sous l'incidence i. Montrer que les rayons qui émergent de la lame sont parallèles aux rayons incidents. Déterminer l'expression de la distance Δ (en fonction de i) entre un rayon incident et le rayon émergent correspondant.

Exercice 8. Prisme à réflexion totale, à déviation $\pi/2$.
Un prisme rectangle en A, reçoit dans le plan de section principale, un rayon qui arrive sur AB sous l'incidence i au dessus de la normale. Trouver la condition liant les angles i, $\widehat{B}$ et l'indice n pour qu'il y ait réflexion totale sur BC. Calculer la déviation D en fonction de i, angle d'incidence, et de r', angle d'émergence.

Peut-on la rendre égale à $\pi/2$? Que devient dans ce cas la condition précédente ?



Exercice 9. Étude du prisme (d'après concours).



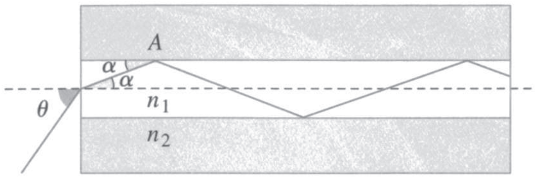
Un prisme est constitué d'un milieu homogène et isotrope d'indice n séparé du milieu extérieur (qui sera de l'air d'indice unitaire) par deux dioptres qui font entre eux un angle A constant de 60°. Le rayon incident parvient sur le prisme au point I. L'indice du verre qui constitue le prisme est constant et vaut $n = 1,5$.

1. Établir les quatre relations dites « relations du prisme ». Les deux premières rendent compte des deux réfractions à l'entrée au point I et à la sortie au point J du prisme. La troisième relie l'angle A aux deux angles de réfraction r et r'. La dernière traduit l'expression de la déviation en fonction de A et des angles i et i'. Établir l'expression de cette déviation D dans le cas où l'angle au sommet du prisme ainsi que l'angle d'incidence i sont faibles.
2. Montrer que le rayon n'émerge du prisme que si l'angle d'incidence i est supérieur à un angle limite i_0 dont on précisera l'expression. Faire l'application numérique. Quelle est la déviation correspondante ?
3. Étudier les variations de la déviation D en fonction de l'angle d'incidence i. Mettre en évidence l'existence d'une déviation minimum D_m et déterminer l'expression de l'indice n en fonction de D_m et A. Tracer la courbe $D = f(i)$.

Exercice 10. Ouverture numérique d'une fibre.

On appelle $O.N. = 1.\sin\theta_{max}$ l'ouverture numérique de la fibre, où θ_{max} désigne l'angle d'incidence maximal du rayon lumineux (dans l'air) compatible avec le confinement du rayon lumineux à l'intérieur de la fibre.

Quelle est l'ouverture numérique de la fibre à saut d'indice ci-dessous ?



Exercice 11. Fibre optique.

Les rayons lumineux d'inclinaisons différentes n'ont pas le même chemin à parcourir dans la fibre, donc leur temps de parcours est variable. Une impulsion lumineuse de courte durée envoyée dans la fibre subit un élargissement temporel lorsqu'elle ressortira de celle-ci. Ceci limite rapidement le taux maximal de transfert d'informations à grande distance par ce type de fibre.

1. Calculer la différence de temps mis par deux rayons lumineux se propageant dans une fibre d'indice n et de longueur L, l'un sur l'axe de la fibre et l'autre incliné d'un angle θ par rapport à celui-ci.
2. Quel nombre d'informations peut transférer une telle fibre par unité de temps ?

A.N. : $n = 1,6$; $\theta = 20^\circ$; $L = 1\,m$, $L = 100\,m$ ou $L = 10\,km$.