TD2 : Optique géométrique

Exercice 1 : Se voir dans un miroir

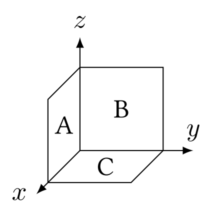
Une personne de taille H représentée par l'objet PT se trouve debout devant un miroir plan vertical de hauteur d et dont la base se trouve à une altitude l au dessus du sol. L'œil O de la personne se trouve à une hauteur h.

1. Faire un schéma représentant le système décrit et représenter l'image de la personne par le miroir. Est-ce une image réelle ou virtuelle ?
2. Quelle est l'altitude l maximale pour que la personne puisse voir ses pieds ?
3. Quelle est la taille minimale du miroir pour que la personne puisse voir le haut de sa tête ? (En continuant à voir ses pieds)
4. Comment varient ces valeurs lorsque la personne s'approche ou s'éloigne du miroir ? Conclusion : si on veut se voir en entier dans un miroir faut-il s'approcher ou s'éloigner ?

Exercice 2 : Rotation d'un miroir plan

De quel angle est dévié un rayon se réfléchissant sur un miroir lorsqu'on effectue une rotation de celui-ci d'un angle α autour d'un axe perpendiculaire au plan d'incidence ?

Exercice 3 : Coin de cube



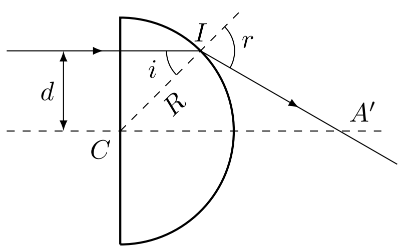
On considère 3 miroirs perpendiculaires entre eux disposés en *coin de cube*. Montrer qu'un rayon incident est, après une réflexion sur chacun des miroirs A,B et C, renvoyé dans la direction exactement opposée.

Exercice 4 : Rayon lumineux qui traverse une vitre

Un rayon lumineux traverse une vitre d'épaisseur e et d'indice n (l'indice de l'air est pris égal à 1), avec un angle d'incidence i.

1. Faites un schéma du problème.
2. Montrer que le rayon ressort de la vitre en conservant la même direction.
3. Pour un angle d'incidence i *petit*, exprimer en fonction de n, e et i, la déviation latérale d subie par le rayon incident lors de la traversée de la vitre.

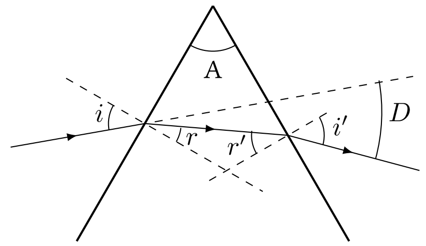
Exercice 5 : Dioptre semi-cylindrique



On considère un demi-cylindre de rayon R et d'indice n plongé dans l'air d'indice 1. Considérons un rayon lumineux écarté d'une distance d par rapport à l'axe optique et parallèle à celui-ci. Le rayon émergent intersecte l'axe optique en un point A'.

1. Exprimer en fonction de i, r et R, la distance CA'.
2. Comment doit-on choisir d pour être dans les conditions de Gauss ?
3. Dans ces conditions, exprimer la limite CF' de CA', que représente le point F' ?
4. Exprimer la valeur maximale d_l au delà de laquelle le rayon qui émerge a subi une réflexion totale en I.
5. Calculer d_l pour $R = 5$ cm et n=1.5.

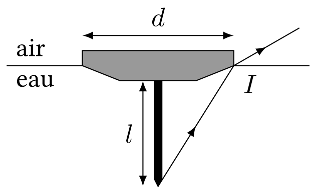
Exercice 6 : Prisme



Un rayon incident entre dans un prisme d'angle A et d'indice n avec un angle d'incidence i. Le rayon émergent a subi une déviation D. Tous les angles indiqués sur la figure sont positifs. Le prisme est dans l'air d'indice 1.

1. Écrire les lois de la réfraction aux deux interfaces, et donner leurs approximations aux petits angles.
2. Écrire la relation entre r, r' et A.
3. Exprimer D en fonction de i, r, i' et r'.
4. En déduire l'expression de D en fonction de n et A dans l'approximation des petits angles.
5. Expliquer pourquoi un milieu dispersif en forme de prisme permet d'observer le spectre d'une lumière.

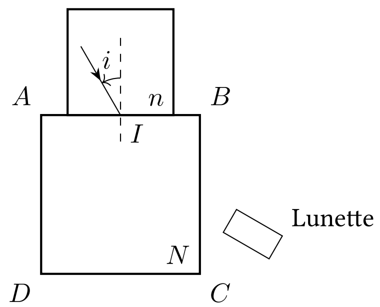
Exercice 7 : Clou planté dans un bouchon



On plante au centre d'une rondelle de diamètre d et d'épaisseur négligeable un clou de longueur l et on fait flotter l'ensemble sur l'eau. L'indice de réfraction de l'eau est noté n et celui de l'air pris égal à 1.

1. Calculer la longueur limite l_{min} en deçà de laquelle le rayon issu de la pointe du clou passant par I subit une réflexion totale.
2. Dans le cas où l'on plante un clou plus petit que l_{min} que voit un observateur qui regarde sous la rondelle depuis l'air ?

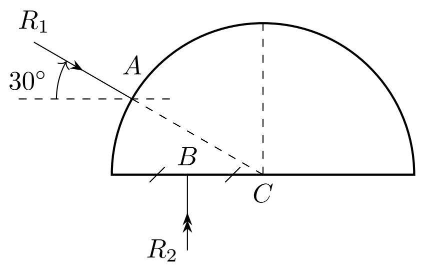
Exercice 8 : Refractomètre à angle limite



Soit un cube de verre d'indice N, sur lequel on place un échantillon d'indice $n < N$. En un point I de l'interface entre l'échantillon et le cube, on fait arriver un faisceau incident pouvant prendre toutes les directions possibles. Les rayons lumineux pénètrent dans le cube et on considère ceux qui sortent par la face BC, on les observe à l'aide d'une lunette.

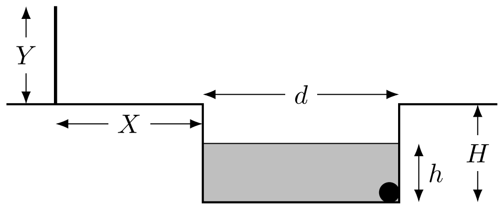
1. On considère un rayon incident en I avec un angle de $\pi/2$. Exprimer l'angle de réfraction en I en fonction de n et N.
2. Exprimer l'angle d'incidence sur la face BC en fonction de n et N.
3. À quelle condition obtient-on un rayon émergent par la face BC ?
4. Les conditions précédentes étant réalisées, on observe avec la lunette une limite nette entre une plage sombre et une plage éclairée. Donner l'angle α que fait l'axe de la lunette avec l'horizontale lorsque la lunette pointe cette limite.
5. Montrer que la mesure de l'angle α permet de calculer l'indice n lorsque l'indice N est connu. Pour un cube d'indice N donné, quelles sont les valeurs de n que l'on peut mesurer ?

Exercice 9 : Hémicylindre



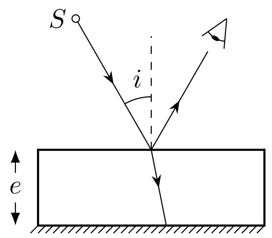
On considère un bloc de verre (indice $n = 1.5$), de centre O et de rayon R, placé dans l'air d'indice considéré égal à celui du vide. Déterminer les trajets des deux rayons indiqués sur la figure ci-contre jusqu'à leur sortie du bloc.
Remarque : On pourra faire le même exercice pour n'importe quel rayon arrivant sur le cylindre.

Exercice 10 : Pierre au fond d'une piscine



Un observateur mesurant $Y = 1{,}8$ m est situé à $X = 4$ m du bord d'une piscine, de profondeur $H = 2{,}5$ m, et de largeur $d = 4$ m. Un caillou est placé au fond de la piscine (voir figure ci-contre). Calculer la hauteur d'eau minimale pour que l'observateur puisse voir le caillou. L'indice de l'eau est $n = 1\ .33$.

Exercice 11 : Double reflet



Une source lumineuse ponctuelle S est située à une distance $x = 1$ m de la couche de verre d'indice $n = 1\ .50$ et d'épaisseur $e = 5$ mm protégeant un miroir plan. Un rayon lumineux issu de S arrivant sur la couche de verre avec une incidence i est partiellement réfléchi à la traversée du dioptre air $\rightarrow$ verre et l'autre partie est réfractée.

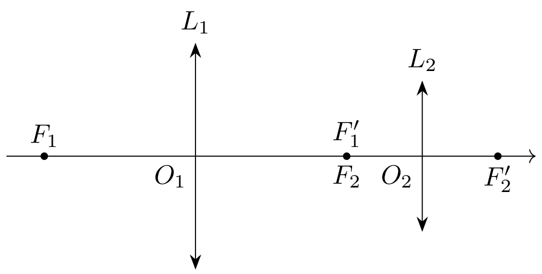
1. Justifier le fait que l'observateur qui regarde dans le miroir sous une incidence i voit 2 images S' et S''. Placer ces sources S' et S'' sur la figure.
2. Exprimer dans les conditions de Gauss la distance $S'S''$ entre les 2 images, en fonction de e et n. Calculer $S'S''$

Exercice 12 : La loupe

On considère une lentille convergente L de centre O et de distance focale image $f' = 4$ cm et un objet AB situé tel que $\overline{OA} = -10$ cm.

1. Faire un schéma du système à l'échelle et construire l'image $A'B'$ de AB.
2. Utiliser la relation de conjugaison pour retrouver la valeur de $\overline{OA'}$
3. On utilise maintenant la lentille comme une loupe, l'objet est placé à une distance $\overline{OA} = -3$ cm de la lentille. Refaire le schéma à l'échelle et construire l'image $A'B'$. Cette image est-elle réelle ou virtuelle ? Pourquoi la lentille joue-t-elle le rôle de loupe ?
4. Calculer le grandissement transversal G_t de la loupe.

Exercice 13 : Lunette astronomique



Une étoile AB située à l'infinie est vue depuis la Terre a un diamètre apparent θ. On l'observe à travers une lunette astronomique constituée d'une lentille L_1 de longueur focale f_1' et une lentille L_2 de longueur focale f_2'. Les points F_1' et F_2 sont confondus.

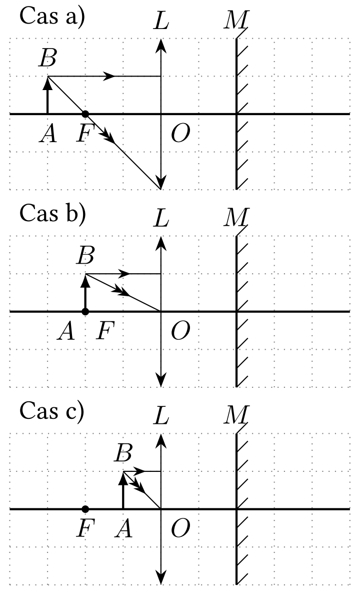
1. Tracez l'image A_1B_1 de l'étoile formée par la lentille L_1.
2. Tracez l'image $A'B'$ de l'étoile formée par la lentille L_2. Où se trouve-t-elle ?
3. Quel est le diamètre apparent θ' de l'étoile lorsqu'elle est vue à travers la lunette ? Quel est le grossissement $G = \theta'/\theta$ de la lunette dans l'approximation $\theta << 1$.
4. A.N. : Sous quel angle voit-on une étoile dont le diamètre apparent θ est de une minute d'angle lorsqu'elle est vue à travers une lunette dont $f_1' = 1$ m et $f_2' = 1$ cm.

Exercice 14 : Cache sur lentille

Une lentille convergente forme l'image $A'B'$ d'une objet AB sur un écran. On place un cache circulaire opaque au centre de la lentille (il ne la recouvre pas totalement). Comment est modifiée l'image ? Faire un schéma représentant les rayons qui permettent d'argumenter la réponse.

Exercice 15 : Autocollimation d'une lentille convergente

AB est un objet, L une lentille mince convergente et M un miroir plan dont la normale est parallèle à l'axe optique de L. La distance focale de L est égale à deux unités de longueur du quadrillage. Soit B_1 l'image donnée par la lentille L du point B, puis B_2, l'image donnée par le miroir du point B_1 et enfin B' l'image finale que donne L de B_2.



1. Pour chaque cas de la figure ci-contre, tracer le trajet des deux rayons partant du point B, pour construire ses images successives.
2. Dans le premier cas, retrouver par le calcul la position des images successives. On prendra le centre optique O de la lentille comme origine.
3. Dans les trois cas, déterminer par un argument simple sans faire de calculs la valeur algébrique du grandissement transversal du système.
4. Dans la configuration b), que se passerait-il si l'on déplaçait le miroir le long de l'axe optique ? Que se passe-t-il lorsque l'on incline le miroir ?
5. Comment peut-on procéder pour déterminer la distance focale d'une lentille en utilisant cette méthode ?

Exercice 16 : L'oeil

La distance entre le cristallin est la rétine est d'environ $d = 15$ mm, la distance h entre deux cellules rétiniennes (cônes) est d'environ 5 μm

1. Déterminer le pouvoir séparateur angulaire α de l'œil. (angle minimum entre deux rayons captés par des cônes différents)
2. Pour un œil normal (emmétrope) le punctum proximum situé à 25 cm. Quelle est le plus petit objet qu'un œil normal puisse discerner (il faut que son image couvre au moins 2 cônes)
3. La pupille joue le rôle de diaphragme de rayon R. Si un point A est situé à une distance D d'un œil normal qui n'accommode pas, quel est le rayon r de la tâche formée sur la rétine ?
4. Justifier que l'on peut considérer que A est vu comme un point si $r < h$. Pour $R = 1mm$ quelle est la distance minimale D_{min} d'un objet vu net en même temps qu'un autre objet à l'infini ?
5. Un œil myope a un cristallin trop convergent. Si on suppose qu'il possède la même plage d'accommodation qu'un œil normal, comment sont déplacés son PP et son PR ? Expliquez en quoi cela constitue un handicap ou un avantage. Quel type de lentille doit-on utiliser pour corriger la myopie ?
6. En supposant que le cristallin myope peut être assimilé à une lentille convergente de focale $f' = 1\ ,48$ cm, calculer le nouveau PR.
7. Le PP se trouve à 12 cm, calculer la distance focale correspondante. Quelle la variation de vergence du cristallin lorsqu'il accommode ?
8. Un œil hypermétrope a un cristallin qui n'est pas assez convergent. Comment cela modifie les positions de son PP et de son PR ? Quel type de lentille doit-on utiliser pour corriger l'hypermétropie ?

Exercice 17 : Un petit problème

La photo suivant a été prise sur la place de la préfecture à Troyes. Des projecteurs sont incrustés dans le fond d'un bassin et émettent de la lumière vers le haut dans toutes les directions. On observe alors des cercles lumineux sur le fond du bassin. Expliquer ce phénomène et montrer que l'on peut en déduire la profondeur d'eau dans le bassin (le bassin a une largeur d'environ 2 m)