

TD 1 LOIS DE DESCARTES

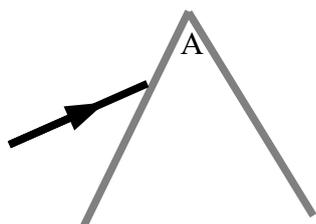
1. Incidence de Brewster

On passe de l'air à un milieu d'indice $n > 1$.

Déterminer l'angle d'incidence pour lequel le rayon réfléchi est perpendiculaire au rayon réfracté.

2. Prisme

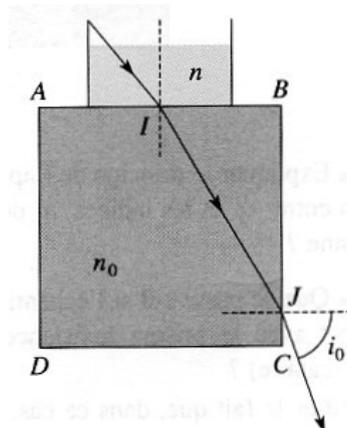
On considère un prisme d'angle au sommet $\hat{A} = 60^\circ = \pi/3$ et d'indice $n = 1,5$, plongé dans l'air. À quelle condition sur l'angle d'incidence i le rayon émergera du prisme ?



3. Condition d'émergence

- Quelle est la condition pour qu'un rayon passant de l'eau ($n = 1,33$) à l'air (indice 1) soit réfracté ?
- On place une source lumineuse ponctuelle intense au fond d'une piscine remplie d'eau, de profondeur $d = 2,50$ m. Schématiser la situation.
- La surface de la piscine est parsemée de fines poussières qui ne modifient pas la direction de réfraction des rayons issus de la source ponctuelle. En revanche, ces poussières diffusent la lumière dans toutes les directions, et donc deviennent visibles par un observateur, lorsque la lumière les traverse. Justifier qu'un observateur situé au bord de la piscine observe un disque brillant à la surface de l'eau, et donner sa dimension.

4. Mesure de l'indice d'un liquide



Sur un cube de verre d'indice n_0 , on place une cuve sans fond contenant un liquide d'indice inconnu $n < n_0$. En un point I de l'interface liquide-verre AB , on fait arriver des faisceaux lumineux ayant toutes les directions possibles. Les rayons lumineux pénètrent dans le cube et on considère ceux qui sortent par la face BC .

On note i_0 l'angle d'émergence à la sortie du cube, i l'angle d'incidence du rayon sur le cube, et r l'angle de la première réfraction.

- Reproduire le schéma en marquant les angles, et ajouter le trajet complet du rayon incident en I faisant l'angle d'incidence $i = \frac{\pi}{2}$.

- Écrire toutes les lois de la réfraction, et en déduire la relation entre n_0 , n , i et i_0 (mais pas r).

(c) On constate que le faisceau émergent est limité en haut par un rayon faisant l'angle i_{OM} avec la normale au dioptre. La mesure de i_{OM} permet d'en déduire l'indice inconnu n du liquide.

Obtenir l'expression de n en fonction de n_0 et i_{OM} , ainsi que celle de i_{OM} en fonction des deux indices.

(d) Pour certaines valeurs d'indice du liquide, le réfractomètre ne peut pas être utilisé car aucun rayon n'émerge de la face BC .

Pourquoi ? Pour un cube d'indice n_0 donné, quels indices n peut-on mesurer ?

5. Un face à face tendu

Un pêcheur et un poisson s'observent l'un l'autre à travers la surface d'un lac calme. Ils sont situés sur la même verticale, et la distance de chacun à la surface de l'eau est quelconque.

L'indice de l'eau est de 1,33 alors que celui de l'air est très voisin de 1.

(a) Sur un schéma représentant un œil du pêcheur et un œil du poisson, schématisés et très agrandis (leur pupille doit être mise en évidence), tracer quelques rayons *, fléchés, issus du *centre de la pupille de l'œil du poisson* et traversant la surface de l'eau.

(b) Sur un second schéma identique, tracer des rayons fléchés issus du *centre de la pupille de l'œil du pêcheur* et se réfractant à la surface de l'eau.

(c) Conclure :

- Chacun apparaît à l'autre plus proche qu'il ne l'est en réalité.
- Chacun semble à l'autre plus éloigné.
- Autre conclusion ?

* Sans faire de construction précise, on respectera le comportement des rayons dans la réfraction.

6. Champ d'un miroir plan

Le *champ* d'un miroir est la portion de l'espace visible dans le miroir. Un individu de hauteur $H = 1,8$ m (hauteur des yeux) dispose un miroir plan couché sur le sol à une distance quelconque de ses pieds.

(a) Faire un schéma de la situation et hachurer le champ du miroir en traçant d'abord les rayons lumineux qui délimitent ce champ.

(b) Cet individu cherche à observer dans sa totalité un petit arbre de hauteur $h = 1,5$ m, situé à une distance $D = 5,0$ m, par réflexion dans ce miroir. Quelle doit être la longueur minimale L de ce miroir, et où doit-il être placé ?

On complétera la figure en y plaçant l'arbre dans le cas limite (où on le voit tout juste en entier).

Aide : construire l'image de l'arbre n'est pas une mauvaise idée.

Pour les deux exercices suivants, on rappelle que l'image A' d'un point objet A par un dioptre plan séparant les milieux optiques d'indices respectifs n_1 et n_2 est donnée par la relation, où

$$H \text{ est la projeté du point objet } A \text{ sur le dioptre : } HA' = HA \frac{n_2}{n_1} .$$

(On oublie les défauts de stigmatisme de la conjugaison : il s'agit de l'image dans les conditions de Gauss)

7. lame à face plane et parallèle

Il s'agit d'une lame de verre, d'épaisseur e , et d'indice optique n , plongée dans l'air d'indice 1 : par exemple, une vitre.

On considère un point objet A situé à une distance $d = AH$ de la vitre (on note H le projeté orthogonal de A).

- Faire un schéma et tracer l'allure du trajet complet d'un rayon réfracté dans la vitre, issu de A .
Que remarque-t-on sur le rayon émergent de la vitre ?
- En utilisant la relation rappelée ci-dessus, déterminer la distance AA' , en fonction de e et de n , où l'on note A' l'image de A par la vitre.

Remarque : on constatera en fin de calcul que la distance d n'intervient pas dans le résultat.

Aide : on a intérêt à introduire K , projection de A sur la seconde face de la lame.

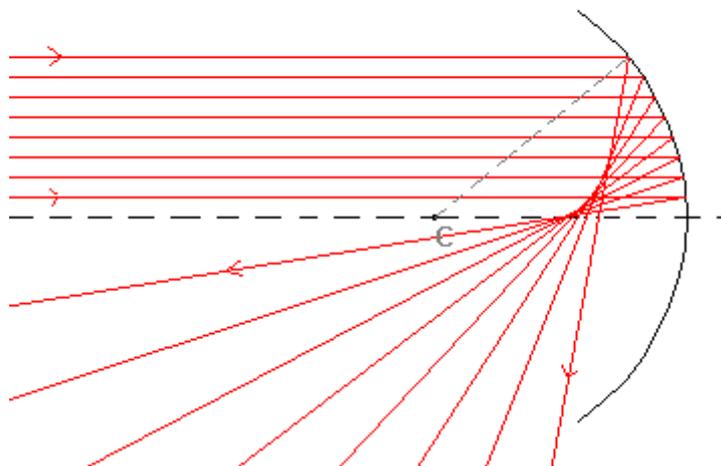
8. Prisme rectangle isocèle en réflexion totale

On reprend l'application du cours, où l'hypoténuse se comporte comme un miroir plan.

On considère l'indice de l'air égal à 1, et l'indice du verre $n = 1,5 = 3/2$. On place un objet AB devant le prisme, parallèle à la face d'entrée.

En utilisant la relation rappelée pour l'image par un dioptre plan, construire avec soin les 3 images successives par réfraction, réflexion puis réfraction de AB dans le prisme, qu'on pourra noter A_1B_1 , A_2B_2 et $A'B'$.

9. Miroir sphérique : conjugaison infini-foyer



On a représenté ci-dessus un miroir sphérique : le **centre** de la sphère est noté C , et le point central du miroir, intersection du miroir avec l'axe optique, appelé **sommet**, est noté S . On appelle **rayon** (de courbure) du miroir la distance $R = SC$.

On a tracé des rayons incidents parallèles entre eux et à l'axe optique : ils proviennent donc du point à l'infini sur l'axe A_∞ et l'image après réflexion est donc le foyer image F' du miroir.

On considère l'un de ces rayons incidents, faisant l'angle d'incidence i avec la normale au miroir. Comme la surface est une sphère (cercle dans le plan de figure), la normale passe toujours par le centre C .

On note F'_i l'intersection du rayon réfléchi avec l'axe optique.

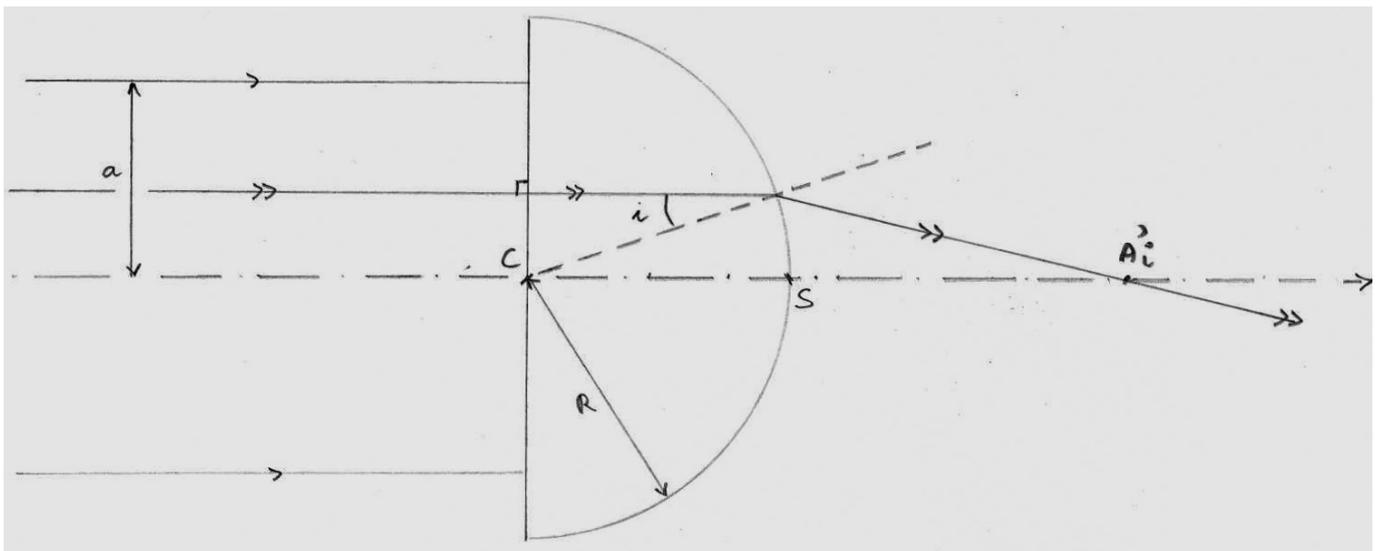
- a) En remarquant qu'un triangle isocèle peut être considéré comme la juxtaposition de deux triangles rectangles symétriques, démontrer que la distance SF'_i s'exprime par

$$SF'_i = R \left(1 - \frac{1}{2 \cos i} \right)$$

- b) Représenter à la calculatrice ou avec un tableur la fonction $f(i) = SF'_i / R$ pour les angles entre 0 et 30° et justifier que la conjugaison infini-foyer n'est pas stigmatique pour ce type de miroirs.
- c) Où se trouve exactement le foyer image F' du miroir, qui est l'image limite obtenue dans les conditions de Gauss ?

10. Lentille demi-boule

La lentille, d'indice optique n , est plongée dans l'air.



- a) De quel point A'_i est-il l'image ? comment nomme-t-on ce point image, caractéristique du système optique ?
- b) Déterminer la distance CA'_i en fonction de R , rayon de la demi-boule, i l'angle d'incidence du rayon considéré, et r , angle de réfraction en sortie.
- c) Avec une méthode numérique (calculatrice, Python, ...), pour n quelconque (par exemple 1,5), déterminer si la conjugaison est rigoureusement stigmatique ou non.