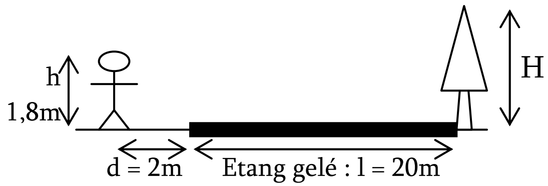
TD9 : Lois de l'Optique Géométrique

Phénomène 1 : La Réflexion

Exercice 1 : Champ de vision d'un miroir plan

Un homme observe la surface d'un étang gelé considéré comme un miroir plan. Il y voit les arbres sur l'autre rive.



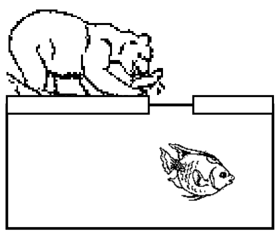
1. Définir le champ de vision de l'homme dans l'étang. Le tracer. Peut-il y voir sa propre image ?
2. Quelle hauteur maximale H d'un arbre situé de l'autre coté de l'étang qu'il peut voir par réflexion dans l'étang ?

Phénomène 2 : La Réfraction

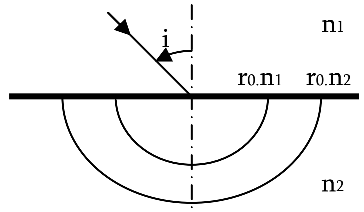
Exercice 2.1 : L'Ours Polaire

Un ours polaire est sur la banquise. Pour manger, il pêche à travers un trou circulaire qu'il a fait dans la glace, de rayon 50cm. Il est donc dans l'air, d'indice $n_a \approx 1.00$, et il veut attraper un poisson dans l'eau, d'indice $n_e \approx 1,33$. On supposera que le trou peut être assimilé à un dioptre plan entre l'air et l'eau.

1. Calculer le champ angulaire 2α visible par l'ours. Un poisson peut-il s'approcher du trou sans être vu par l'ours ?
2. L'ours observe le trou avec une inclinaison de 45°. Le poisson se trouve à une profondeur réelle de 20cm. Quelle est la profondeur apparente, vue par l'ours ?
3. Calculer le champ angulaire $2\alpha'$ visible depuis la mer. L'ours peut-il se cacher du poisson ?
4. Le poisson s'approche du trou en longeant la glace. Que voit-il ?



Exercice 2.2 : Construction de Descartes



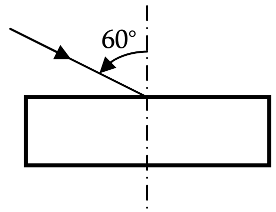
On trace dans le milieu d'indice n_2, au niveau du dioptre, deux demi-cercles centrés sur le point d'incidence I de la lumière, de rayons respectifs n_1 et n_2.

→ Indiquez comment, à partir de ces cercles et en utilisant la loi de la réfraction, on peut construire (sans rapporteur) le rayon réfracté.

→ Illustrer avec cette construction le phénomène de réflexion totale.

Exercice 2.3 : Lame à face parallèle

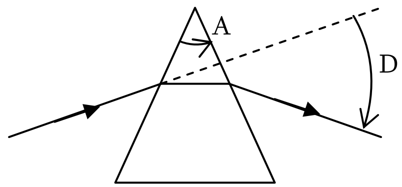
Sur la face supérieure d'une lame de verre formée de deux dioptres plans parallèles, d'épaisseur e = 8,0cm, d'indice $n_2 = 1,5$, plongée dans l'air dont on supposera l'indice $n_1 = 1$, arrive un pinceau lumineux sous une incidence $\theta = 60°$.



1. Quel est l'angle du rayon dans la lame ?
2. Quelle est la déviation angulaire totale du rayon. Commenter le résultat.
3. Exprimer et calculer la déviation latérale du faisceau en fonction de e, des angles d'incidence et d'émergence sur l'interface supérieure. Commenter.

Exercice 2.4 : Déviation par un prisme

Soit un prisme en verre, d'indice $n(\lambda)$, d'angle au sommet A. Une radiation monochromatique arrive sous incidence i sur la face d'entrée du prisme.



1. Donner les 4 relations du prisme liant les angles d'incidence et de réfraction i, r, r' et i', l'angle au sommet A, l'indice du prisme n et la déviation D.
2. A quelle condition sur A et i le rayon émerge-t-il de la face de sortie ?
3. La déviation est une fonction de i, n et A. Trouver le sens de variation de D avec n et avec A dans le cas de petits angles (i, r, r', et i' faibles).
4. On fixe n et A. Montrer que lorsque i varie, la déviation D passe par un minimum D_m. Donner l'expression de $n(\lambda)$ en fonction de D_m et de A.

Exercice 2.5 : Dispersion par un prisme

On envoie un rayon de lumière blanche sur le même prisme qu'à l'exercice précédent. L'indice du verre de ce prisme varie selon la loi de Cauchy :

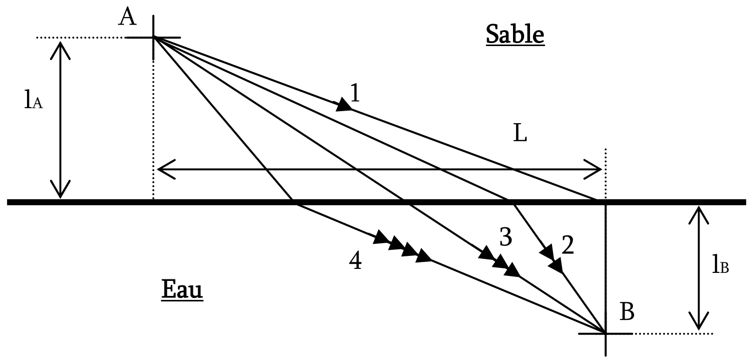
$$n = \alpha + \frac{\beta}{\lambda_0^2} = 1,4977 + \frac{4245}{\lambda^2} \qquad \text{(avec } \lambda \text{ en nm)}$$

1. Qu'observe-t-on après la face de sortie du prisme ?
2. Calculer la largeur angulaire de ce prisme.
3. On règle désormais l'incidence i à la valeur i_{m1} correspondante au minimum de déviation pour la radiation $\lambda_1 = 600$nm. Calculer D_{m1}.

Justification physique des lois de Descartes

Exercice 3.1 : Le chemin le plus court

Intéressons-nous à un problème rencontré par les surveillants de plage. L'un d'entre eux se trouve au point A sur le sable, situé à une distance l_A de la mer. Un nageur se trouve quant à lui en un point B, dans l'eau, à une distance l_B de la plage. Les projetés orthogonaux de A et de B sur le bord de la mer sont distants de L.

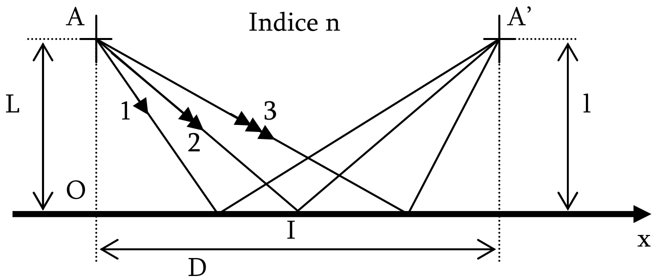


Sur une piste d'athlétisme, le surveillant de plage court à une vitesse de pointe que l'on notera v_0. Sur le sable, cette vitesse est divisée par un facteur n_S supérieur à 1. Dans l'eau, il nage à une vitesse encore moindre, sa vitesse de pointe v_0 étant désormais divisée par un facteur n_E supérieur à n_S.

1. Le chemin le plus court en distance est-il a priori le plus rapide ? Quel chemin représenté vaut-il mieux que le sauveteur prenne ?
2. Exprimez la durée t du trajet en fonction de l'abscisse x de son point d'entrée dans l'eau.
3. Donner une condition sur x pour que la durée du parcours soit minimale (attention, on ne cherchera pas à exprimer directement x)
4. Exprimer la condition qui minimise la durée de parcours en fonction des angles θ_S et θ_E (entre la normale et les trajectoires sur le sable et dans l'eau) Que reconnaît-on ?

Exercice 3.2 : Réflexion

Dans le cas de la réflexion d'un rayon lumineux maintenant, dans un milieu d'indice n, on souhaite qu'un rayon issu du point A atteigne le point A' après s'être réfléchi sur le miroir en un point I.



1. Quel sera à votre avis le chemin le plus rapide ? Le 1, 2 ou 3 ?
2. Exprimer le chemin optique (AIA') en fonction de x, l'abscisse du point I.
3. Montrer que le chemin optique (AIA') possède une valeur minimale correspondant à une relation simple entre i et r (les angles d'incidence et de réflexion sur le miroir).