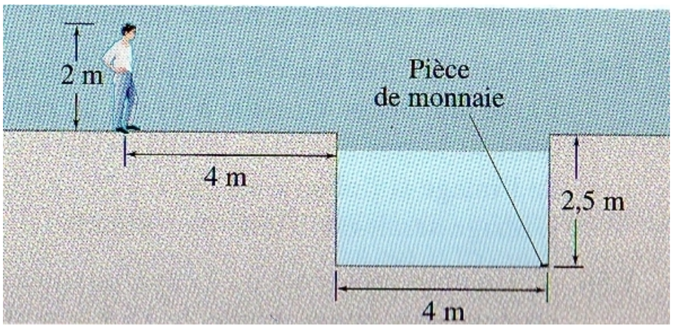
Optique géométrique série n°1 : Les lois de l'optique géométrique

Exercice 1 : Pièce de monnaie

Une personne dont les yeux sont à 2 m du sol se tient debout à 4 m du bord d'une piscine profonde de 2,5 m et large de 4 m. Une pièce de monnaie se trouve au fond de la piscine du côté opposé.
Jusqu'à quelle hauteur la piscine doit-elle être remplie pour que la personne puisse voir la pièce ?
On prendra pour l'eau $n = 1{,}33$. Pour l'air, l'indice de réfraction vaut 1.



Indication : Un rayon lumineux issu de la pièce et réfracté à la surface de l'eau doit atteindre l'œil de cet observateur.

Exercice 2 : Déviation d'un faisceau lumineux

Kepler utilisa la réflexion totale interne dans un bloc de verre pour dévier un faisceau lumineux (figure ci-dessous).

a) Si le bloc a un indice de réfraction de 1,35 et qu'il est entouré d'air $(n = 1)$, pour quelles valeurs de l'angle d'incidence i sur la face supérieure a-t-on une réflexion totale interne sur la face verticale ?

b) Pour un angle d'incidence i sur la face supérieure, quelle doit être la valeur minimale de l'indice de réfraction pour qu'il y ait réflexion totale interne sur la face verticale ?

c) On suppose que le bloc est immergé dans l'eau $(n = 1{,}33)$ et que seule sa face supérieure est au-dessus de l'eau. On donne $i = 45°$. Quelle serait la valeur minimale de l'indice de réfraction du verre dans ce cas ?

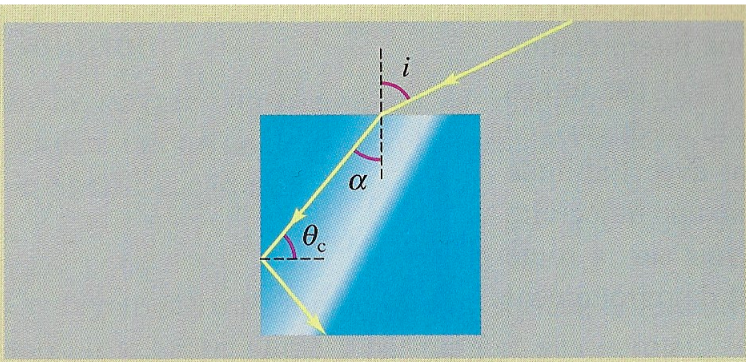
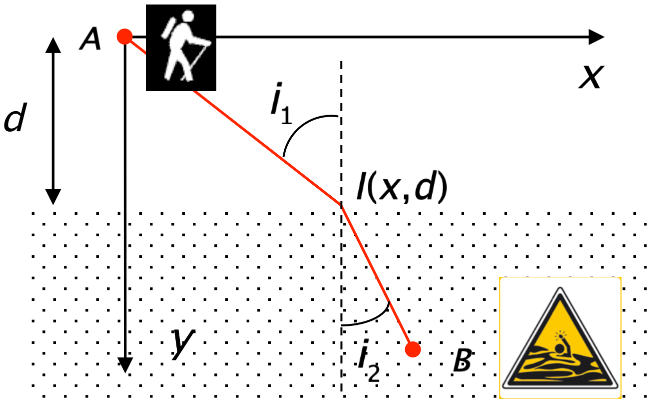


Figure 4.18 ▲
Un rayon pénètre dans un bloc de verre et subit une réflexion totale interne sur la face verticale.

Exercice 3 : Justification de la loi de réfraction par le principe de moindre temps de Pierre de Fermat 1638)

a) Sens physique

A l'instant $t = 0$, un promeneur situé en un point $A(x = 0, y = 0)$ aperçoit un baigneur qui se trouve en difficulté en un point $B(x_B, y_B)$ d'un lac.



Ce promeneur se met à courir suivant AI à la vitesse constante v_1 et à nager suivant IB à la vitesse v_2. Les trajets rectilignes AI et IB sont inclinés de i_1 et i_2 par rapport à l'axe Ay.

Etablir la relation entre i_1, i_2, v_1 et v_2 pour que le promeneur parvienne en B, le plus vite possible.

b) Aspect optique

A présent, le sol et le lac sont remplacés par des milieux d'indices respectifs n_1 et n_2.

On place en A une source lumineuse ponctuelle et en B l'œil de l'observateur. Interpréter la loi de la réflexion de Descartes.

Indications : Calculer les distances AI et IB à l'aide des coordonnées cartésiennes des points considérés. En déduire le temps de parcours qui va dépendre de x. Utiliser une dérivée pour exprimer un minimum. Faire apparaître $\sin i_1$ et $\sin i_2$.

Exercice 4 : Prisme, conditions d'émergence

Le prisme est un dispositif optique (en verre) qui permet de disperser la lumière et de permettre entre autres de mesurer des longueurs d'onde. Le prisme a été utilisé par Newton dans sa fameuse expérience pour décomposer la lumière.

a) Montrer, en utilisant les lois de la géométrie dans les triangles $IJ'I'$ et IJI', que $r+r'=A$ et que $i+i'-A=D$ où D est l'angle de déviation du faisceau incident.

b) A partir de la question précédente et des lois de Snell-Descartes, montrer que dans le cas des petits angles, la déviation est donnée par $D=A(n-1)$.

c) Montrer que l'émergence d'un rayon en I', d'un prisme d'angle A et d'indice n, n'est possible que si $i \geq i_0$ et préciser l'expression de i_0.

d) Déduire du principe du retour inverse de la lumière une seconde condition d'émergence portant sur l'angle A. Faire l'application numérique pour $n=1.5$ et $A=60°$.

Indications : Partir d'une condition sur le rayon lumineux qui sort du prisme et remonter de proche en proche au rayon incident pour en déduire une condition sur ce dernier.