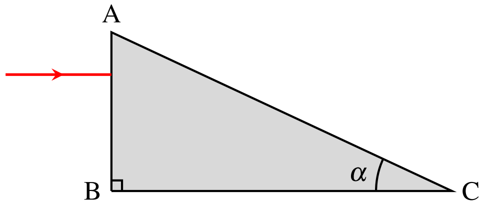
TD1 : Lois de Snell-Descartes

⋆ Exercice 1 : Réfraction dans un prisme

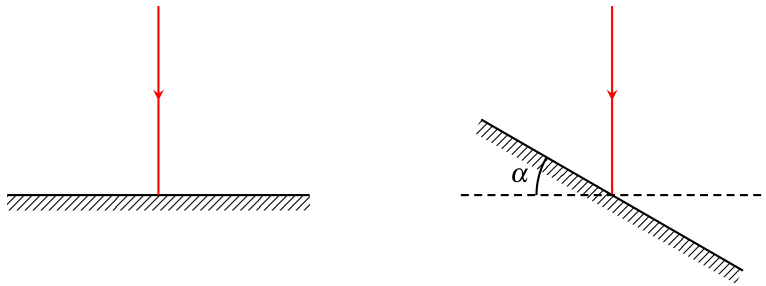
Un rayon lumineux se propage dans l'air d'indice égal à $1,00$. Il arrive sous incidence normale sur la face AB d'un prisme ABC d'indice $n = 1,55$ dont la coupe dans le plan d'incidence est un triangle rectangle en B. L'angle correspondant au sommet C vaut $\alpha = 25,0°$.



1. Tracer le(s) rayon(s) émergent(s) au niveau du dioptre AB.
2. Y a-t-il réflexion totale sur l'hypothénuse ? Tracer le(s) rayon(s) émergent(s).
3. Y a-t-il réflexion totale sur le dioptre BC ? Tracer le(s) rayon(s) émergent(s).

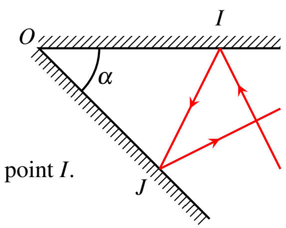
⋆ Exercice 2 : Rotation d'un miroir plan

Un rayon lumineux issu d'une source fixe frappe un miroir plan sous incidence normale. On tourne le miroir d'un angle α. Tracer le rayon réfléchi dans les deux cas et déterminer une relation entre l'angle de rotation α du miroir et l'angle de rotation β du rayon réfléchi.



⋆ Exercice 3 : Déviation par un système de deux miroirs

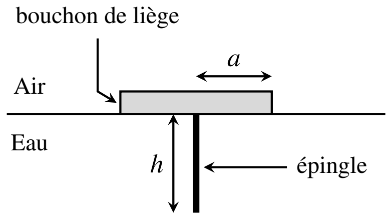
Deux miroirs d'arête commune passant par O forment entre eux un angle α. On note I et J les points incidents successifs, i et j les angles d'incidence correspondants.



1. Exprimer en fonction de i la déviation D_I du rayon lors de la réflexion au point I. De même, exprimer D_J en fonction de j.
2. En considérant le triangle OIJ, établir la relation entre i, j et α.
3. En déduire la déviation totale D du rayon lumineux lors des deux réflexions, en fonction de l'angle α uniquement.
4. Que se passe-t-il si $\alpha = \frac{\pi}{4}$? Si $\alpha = \frac{\pi}{2}$? Faire des représentations schématiques.

⋆⋆ Exercice 4 : Bouchon de liège

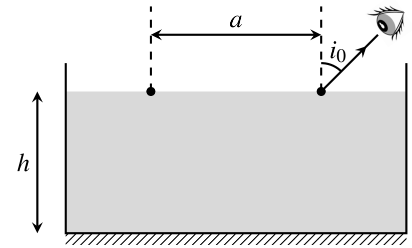
On plante une épingle au centre d'un bouchon de liège en forme de disque de rayon a (on ne préoccupera pas de son épaisseur). On fait flotter le bouchon sur de l'eau, l'épingle vers le bas. Le bouchon de liège s'enfonce d'une profondeur négligeable dans l'eau. L'épingle dépasse du bouchon d'une hauteur h. On se rapportera à la figure ci-contre.



On observe depuis un point situé au-dessus de l'eau. Déterminer la hauteur h maximale pour que l'épingle soit invisible. Expliquer le phénomène mis en jeu.

⋆⋆ Exercice 5 : Mesure de l'indice de réfraction d'un liquide

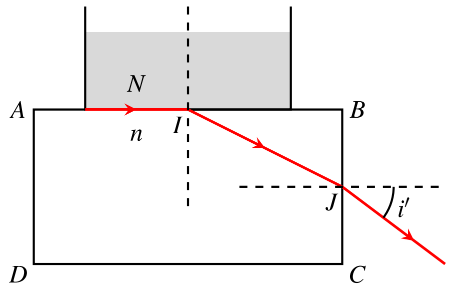
Deux fils parallèles, distants de a, sont maintenus à la surface d'un liquide d'indice n. Le liquide est placé dans une cuve dont le fond est argenté, sur une hauteur h. On observe l'un des fils sous une incidence i_0 donnée et on règle h de manière à ce que l'image de l'autre fil coïncide avec le fil observé.



1. Représenter le trajet du rayon lumineux observé issu du deuxième fil.
2. En déduire l'expression de n en fonction de i_0, a et h.
   AN : $i_0 = 60,0°$, $a = 10,0\,cm$, $h = 5,80\,cm$.

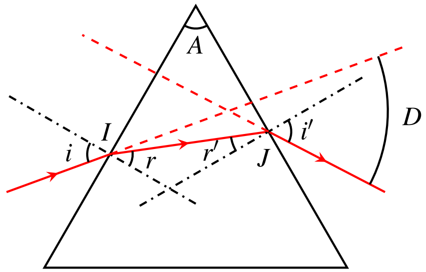
⋆⋆ Exercice 6 : Réfractomètre d'Abbe

Un rayon lumineux provenant d'un milieu d'indice inconnu N tombe sous incidence rasante sur un prisme d'indice $n > N$. Il émerge en faisant un angle i' avec la normale à la face BC. Le prisme est tel que l'angle $\hat{B}$ est droit.



1. À quelle condition sur n et N un rayon lumineux peut-il émerger de la face BC ?
2. On suppose la condition ci-dessus vérifiée et on mesure $i' = 15°$. Sachant que $n = 1,732$, calculer N.

⋆⋆ Exercice 7 : Dispersion de la lumière par un prisme



Un rayon incident arrivant sur un prisme d'indice n et d'angle au sommet A émerge en étant dévié d'un angle D. Le prisme est plongé dans l'air d'indice pris égal à 1,00.

1. Écrire les lois de la réfraction en I et J.
2. Déterminer une relation entre r, r' et A.
3. Montrer que $D = i + i' - A$.
4. La fonction $D(i)$ possède un **unique** minimum D_m, appelé le **minimum de déviation** du prisme. Justifier qu'au minimum de déviation, $i = i'$.
5. En déduire l'expression de D_m en fonction de i et de A.
6. Montrer que $n = \dfrac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$.
7. Le verre qui constitue le prisme est un mileu dispersif. Son indice optique dépend de la longueur d'onde suivant la loi de ***Cauchy*** : $n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$ où A et B sont deux constantes positives qui dépendent du matériau. Quelle est la couleur la plus déviée par le prisme ? La moins déviée ?

Solutions :

Ex1 : 2. Oui 3. Non

Ex2 : $\beta = 2\alpha$

Ex3 : 3. $D = 2(\pi - \alpha)$

Ex4 : $h_{\max} = a\sqrt{n^2 - 1}$

Ex5 : 2. $n = \sin(i_0)\sqrt{1 + 4\left(\dfrac{h}{a}\right)^2} = 1,33$

Ex6 : 1. $N \geqslant \sqrt{n^2 - 1}$ 2. $N = 1,713$

Ex7 : 8. le violet est la couleur la plus déviée, le rouge la moins déviée