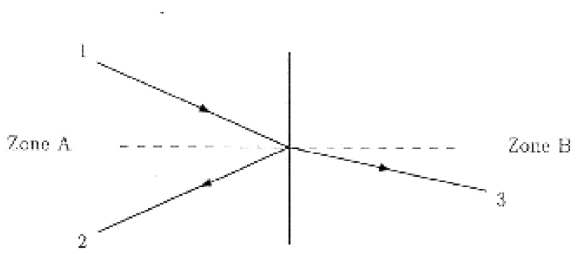
Correction de la série / optique géométrique :

Correction Exercice 1 :

A tout rayon incident, correspond un rayon réfléchi du même côté du dioptre, et dans l'autre milieu, un rayon réfracté. Le rayon réfléchi et le rayon réfracté sont du même côte de la normale au dioptre.



1. Il en résulte que le rayon (1) est le rayon incident, le (2) est le rayon réfléchi et le (3) est le rayon réfracté.

2. D'après ce qui précède, le sens de la lumière est celui indiqué sur la figure.

3. L'indice de l'eau n_{eau} = 1, 33 est supérieur à celui de l'air qui est égal à 1. Le rayon (3) se rapproche de la normale, il se propage donc dans le milieu le plus réfringent : l'eau qui se trouve donc en zone B.

4. Sin (i_{Bl}) = 1/1,33 donc i_{Bl} = 48,75°

5. L'angle limite de réfraction se trouve toujours dans le milieu le plus réfringent (de plus grand indice n).

Correction Exercice 2 :

A. On passe d' un milieu moins réfringent, l'air, à un milieu plus réfringent, les rayons lumineux se rapprochent de la normale et de ce fait, sont à l'intérieur d'un cône déterminé par l'angle limite i_l déterminé par : sin i_l = $1/n_i$.

1. Avec n_1, on obtient i_l = 37,09°
2. Avec n_2, on obtient i_l = 42, 29°

B. Le premier milieu a pour indice n_1 ou n_2, le second a pour indice n, avec $n_2 < n < n_1$.

1. - Si n_1 est le premier milieu, le rayon arrive dans un milieu moins réfringent et s'écarte donc de la normale :Réflexion totale possible.

   - Si n_2 est le premier milieu, le rayon passe dans un milieu plus réfringent, il se rapproche de la normale. Pas de possibilité de réflexion totale.

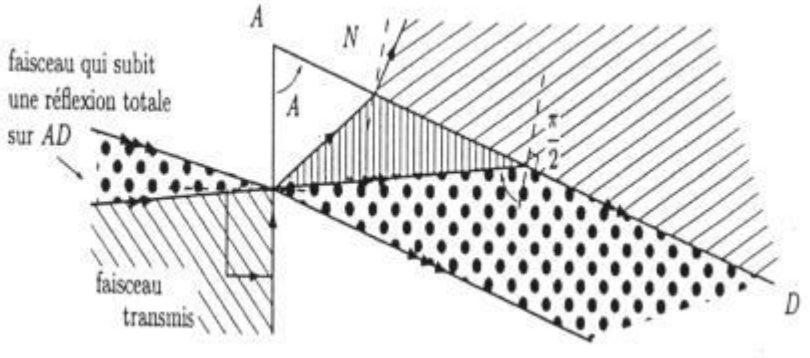
   Il ne peut donc y avoir réflexion totale que si le premier milieu est celui dont l'indice est n_1 = 1,658.

2. i_{max} = + 4° . Sur le dioptre AC, on a sin(i_{max}) = n_1 sinr donc avec n_1 = 1, 658 cela conduit à r = 2,41°

   Sur le dioptre AD, on a $n_1$sin r' = n où r' est l'angle limite lors de la réfraction $n_1 \rightarrow n$.

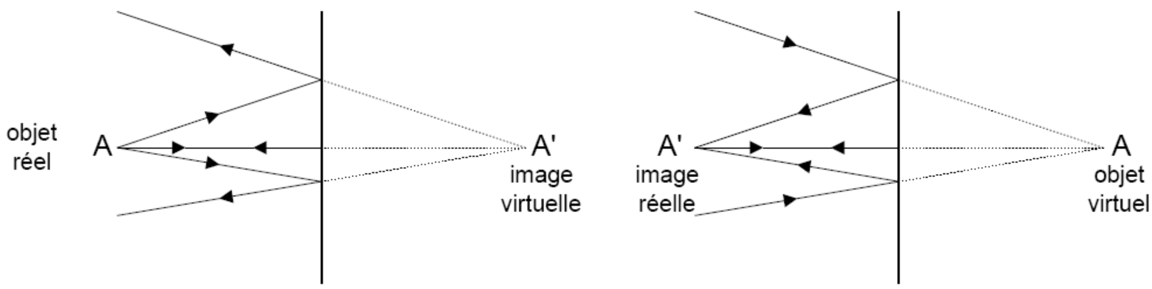
   Nous obtenons r' = 69,21° et comme A = r + r' cela donne A = 71,62°.

3. Les rayons arrivant sur AD avec une incidence i'> r' (ou encore 69,21° < i' < 90°) subissent une réflexion totale. Le dernier rayon réfléchi est donc tel que i' = 90°, qui correspond à r = A - i' = -18,38°. Par suite, sin $i_{min} = n_1$ sin r donne i_{min} = -31,52°



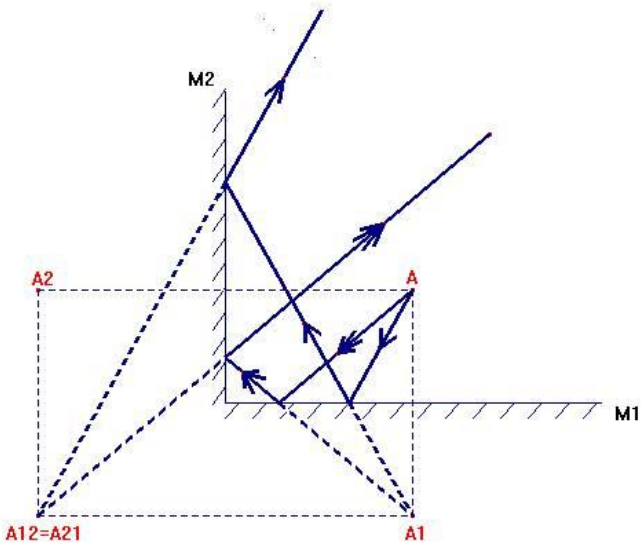
Correction Exercice 3 : Miroir plan

Image et objet sont symétriques par rapport au miroir :



Correction Exercice 4 : Miroir plan

A' image de A donné par un miroir plan est le symétrique de A par rapport au plan du miroir.



Construction de A1 image de A par le miroir M1 :

A1 est le symétrique de A par rapport au plan du miroir M1.
A1 est en avant du miroir M2, il peut donc jouer le rôle d'objet réel par rapport au miroir M2.

Construction de A12 image de A1 par le miroir M2 :

A12 est le symétrique de A1 par rapport au plan du miroir M2.

Le processus ne peut pas se poursuivre par une nouvelle réflexion sur M1 car A12 se trouve en arrière de M1 et ne peut donc jouer le rôle d'objet réel pour M1.

Construction de A2 image de A par le miroir M2 :

A2 est le symétrique de A par rapport au plan du miroir M2.
A2 est en avant du miroir M1, il peut donc jouer le rôle d'objet réel par rapport au miroir M2.

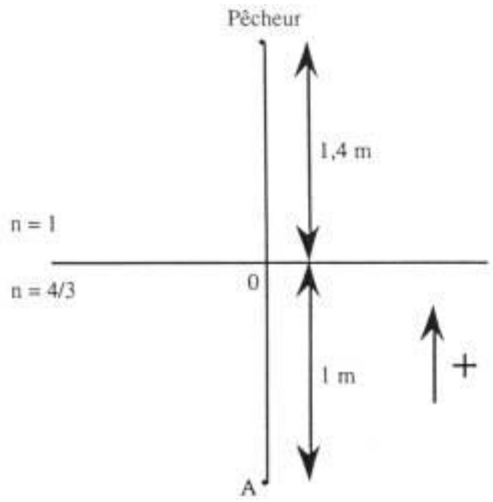
Construction de A21 image de A2 par le miroir M1 :

A21 est le symétrique de A2 par rapport au plan du miroir M1.

Le processus ne peut pas se poursuivre par une nouvelle réflexion sur M2 car A21 se trouve en arrière de M2 et ne peut donc jouer le rôle d'objet réel pour M2.

Finalement, l'observateur peut voir 3 images : A1, A2, A21=A12.

Correction Exercice 5 : Dioptre plan



1. Soit OA’ la distance observée : $\frac{n}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}}$ donc $\overline{OA'} = \frac{3\overline{OA}}{4}$ soit $\overline{OA'} = -0{,}75m$.

   Doù $\overline{P_eA'} = -1{,}4 - 0{,}75 = -2{,}15m$.

   Le pêcheur voit donc le poisson à 2,15 m en dessous de lui.
2. Cette fois, on choisit le sens positif vers le bas.

   $\frac{1}{\overline{OP_e}} = \frac{n}{\overline{OP'_e}}$ donc $\overline{OP'_e} = -1{,}86m$ et $\overline{AP'_e} = -2{,}86m$.

   Le Poisson voit donc le pêcheur à 2,86 m au dessus de lui.
3. $\frac{n}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}}$. donc $n\overline{OA'} = \overline{OA}$, et $\overline{OA} = n(\overline{OA} + \overline{AA'})$ d’ou $(1-n)\overline{OA} = n\overline{AA'}$ or

   $\overline{AA'} = 0{,}15m$ donc h = $\overline{OA}$ = -0,6 m.

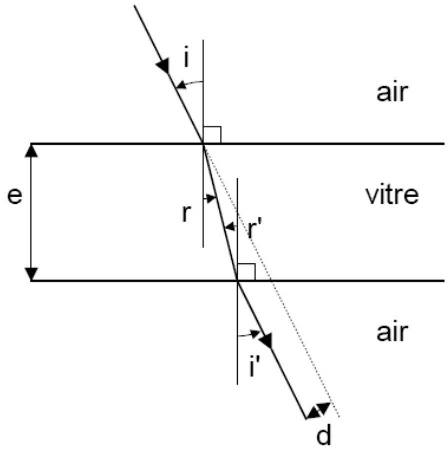
   Donc il doit y avoir 60 cm d’eau au-dessus du poisson pour qu’il subisse un déplacement apparent h de 15 cm.

Correction Exercice 6 : Vitre

La loi de la réfraction donne : $n_{air} \sin i = n_{vitre} \sin r$ et : $n_{vitre} \sin r' = n_{air} \sin i'$
Les faces de la vitre sont parallèles : r' = r
i' est donc égal à i : la lumière n'est pas déviée (le rayon incident et le rayon émergent ont la même direction).

Il se produit un décalage d qui est maximal quand i=90° (incidence rasante) : $d_{max} = e = 1$ cm.

Si les faces de la vitre ne sont pas parallèles, la lumière est déviée (i'≠ i).



Correction exercice 7 : Prisme

1- Les relations caractéristiques du prisme sont au nombre de quatre :
D'abord, les lois de la réfraction1 :

$$\sin i = n \sin r \quad (1)$$

$$n \sin r' = \sin i' \quad (2)$$

2- L'angle entre les normales aux faces du prisme est égal à A et la somme des angles d'un triangle est égale à 180°:

$$r + r' + (180° - A) = 180°$$

$$r + r' = A \quad (3)$$

3- Enfin, l'expression de la déviation : D = i - r + i' - r' = i + i' - (r + r') = i + i'- A

$$D = i + i' - A \ (4)$$

4- Pour que le rayon émergent existe, il faut que $r' \leq r'_{lim}$, angle limite d'incidence, car lorsque $r' > r'_{lim}$ il y a réflexion totale sur la seconde face du prisme. Lorsque $r' = r'_{lim}$ l'angle i' vaut 90°, l'angle r'_{lim} est donc donné par :

$$n \sin r'_{lim} = \sin(90°) = 1$$
$$\sin r'_{lim} = 1/n$$

La condition $r' \leq r'_{lim}$, impose $r \leq A - r'_{lim}$, car $r = A - r'$ d'après la relation (3). Et d'après la relation (1) on trouve :

$$\boxed{\sin i_0 = n \sin(A - r'_{\lim})}.$$

5- De plus, l'angle de réfraction r est toujours inférieur à l'angle limite de réfraction r_{lim}, égal à l'angle limite d'incidence r'_{lim}. Par conséquent, les deux inégalités : $r' \leq r'_{lim}$ et $r \leq r_{lim}$ sont vérifiées simultanément, or $r + r' = A$, donc :

$$\boxed{A \leq 2\, r_{\lim} \text{ avec } \sin r_{\lim} = 1/n}.$$

Lorsque $A > 2\, r_{\lim}$, il y a toujours réflexion totale. Exemple : Nous considérons un prisme en verre dont l'angle A vaut 90°. L'indice du verre est $n = 1{,}5$. Calculons $r_{\lim}$:

$$\sin r_{\lim} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1{,}5} = 0{,}666 \quad \Rightarrow \quad r_{\lim} \approx 42°$$

Il y aura toujours réflexion totale pour $\boldsymbol{A > 84°}$.

6- Nous dérivons la déviation par rapport à l'angle d'incidence, l'angle du prisme et l'indice étant constants c'est à dire que le prisme est invariable et que la longueur d'onde est fixée. Il vient, d'après la relation (1) :

$$\frac{dD}{di} = 1 + \frac{di'}{di}$$

En tenant compte des relations de Snell-Descartes pour la réfraction

$$\cos i' \frac{di'}{dr'} = n \cos r' \quad \Rightarrow \quad \frac{di'}{dr'} = \frac{n \cos r'}{\cos i'}$$

$$1 + \frac{dr'}{dr} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dr'}{dr} = -1$$

$$\cos i = n \cos r \frac{dr}{di} \quad \Rightarrow \quad \frac{dr}{di} = \frac{\cos i}{n \cos r}$$

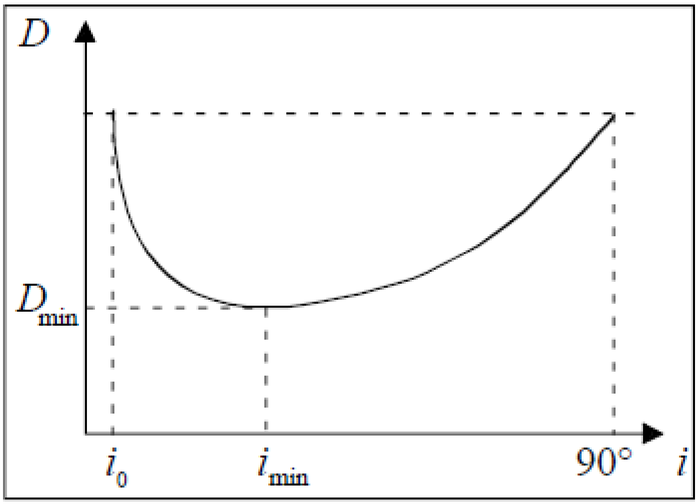
$$\frac{di'}{di} = \frac{di'}{dr'}\frac{dr'}{dr}\frac{dr}{di} = \frac{n \cos r'}{\cos i'}(-1)\frac{\cos i}{n \cos r} = -\frac{\cos r' \cos i}{\cos i' \cos r}$$

$$\frac{dD}{di} = 1 - \frac{\cos r' \cos i}{\cos i' \cos r}$$

Tableau de signe et de variation

i	i_0	$i = i' = i_{min}$	$90°$
$\frac{dD}{di}$	$-\infty$ -	0	+ +1
D	↘	D_{min}	↗

Représentation graphique



Calcul de la déviation minimale

$$i = i' = i_{min}$$

$$D_{min} = 2i_{min} - A \quad \Leftrightarrow \quad i_{min} = \frac{D_{min} + A}{2}$$

$$r = r' = r_{min} \quad \Leftrightarrow \quad A = 2r_{min} \quad \Leftrightarrow \quad r_{min} = \frac{A}{2}$$

$$\sin i_{min} = n \sin r_{min} \quad \Leftrightarrow \quad \sin \frac{D_{min} + A}{2} = n \sin \frac{A}{2}$$