



simulationconcours.be



Physique

Carnet d'entraînement



La loi de Snell–Descartes

Lois de la réflexion et de la réfraction · Mécanique 2 — des exercices calibrés concours, du plus simple au plus retors.

43 exercices

3 niveaux

corrigés détaillés

Comment bosser ce carnet

- ✓ Lis d'abord le tutoriel : la mécanique y est expliquée pas à pas
- ✓ Fais chaque niveau en entier **avant** d'ouvrir les corrigés
- ✓ Note à côté de chaque exo : réussi, hésité ou raté — et rejoue les ratés 48 h plus tard



simulationconcours.be

scanne & continue en ligne

Sommaire

- 1 Le tutoriel — la mécanique expliquée
- 2 Les exercices Facile x15 · Moyen x15 · Difficile x13
- 3 Les corrigés détaillés exercice par exercice

Le tutoriel

Ce document est un **carnet d'exercices** : on t'explique d'abord la mécanique, puis tu la travailles sur 43 exercices classés en trois niveaux. Les corrigés détaillés t'attendent en deuxième partie, après la page « Corrigés » — pas avant de l'avoir mérité.

🔑 À RETENIR la loi de la réfraction

Quand un rayon passe d'un milieu 1 (indice n_1) à un milieu 2 (indice n_2), il traverse le *dioptre* en **changeant de direction**. L'angle d'incidence $\hat{i}_1$ et l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ (tous deux mesurés **par rapport à la normale**) vérifient :

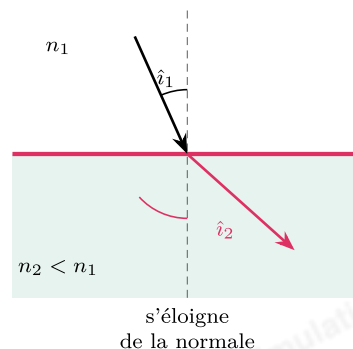
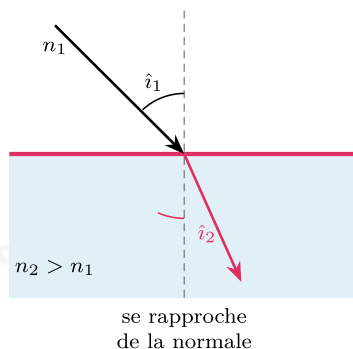
$$n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$$

Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale sont dans un même plan.

🔑 À RETENIR dans quel sens le rayon est-il dévié ?

Réécrivons la loi sous la forme $\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \hat{i}_1$:

- si $n_2 > n_1$ (on entre dans un milieu *plus* réfringent) : $\hat{i}_2 < \hat{i}_1$, le rayon **se rapproche de la normale** ;
- si $n_2 < n_1$ (milieu *moins* réfringent) : $\hat{i}_2 > \hat{i}_1$, le rayon **s'éloigne de la normale**.



☞ **MÉTHODE** *calculer un angle de réfraction*

- 1 **Tracer la normale** et vérifier que l'angle donné est bien mesuré par rapport à elle (sinon convertir : $\hat{i} = 90^\circ - (\text{angle avec le dioptre})$).
- 2 **Isoler** l'inconnue : $\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2}$.
- 3 **Calculer** $\hat{i}_2 = \arcsin(\dots)$.
- 4 **Vérifier le sens** : le rayon doit se rapprocher de la normale si $n_2 > n_1$, s'en éloigner si $n_2 < n_1$.

💡 **EXEMPLE** *air → verre*

Air ($n_1 = 1$) vers verre ($n_2 = 1,5$), incidence $\hat{i}_1 = 50^\circ$:

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{1 \times \sin 50^\circ}{1,5} = \frac{0,766}{1,5} = 0,511 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,511) \approx 30.7^\circ.$$

On entre dans un milieu plus réfringent : $\hat{i}_2 < \hat{i}_1$, cohérent.

⚠ **PIÈGE** *deux fautes classiques*

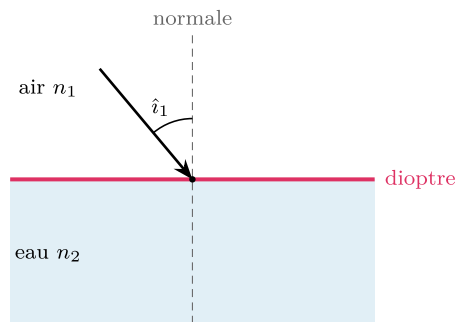
- **Angle mal repéré** : un angle « à 40° du dioptre » vaut $\hat{i} = 50^\circ$ par rapport à la normale. On mesure toujours *par rapport à la normale*.
- **Rapport à l'envers** : la loi s'écrit $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$. Une valeur $\sin \hat{i}_2 > 1$ n'est pas une erreur de calcul : elle signale qu'il n'y a *pas* de réfraction (réflexion totale, voir Thème 4).

Les exercices

FACILE 15 exercices

Exo 1 air vers eau

Un rayon lumineux passe de l'air ($n_1 = 1$) à l'eau ($n_2 = 1,33$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 40^\circ$ (mesuré par rapport à la normale).



a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ?

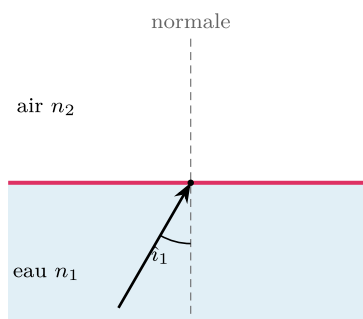
Exo 2 air vers verre

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) au verre ($n_2 = 1,5$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 60^\circ$.

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

Exo 3 eau vers air

Un rayon part du fond d'un bassin et passe de l'eau ($n_1 = 1,33$) à l'air ($n_2 = 1$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 30^\circ$.



a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ dans l'air.

b)

Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ?

Exo 4 retrouver l'angle d'incidence

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) au verre ($n_2 = 1,5$). On mesure un angle de réfraction $\hat{i}_2 = 28^\circ$.

Quel était l'angle d'incidence $\hat{i}_1$?

Exo 5 angle donné par rapport au dioptre

Un rayon arrive sur la surface d'un bloc de verre ($n_2 = 1,5$) en faisant un angle de 35° avec le dioptre (la surface). Le milieu de départ est l'air ($n_1 = 1$).

a)

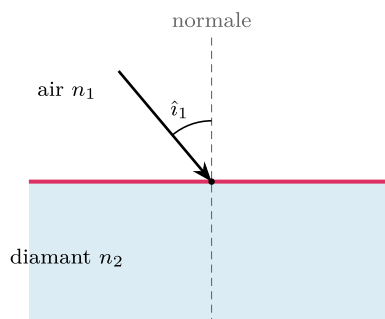
Quel est l'angle d'incidence $\hat{i}_1$ (par rapport à la normale) ?

b)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

Exo 6 air vers diamant

Un rayon lumineux passe de l'air ($n_1 = 1$) au diamant ($n_2 = 2,42$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 40^\circ$.



a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ?

Exo 7 eau vers verre

Un rayon passe de l'eau ($n_1 = 1,33$) au verre ($n_2 = 1,5$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 45^\circ$.

a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ? Justifie par les indices.

Exo 8 verre vers air

Un rayon passe du verre ($n_1 = 1,5$) à l'air ($n_2 = 1$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 25^\circ$.

a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ?

Exo 9 prévoir le sens sans calculer

On donne les indices : air $n = 1$, eau $n = 1,33$, verre $n = 1,5$, diamant $n = 2,42$. Pour chacun des passages suivants, dis *sans calcul* si le rayon **se rapproche** ou **s'éloigne** de la normale.

a)

de l'air vers l'eau ;

b)

du verre vers l'eau ;

c)

de l'eau vers l'air ;

d)

de l'air vers le diamant.

Exo 10 angle donné par rapport au dioptre (eau vers air)

Un rayon part du fond d'un bassin et arrive sur la surface eau/air en faisant un angle de 50° avec le dioptre. On donne $n_{\text{eau}} = 1,33$ et $n_{\text{air}} = 1$.

a)

Quel est l'angle d'incidence $\hat{i}_1$ (par rapport à la normale) ?

b)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ dans l'air.

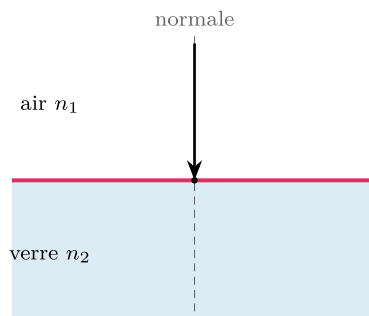
Exo 11 retrouver l'indice de départ

Un rayon passe d'un milieu transparent inconnu vers l'air ($n_2 = 1$). On mesure, dans le milieu de départ, un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 30^\circ$ et, dans l'air, un angle de réfraction $\hat{i}_2 = 47^\circ$.

Détermine l'indice n_1 du milieu de départ.

Exo 12 incidence normale

Un rayon arrive **perpendiculairement** à la surface d'un bloc de verre ($n_2 = 1,5$) : son angle d'incidence est $\hat{i}_1 = 0^\circ$. Le milieu de départ est l'air ($n_1 = 1$).



a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Le rayon est-il dévié en entrant dans le verre ?

Exo 13 identifier un liquide

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) à un liquide transparent. On mesure un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 50^\circ$ et un angle de réfraction $\hat{i}_2 = 35^\circ$.

a)

Détermine l'indice de réfraction n_2 du liquide.

b)

À l'aide des valeurs usuelles, de quel liquide s'agit-il vraisemblablement ?

Exo 14 diamant vers air

Un rayon se propage dans un diamant ($n_1 = 2,42$) et sort dans l'air ($n_2 = 1$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 15^\circ$.

a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ?

Exo 15 un rayon qui sort de l'eau

Un plongeur allume une lampe sous l'eau ($n_1 = 1,33$). Le rayon sort dans l'air ($n_2 = 1$) et on observe, *dans l'air*, un angle de réfraction $\hat{i}_2 = 60^\circ$ par rapport à la normale.

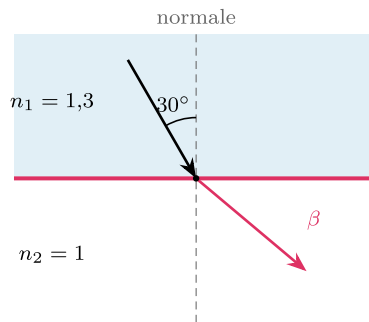
Quel était l'angle d'incidence $\hat{i}_1$ du rayon dans l'eau ?

MOYEN

15 exercices

Exo 1 l'angle mesuré par rapport au dioptre

Un rayon lumineux se propage dans un milieu d'indice $n_1 = 1,3$ et pénètre dans un milieu d'indice $n_2 = 1$. L'angle d'incidence vaut 30° (par rapport à la normale). On cherche l'angle β que fait le rayon réfracté **avec le dioptre** (et non avec la normale).



a)

Calcule d'abord l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ mesuré par rapport à la normale.

b)

Déduis-en l'angle β mesuré par rapport au dioptre.

Exo 2 verre vers eau

Un rayon passe du verre ($n_1 = 1,5$) à l'eau ($n_2 = 1,33$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 40^\circ$.

a)

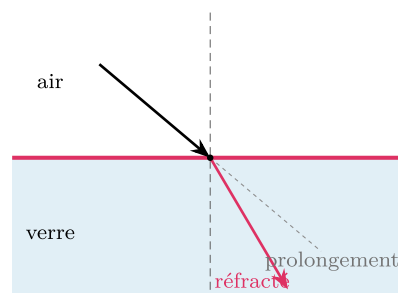
Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ? Justifie par les indices.

Exo 3 l'angle de déviation

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) au verre ($n_2 = 1,5$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 50^\circ$. On appelle *déviation* D l'angle entre la direction qu'aurait suivie le rayon sans le dioptre (le prolongement du rayon incident) et le rayon réfracté réel.



a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Déduis-en la déviation D du rayon.

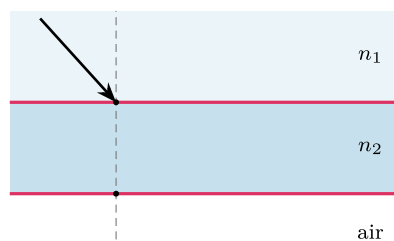
Exo 4 identifier un milieu inconnu

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) à un liquide transparent inconnu. On mesure un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 45^\circ$ et un angle de réfraction $\hat{i}_2 = 30^\circ$.

Détermine l'indice de réfraction n_2 du liquide.

Exo 5 choisir le bon tracé

Un rayon lumineux traverse successivement un milieu n_1 , puis un milieu *plus réfringent* $n_2 > n_1$, puis ressort dans l'air ($n \approx 1$). Les faces successives sont parallèles.



Sans calcul, décris qualitativement le trajet : à chaque interface, le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ? L'angle final dans l'air est-il plus grand ou plus petit que l'angle initial dans n_1 ? Justifie.

Exo 6 déviation en sortant de l'eau

Un rayon passe de l'eau ($n_1 = 1,33$) à l'air ($n_2 = 1$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 35^\circ$. On appelle *déviation* D l'angle entre le prolongement du rayon incident et le rayon réfracté réel.

a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

b)

Déduis-en la déviation D du rayon. Est-elle égale à $\hat{i}_1 - \hat{i}_2$ ou à $\hat{i}_2 - \hat{i}_1$? Justifie par le sens de la déviation.

Exo 7 air vers diamant : angle avec le dioptre

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) au diamant ($n_2 = 2,42$) sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 60^\circ$.

a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ (par rapport à la normale).

b)

Déduis-en l'angle β que fait le rayon réfracté **avec le dioptre**.

Exo 8 étalonner puis prévoir

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) à un verre inconnu. Une première mesure donne $\hat{i}_1 = 55^\circ$ et $\hat{i}_2 = 40^\circ$.

a)

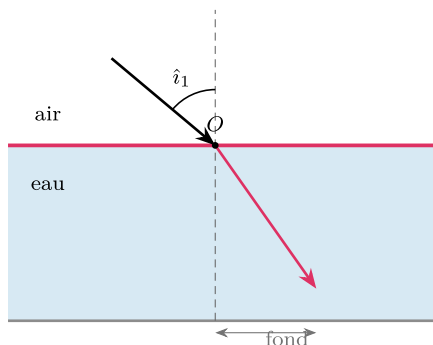
Détermine l'indice n_2 du verre.

b)

À l'aide de cette valeur, prévois l'angle de réfraction $\hat{i}'_2$ pour un nouveau rayon arrivant cette fois sous $\hat{i}'_1 = 30^\circ$.

Exo 9 le point d'impact au fond du bassin

Un rayon laser arrive de l'air ($n_1 = 1$) sur la surface d'un bassin d'eau ($n_2 = 1,33$) au point O , sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 50^\circ$. La profondeur du bassin est $h = 1.2 \text{ m}$. On cherche à quelle distance horizontale x du point O le rayon atteint le fond.



a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ dans l'eau.

b)

Déduis-en la distance horizontale $x = h \tan \hat{i}_2$.

Exo 10 le rayon réfracté donné par rapport au dioptre

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) au verre ($n_2 = 1,5$). On observe que le **rayon réfracté** fait un angle de 68° **avec le dioptre**.

a)

Quel est l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ (par rapport à la normale) ?

b)

Retrouve l'angle d'incidence $\hat{i}_1$.

Exo 11 indice relatif et retour inverse

Un rayon passe d'un milieu A à un milieu B sous un angle d'incidence $\hat{i}_A = 45^\circ$; l'angle de réfraction mesuré est $\hat{i}_B = 28^\circ$.

a)

Calcule le rapport des indices n_B/n_A .

b)

On envoie maintenant un rayon de B vers A sous une incidence 28° . Montre, sans connaître n_A ni n_B séparément, que le rayon ressort dans A sous 45° (principe du retour inverse de la lumière).

Exo 12 la vitre à faces parallèles : angles

Un rayon issu de l'air ($n = 1$) arrive sur une vitre en verre ($n = 1,5$) à faces parallèles sous une incidence $\hat{i}_1 = 45^\circ$.

a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{r}$ à l'intérieur de la vitre (première face).

b)

Calcule l'angle $\hat{i}'_1$ sous lequel le rayon ressort dans l'air (deuxième face) et conclus sur la direction du rayon émergent par rapport au rayon incident.

Exo 13 l'angle de réfraction maximal

Lorsqu'un rayon entre dans un milieu *plus* réfringent, la réfraction a toujours lieu, mais l'angle réfracté ne peut pas dépasser une valeur maximale $\hat{r}_{\max}$, atteinte pour un rayon incident **rasant** ($\hat{i}_1 \rightarrow 90^\circ$).

a)

Détermine $\hat{r}_{\max}$ pour un passage de l'air ($n_1 = 1$) vers l'eau ($n_2 = 1,33$).

b)

Détermine $\hat{r}_{\max}$ pour un passage de l'air ($n_1 = 1$) vers le diamant ($n_2 = 2,42$).

Exo 14 conversion, réfraction et déviation

Un rayon arrive de l'air ($n_1 = 1$) sur un bloc de verre ($n_2 = 1,5$) en faisant un angle de 25° **avec le dioptr**.

a)

Détermine l'angle d'incidence $\hat{i}_1$.

b)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

c)

Déduis-en la déviation $D = \hat{i}_1 - \hat{i}_2$ subie par le rayon.

Exo 15 l'indice à partir de la déviation

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) à un verre inconnu sous un angle d'incidence $\hat{i}_1 = 50^\circ$. On mesure une déviation $D = 18^\circ$ (le rayon est rabattu vers la normale).

a)

Déduis-en l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

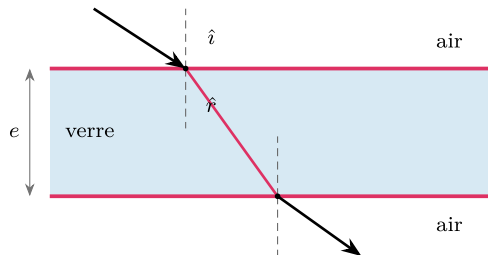
b)

Calcule l'indice n_2 du verre.

DIFFICILE 13 exercices

Exo 1 la lame de verre à faces parallèles

Un rayon lumineux traverse une lame de verre ($n = 1,5$) à **faces parallèles**, d'épaisseur $e = 4$ cm, entourée d'air. Il arrive sur la première face sous un angle d'incidence $\hat{i} = 60^\circ$.



a)

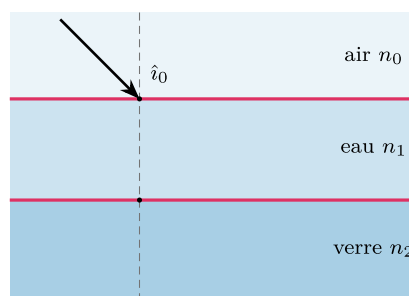
Montre que le rayon émergent est **parallèle** au rayon incident ($\hat{i}' = \hat{i}$).

b)

L'angle de réfraction dans le verre est $\hat{r}$ tel que $\sin \hat{r} = \sin \hat{i} / n$. Sachant que le décalage latéral du rayon vaut $d = \frac{e \sin(\hat{i} - \hat{r})}{\cos \hat{r}}$, calcule d .

Exo 2 un empilement de couches parallèles

Un rayon issu de l'air ($n_0 = 1$) sous une incidence $\hat{i}_0 = 50^\circ$ traverse une couche d'eau ($n_1 = 1,33$), puis un bloc de verre ($n_2 = 1,5$). Les trois interfaces sont **parallèles**.



a)

Calcule l'angle du rayon dans l'eau.

b)

Calcule l'angle du rayon dans le verre.

c)

Montre que l'angle dans le verre ne dépend *pas* de la présence de la couche d'eau. Que faut-il connaître pour prévoir l'angle final ?

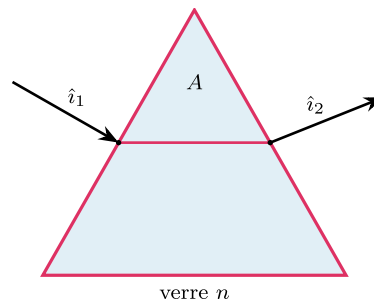
Exo 3 imposer la déviation

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) au verre ($n_2 = 1,5$). On souhaite que la déviation $D = \hat{i}_1 - \hat{i}_2$ du rayon soit exactement égale à 20° .

En posant $\hat{i}_2 = \hat{i}_1 - 20^\circ$ dans la loi de Snell–Descartes, détermine l'angle d'incidence $\hat{i}_1$. (Indication : développe $\sin(\hat{i}_1 - 20^\circ)$ puis regroupe pour obtenir $\tan \hat{i}_1$.)

Exo 4 la marche du rayon dans un prisme

Un prisme en verre ($n = 1,5$) a un angle au sommet $A = 60^\circ$. Un rayon arrive sur la première face sous une incidence $\hat{i}_1 = 50^\circ$. On note r_1 et r_2 les angles de réfraction *internes* sur la première et la seconde face, et $\hat{i}_2$ l'angle d'émergence.



a)

Calcule r_1 à la première face (air $\rightarrow$ verre).

b)

Un résultat de géométrie du prisme donne $r_1 + r_2 = A$. Dédus-en r_2 .

c)

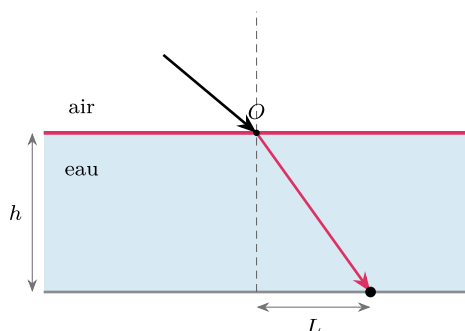
Calcule l'angle d'émergence $\hat{i}_2$ à la seconde face (verre $\rightarrow$ air).

d)

Calcule la déviation totale $D = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - A$.

Exo 5 viser une pièce au fond de la piscine

Une pièce de monnaie repose au fond d'une piscine de profondeur $h = 2.0 \text{ m}$. Un rayon issu de l'air ($n_1 = 1$) pénètre dans l'eau ($n_2 = 1,33$) au point O de la surface et doit atteindre la pièce, située à la distance horizontale $L = 1.5 \text{ m}$ de la verticale de O .



a)

Par la géométrie du triangle sous l'eau, détermine l'angle de réfraction $\hat{i}_2$.

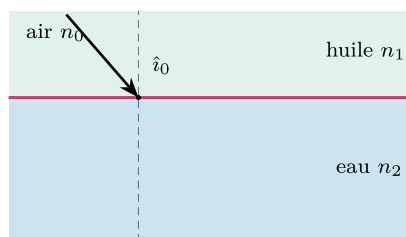
b)

Déduis-en l'angle d'incidence $\hat{i}_1$ que doit avoir le ray dans l'air.

Exo 6

deux liquides superposés

Une cuve contient une couche d'huile ($n_1 = 1,47$, épaisseur $e_1 = 3 \text{ cm}$) flottant sur une couche d'eau ($n_2 = 1,33$, épaisseur $e_2 = 4 \text{ cm}$). Un rayon issu de l'air ($n_0 = 1$) pénètre au sommet de l'huile sous une incidence $\hat{i}_0 = 50^\circ$. Les interfaces sont horizontales et parallèles.



a)

Calcule l'angle θ_1 du ray dans l'huile, puis son décalage horizontal en traversant l'huile.

b)

Calcule l'angle θ_2 du ray dans l'eau, puis son décalage horizontal en traversant l'eau.

c)

Déduis-en le décalage horizontal **total** entre le point d'entrée (au sommet de l'huile) et le point d'arrivée au fond de l'eau.

Exo 7

le minimum de déviation d'un prisme

On étudie un prisme d'angle au sommet $A = 60^\circ$. En faisant tourner le prisme, on constate que la déviation D passe par un **minimum** $D_{\min} = 40^\circ$. On admet qu'au minimum de déviation la marche du ray est *symétrique*: $\hat{i}_1 = \hat{i}_2$ et $r_1 = r_2 = A/2$.

a)

À partir de $D = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - A$ et de la symétrie, exprime $\hat{i}_1$ en fonction de A et $D_{\min}$, puis calcule sa valeur.

b)

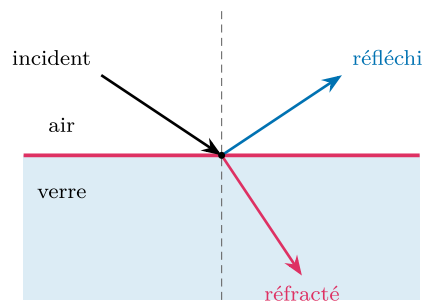
Sachant que $r_1 = A/2$, applique la loi de Snell–Descartes à la première face pour déterminer l'indice n du verre.

c)

Vérifie que $n = \frac{\sin((A+D_{\min})/2)}{\sin(A/2)}$ redonne la même valeur.

Exo 8 quand le réfracté est perpendiculaire au réfléchi

Un rayon arrive de l'air ($n_1 = 1$) sur du verre ($n_2 = 1,5$). Pour une certaine incidence $\hat{i}_1$, on observe que le **rayon réfléchi** et le **rayon réfracté** sont *exactement perpendiculaires*.



a)

Le rayon réfléchi repart sous l'angle $\hat{i}_1$ de l'autre côté de la normale. En écrivant que l'angle entre réfléchi et réfracté vaut 90° , montre que $\hat{i}_1 + \hat{i}_2 = 90^\circ$.

b)

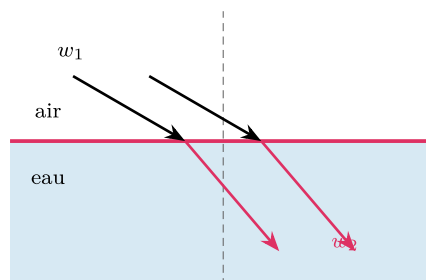
En reportant $\hat{i}_2 = 90^\circ - \hat{i}_1$ dans la loi de Snell–Descartes, montre que $\tan \hat{i}_1 = n_2$.

c)

Calcule $\hat{i}_1$ et $\hat{i}_2$.

Exo 9 la largeur d'un faisceau réfracté

Un faisceau parallèle de lumière, de largeur $w_1 = 2 \text{ cm}$, arrive de l'air ($n_1 = 1$) sur l'eau ($n_2 = 1,33$) sous une incidence $\hat{i}_1 = 60^\circ$. Les deux bords du faisceau frappent la surface sur une même bande, puis se réfractent.



a)

Justifie que les deux bords du faisceau restent parallèles après réfraction.

b)

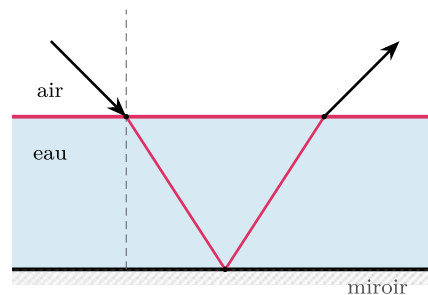
On note $\hat{i}_2$ l'angle réfracté. En considérant la bande éclairée à la surface, montre que $w_2 = w_1 \frac{\cos \hat{i}_2}{\cos \hat{i}_1}$.

c)

Calcule $\hat{i}_2$ puis la largeur w_2 du faisceau dans l'eau.

Exo 10 aller-retour sur un miroir immergé

Un rayon arrive de l'air ($n_1 = 1$) sur un bassin d'eau ($n_2 = 1,33$) de profondeur $h = 1.0$ m, sous une incidence $\hat{i}_1 = 45^\circ$. Un miroir horizontal tapisse le fond : le rayon s'y réfléchit, remonte et ressort dans l'air.



a)

Calcule l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ dans l'eau.

b)

Détermine la distance horizontale entre le point d'entrée et le point de sortie du rayon à la surface.

c)

Sous quel angle le rayon ressort-il dans l'air ? Justifie.

Exo 11 une réfraction sur mesure

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1$) au verre ($n_2 = 1,5$). On veut que l'angle de réfraction soit exactement la **moitié** de l'angle d'incidence : $\hat{i}_2 = \hat{i}_1/2$.

a)

Écris la loi de Snell–Descartes correspondante sous la forme $\sin \hat{i}_1 = n_2 \sin(\hat{i}_1/2)$.

b)

En utilisant $\sin \hat{i}_1 = 2 \sin(\hat{i}_1/2) \cos(\hat{i}_1/2)$, montre que $\cos(\hat{i}_1/2) = n_2/2$.

c)

Calcule $\hat{i}_1$ et $\hat{i}_2$.

Exo 12 un rayon dans un milieu à couches (mirage)

On modélise l'atmosphère par des couches horizontales d'indice croissant. Un rayon part de la couche 0 ($n_0 = 1,00$) sous un angle $\hat{i}_0 = 70^\circ$ (mesuré par rapport à la verticale, qui joue le rôle de normale) et traverse

les couches $n_1 = 1,10$, $n_2 = 1,20$, $n_3 = 1,30$.

a)

Montre qu'à la traversée de couches parallèles la quantité $n \sin \theta$ se conserve, et écris l'invariant.

b)

Calcule les angles θ_1 , θ_2 , θ_3 du rayon dans chaque couche.

c)

Le rayon se redresse-t-il (se rapproche de la verticale) ou se couche-t-il de plus en plus ? Interprète physiquement.

Exo 13 déterminer un indice par plusieurs mesures

On mesure, pour un passage air ($n_1 = 1$) → verre, l'angle de réfraction $\hat{i}_2$ pour trois angles d'incidence :

$\hat{i}_1$	20	40	60
$\hat{i}_2$	13.2	25.4	35.3

a)

Pour chaque mesure, calcule $n = \frac{\sin \hat{i}_1}{\sin \hat{i}_2}$ et vérifie la cohérence des résultats.

b)

En retenant la valeur moyenne de n , prévois l'angle de réfraction pour $\hat{i}_1 = 75^\circ$.

c)

Détermine l'angle de réfraction maximal $\hat{r}_{\max}$ (rayon rasant, $\hat{i}_1 \rightarrow 90^\circ$).



DEUXIÈME PARTIE

Corrigés

Chaque exercice repris pas à pas, niveau par niveau.
Compare ta démarche, pas seulement ton résultat.





Une seconde – avant d'ouvrir le corrigé...



Si ce carnet t'aide, rends-nous la pareille : parle de simulationconcours.be à quelqu'un qui prépare le concours.
C'est comme ça qu'on peut continuer.

Ce qu'on a préparé pour toi

- ✓ Ce carnet en interactif, avec correction en un clic
- ✓ Les cours complets, chapitre par chapitre – gratuits
- ✓ 3100 QCM type concours, corrigés et expliqués
- ✓ Des fiches de révision à imprimer

Tous les jeudis : simulation du concours en ligne

En conditions réelles – chrono, QCM type concours et score immédiat.



Rejoins-nous sur simulationconcours.be

scanne le QR ou tape l'adresse – puis reviens vérifier tes réponses

Les corrigés

FACILE 15 exercices

Exo 1 air vers eau

Loi de Snell–Descartes : $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$.

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1 \times \sin 40^\circ}{1,33} = \frac{0,643}{1,33} = 0,483, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,483) \approx 28.9^\circ.$$

b)

L'eau est plus réfringente que l'air ($n_2 > n_1$) : le rayon **se rapproche** de la normale ($\hat{i}_2 < \hat{i}_1$). Cohérent : $28.9^\circ < 40^\circ$.

Exo 2 air vers verre

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{1 \times \sin 60^\circ}{1,5} = \frac{0,866}{1,5} = 0,577 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,577) \approx 35.3^\circ.$$

Le rayon se rapproche de la normale ($n_2 > n_1$).

Exo 3 eau vers air

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1,33 \times \sin 30^\circ}{1} = 1,33 \times 0,5 = 0,665, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,665) \approx 41.7^\circ.$$

b)

L'air est moins réfringent que l'eau ($n_2 < n_1$) : le rayon **s'éloigne** de la normale ($\hat{i}_2 > \hat{i}_1$). Cohérent : $41.7^\circ > 30^\circ$.

Exo 4 retrouver l'angle d'incidence

On isole $\hat{i}_1$: $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$, donc

$$\sin \hat{i}_1 = \frac{n_2 \sin \hat{i}_2}{n_1} = \frac{1,5 \times \sin 28^\circ}{1} = 1,5 \times 0,469 = 0,704 \Rightarrow \hat{i}_1 = \arcsin(0,704) \approx 44.8^\circ.$$

On vérifie $\hat{i}_1 > \hat{i}_2$: normal, on entrait dans un milieu plus réfringent.

Exo 5 angle donné par rapport au dioptre

a)

La normale est perpendiculaire au dioptre : $\hat{i}_1 = 90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$.

b)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{1 \times \sin 55^\circ}{1,5} = \frac{0,819}{1,5} = 0,546 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,546) \approx 33,1^\circ.$$

Exo 6 air vers diamant

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1 \times \sin 40^\circ}{2,42} = \frac{0,643}{2,42} = 0,266, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,266) \approx 15,4^\circ.$$

b)

Le diamant est beaucoup plus réfringent que l'air ($n_2 > n_1$) : le rayon **se rapproche** fortement de la normale. Cohérent : $15,4^\circ < 40^\circ$.

Exo 7 eau vers verre

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1,33 \times \sin 45^\circ}{1,5} = \frac{1,33 \times 0,707}{1,5} = \frac{0,940}{1,5} = 0,627, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,627) \approx 38,8^\circ.$$

b)

Le verre est plus réfringent que l'eau ($n_2 > n_1$) : le rayon **se rapproche** de la normale. Cohérent : $38,8^\circ < 45^\circ$.

Exo 8 verre vers air

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1,5 \times \sin 25^\circ}{1} = 1,5 \times 0,423 = 0,634, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,634) \approx 39,3^\circ.$$

b)

L'air est moins réfringent que le verre ($n_2 < n_1$) : le rayon **s'éloigne** de la normale. Cohérent : $39,3^\circ > 25^\circ$.

Exo 9 prévoir le sens sans calculer

Le rayon se rapproche de la normale si le milieu d'arrivée est *plus* réfringent ($n_2 > n_1$), il s'en éloigne si le milieu d'arrivée est *moins* réfringent ($n_2 < n_1$).

a)

air → eau : $1 < 1,33$, milieu plus réfringent : le rayon **se rapproche** de la normale.

b)

verre → eau : $1,5 > 1,33$, milieu moins réfringent : le rayon **s'éloigne** de la normale.

c)

eau → air : $1,33 > 1$, milieu moins réfringent : le rayon **s'éloigne** de la normale.

d)

air → diamant : $1 < 2,42$, milieu plus réfringent : le rayon **se rapproche** de la normale.

Exo 10 angle donné par rapport au dioptre (eau vers air)

a)

La normale est perpendiculaire au dioptre : $\hat{i}_1 = 90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$.

b)

$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1,33 \times \sin 40^\circ}{1} = 1,33 \times 0,643 = 0,855$, d'où $\hat{i}_2 = \arcsin(0,855) \approx 58.7^\circ$. Le rayon s'éloigne de la normale ($n_2 < n_1$), cohérent : $58.7^\circ > 40^\circ$.

Exo 11 retrouver l'indice de départ

On isole n_1 dans la loi de Snell-Descartes $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$:

$$n_1 = \frac{n_2 \sin \hat{i}_2}{\sin \hat{i}_1} = \frac{1 \times \sin 47^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0,731}{0,5} = 1,46.$$

Le milieu de départ, d'indice $n_1 \approx 1,46$, est plus réfringent que l'air, ce qui explique que le rayon se soit éloigné de la normale en sortant ($47^\circ > 30^\circ$).

Exo 12 incidence normale

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1 \times \sin 0^\circ}{1,5} = \frac{0}{1,5} = 0, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0) = 0^\circ.$$

b)

L'angle de réfraction est nul : le rayon n'est **pas dévié**. Un rayon qui arrive perpendiculairement au dioptre traverse en ligne droite, quels que soient les deux milieux.

Exo 13 identifier un liquide

a)

$$\text{On isole } n_2 : n_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{\sin \hat{i}_2} = \frac{1 \times \sin 50^\circ}{\sin 35^\circ} = \frac{0,766}{0,574} = 1,34.$$

b)

Cette valeur $n_2 \approx 1,33$ est celle de l'**eau** : le liquide est de l'eau.

Exo 14 diamant vers air

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{2,42 \times \sin 15^\circ}{1} = 2,42 \times 0,259 = 0,626, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,626) \approx 38.8^\circ.$$

b)

L'air est moins réfringent que le diamant ($n_2 < n_1$) : le rayon **s'éloigne** de la normale. Cohérent : $38.8^\circ > 15^\circ$.

Exo 15 un rayon qui sort de l'eau

On isole $\hat{i}_1$ dans $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$ (ici milieu 1 = eau, milieu 2 = air) :

$$\sin \hat{i}_1 = \frac{n_2 \sin \hat{i}_2}{n_1} = \frac{1 \times \sin 60^\circ}{1,33} = \frac{0,866}{1,33} = 0,651 \Rightarrow \hat{i}_1 = \arcsin(0,651) \approx 40.6^\circ.$$

Le rayon partait de l'eau sous $\approx 40.6^\circ$ et s'est éloigné de la normale en sortant dans l'air ($60^\circ > 40.6^\circ$), cohérent avec un passage vers un milieu moins réfringent.

MOYEN 15 exercices

Exo 1 l'angle mesuré par rapport au dioptre

a)

$n_1 \sin 30^\circ = n_2 \sin \hat{i}_2 \Rightarrow \sin \hat{i}_2 = \frac{1,3 \times \sin 30^\circ}{1} = 1,3 \times 0,5 = 0,65$, d'où $\hat{i}_2 = \arcsin(0,65) \approx 40.5^\circ$. (On part d'un milieu plus réfringent vers un moins réfringent : le rayon s'éloigne de la normale, $\hat{i}_2 > 30^\circ$, cohérent.)

b)

L'angle avec le dioptre est le complémentaire de l'angle avec la normale :

$$\beta = 90^\circ - \hat{i}_2 = 90^\circ - \arcsin(0,65) \approx 49.5^\circ.$$

Exo 2 verre vers eau

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1,5 \times \sin 40^\circ}{1,33} = \frac{1,5 \times 0,643}{1,33} = \frac{0,964}{1,33} = 0,725, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,725) \approx 46.5^\circ.$$

b)

$n_2 < n_1$ (l'eau est moins réfringente que le verre) : le rayon **s'éloigne** de la normale. Cohérent : $46.5^\circ > 40^\circ$.

Exo 3 l'angle de déviation

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{1 \times \sin 50^\circ}{1,5} = \frac{0,766}{1,5} = 0,511 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,511) \approx 30.7^\circ.$$

b)

Sans dioptre, le rayon aurait continué sous l'angle $\hat{i}_1$; il repart en réalité sous $\hat{i}_2$. La déviation est l'écart entre les deux :

$$D = \hat{i}_1 - \hat{i}_2 = 50^\circ - 30.7^\circ = 19.3^\circ.$$

(En entrant dans un milieu plus réfringent, le rayon est « rabattu » vers la normale de D .)

Exo 4 identifier un milieu inconnu

On isole n_2 dans la loi de Snell–Descartes :

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{\sin \hat{i}_2} = \frac{1 \times \sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0,707}{0,5} = 1,41 (\approx \sqrt{2}).$$

Le liquide a un indice $n_2 \approx 1,41$: plus réfringent que l'air, ce qui explique bien que le rayon se soit rapproché de la normale ($30^\circ < 45^\circ$).

Exo 5 choisir le bon tracé

- À la 1 interface ($n_1 \rightarrow n_2$, plus réfringent) : le rayon **se rapproche** de la normale.
- À la 2 interface ($n_2 \rightarrow$ air, moins réfringent) : le rayon **s'éloigne** de la normale.

Les faces étant parallèles, l'invariant $n \sin \hat{i}$ se conserve : $n_1 \sin \hat{i}_1 = 1 \times \sin \hat{i}_{\text{air}}$, donc $\sin \hat{i}_{\text{air}} = n_1 \sin \hat{i}_1 > \sin \hat{i}_1$ (car $n_1 > 1$). L'angle final dans l'air est donc **plus grand** que l'angle initial dans n_1 : le rayon ressort plus incliné qu'il n'est entré, la couche intermédiaire n_2 ne modifie pas cette conclusion.

Exo 6 déviation en sortant de l'eau

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{1,33 \times \sin 35^\circ}{1} = 1,33 \times 0,574 = 0,763, \text{ d'où } \hat{i}_2 = \arcsin(0,763) \approx 49.7^\circ.$$

b)

On passe vers un milieu *moins* réfringent : le rayon s'éloigne de la normale, donc $\hat{i}_2 > \hat{i}_1$ et la déviation vaut

$$D = \hat{i}_2 - \hat{i}_1 = 49.7^\circ - 35^\circ = 14.7^\circ.$$

Exo 7 air vers diamant : angle avec le dioptre

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{1 \times \sin 60^\circ}{2,42} = \frac{0,866}{2,42} = 0,358 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,358) \approx 21.0^\circ. \text{ (Le diamant étant très réfringent, le rayon se rapproche fortement de la normale.)}$$

b)

L'angle avec le dioptre est le complémentaire de l'angle avec la normale :

$$\beta = 90^\circ - \hat{i}_2 = 90^\circ - 21.0^\circ = 69.0^\circ.$$

Exo 8 étalonner puis prévoir

a)

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{\sin \hat{i}_2} = \frac{\sin 55^\circ}{\sin 40^\circ} = \frac{0,819}{0,643} = 1,27.$$

b)

$$\text{Avec ce même verre : } \sin \hat{i}'_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}'_1}{n_2} = \frac{\sin 30^\circ}{1,27} = \frac{0,5}{1,27} = 0,394 \Rightarrow \hat{i}'_2 = \arcsin(0,394) \approx 23.1^\circ.$$

Exo 9 le point d'impact au fond du bassin

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{\sin 50^\circ}{1,33} = \frac{0,766}{1,33} = 0,576 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,576) \approx 35.2^\circ.$$

b)

Le rayon réfracté descend en ligne droite dans l'eau ; le triangle rectangle formé avec la verticale donne

$$x = h \tan \hat{i}_2 = 1.2 \text{ m} \times \tan 35.2^\circ = 1,2 \times 0,705 \approx 0.85 \text{ m}.$$

Exo 10 le rayon réfracté donné par rapport au dioptre

a)

L'angle avec la normale est le complémentaire de l'angle avec le dioptre : $\hat{i}_2 = 90^\circ - 68^\circ = 22^\circ$.

b)

$$n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2 \Rightarrow \sin \hat{i}_1 = 1,5 \times \sin 22^\circ = 1,5 \times 0,375 = 0,562, \text{ d'où } \hat{i}_1 = \arcsin(0,562) \approx 34.2^\circ.$$

Exo 11 indice relatif et retour inverse

a)

$$n_A \sin \hat{i}_A = n_B \sin \hat{i}_B \Rightarrow \frac{n_B}{n_A} = \frac{\sin \hat{i}_A}{\sin \hat{i}_B} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 28^\circ} = \frac{0,707}{0,469} = 1,51.$$

b)

Pour le passage $B \rightarrow A$ sous 28° : $n_B \sin 28^\circ = n_A \sin \hat{i}$, soit $\sin \hat{i} = \frac{n_B}{n_A} \sin 28^\circ = 1,51 \times 0,469 = 0,707 = \sin 45^\circ$. Donc $\hat{i} = 45^\circ$: le rayon reprend exactement le trajet inverse, c'est le **retour inverse de la lumière**.

Exo 12 la vitre à faces parallèles : angles

a)

Première face (air $\rightarrow$ verre) : $\sin \hat{r} = \frac{\sin 45^\circ}{1,5} = \frac{0,707}{1,5} = 0,471 \Rightarrow \hat{r} = \arcsin(0,471) \approx 28.1^\circ$.

b)

Les faces étant parallèles, l'angle d'incidence interne sur la deuxième face vaut aussi $\hat{r}$. Deuxième face (verre $\rightarrow$ air) : $\sin \hat{i}'_1 = 1,5 \sin \hat{r} = 1,5 \times 0,471 = 0,707 \Rightarrow \hat{i}'_1 = 45^\circ$. Le rayon émergent ressort sous le *même* angle qu'à l'entrée : il est **parallèle** au rayon incident (simplement décalé sur le côté).

Exo 13 l'angle de réfraction maximal

Pour un rayon rasant, $\hat{i}_1 \rightarrow 90^\circ$ donc $\sin \hat{i}_1 \rightarrow 1$, et $\sin \hat{r}_{\max} = \frac{n_1}{n_2}$.

a)

Air $\rightarrow$ eau : $\hat{r}_{\max} = \arcsin\left(\frac{1}{1,33}\right) = \arcsin(0,752) \approx 48.8^\circ$.

b)

Air $\rightarrow$ diamant : $\hat{r}_{\max} = \arcsin\left(\frac{1}{2,42}\right) = \arcsin(0,413) \approx 24.4^\circ$. (Aucun rayon réfracté ne peut faire, dans le diamant, un angle supérieur à $\approx 24.4^\circ$.)

Exo 14 conversion, réfraction et déviation

a)

$\hat{i}_1 = 90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$.

b)

$\sin \hat{i}_2 = \frac{\sin 65^\circ}{1,5} = \frac{0,906}{1,5} = 0,604 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,604) \approx 37.2^\circ$.

c)

$D = \hat{i}_1 - \hat{i}_2 = 65^\circ - 37.2^\circ = 27.8^\circ$ (le rayon entre dans un milieu plus réfringent, il est rabattu vers la normale de D).

Exo 15 l'indice à partir de la déviation

a)

Le rayon se rapproche de la normale (air $\rightarrow$ verre), donc $\hat{i}_2 = \hat{i}_1 - D = 50^\circ - 18^\circ = 32^\circ$.

b)

$n_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{\sin \hat{i}_2} = \frac{\sin 50^\circ}{\sin 32^\circ} = \frac{0,766}{0,530} = 1,45$.

DIFFICILE 13 exercices

Exo 1 la lame de verre à faces parallèles

a)

À la 1^{re} face (air → verre) : $\sin \hat{i} = n \sin \hat{r}$. Les deux faces sont parallèles, donc l'angle d'incidence *interne* sur la 2^e face est égal à $\hat{r}$ (angles alternes-internes). À la 2^e face (verre → air) : $n \sin \hat{r} = \sin \hat{i}'$. En combinant : $\sin \hat{i}' = \sin \hat{i}$, d'où $\hat{i}' = \hat{i}$: le rayon émergent est **parallèle** à l'incident.

b)

Angle dans le verre : $\sin \hat{r} = \frac{\sin 60^\circ}{1,5} = \frac{0,866}{1,5} = 0,577 \Rightarrow \hat{r} \approx 35,3^\circ$. Décalage latéral :

$$d = \frac{e \sin(\hat{i} - \hat{r})}{\cos \hat{r}} = \frac{4 \times \sin(60^\circ - 35,3^\circ)}{\cos 35,3^\circ} = \frac{4 \times \sin 24,7^\circ}{\cos 35,3^\circ} = \frac{4 \times 0,418}{0,816} \approx 2,05 \text{ cm.}$$

La lame ne change pas la direction, elle décale le rayon de $\approx 2 \text{ cm}$ sur le côté.

Exo 2 un empilement de couches parallèles

a)

Air → eau : $\sin \hat{i}_1 = \frac{n_0 \sin \hat{i}_0}{n_1} = \frac{\sin 50^\circ}{1,33} = \frac{0,766}{1,33} = 0,576 \Rightarrow \hat{i}_1 \approx 35,2^\circ$.

b)

Eau → verre : $\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2}$. Mais $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_0 \sin \hat{i}_0 = \sin 50^\circ$, donc $\sin \hat{i}_2 = \frac{\sin 50^\circ}{1,5} = 0,511 \Rightarrow \hat{i}_2 \approx 30,7^\circ$.

c)

À travers des interfaces parallèles, la quantité $n \sin \hat{i}$ se conserve :

$$n_0 \sin \hat{i}_0 = n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2.$$

L'angle dans le verre ne dépend donc que de $n_0 \sin \hat{i}_0$ et de n_2 : la couche d'eau intermédiaire n'intervient **pas**. Pour prévoir l'angle final, il suffit de connaître le *milieu de départ* et le *milieu d'arrivée* — les couches parallèles traversées entre les deux sont sans effet sur la *direction* finale.

Exo 3 imposer la déviation

On veut $D = \hat{i}_1 - \hat{i}_2 = 20^\circ$, soit $\hat{i}_2 = \hat{i}_1 - 20^\circ$. La loi de Snell–Descartes air → verre s'écrit $\sin \hat{i}_1 = 1,5 \sin \hat{i}_2$:

$$\sin \hat{i}_1 = 1,5 \sin(\hat{i}_1 - 20^\circ) = 1,5 (\sin \hat{i}_1 \cos 20^\circ - \cos \hat{i}_1 \sin 20^\circ).$$

On regroupe les termes en $\sin \hat{i}_1$ et $\cos \hat{i}_1$:

$$\sin \hat{i}_1 (1 - 1,5 \cos 20^\circ) = -1,5 \sin 20^\circ \cos \hat{i}_1.$$

Avec $\cos 20^\circ = 0,940$ et $\sin 20^\circ = 0,342$: $1 - 1,5 \times 0,940 = -0,410$, d'où

$$\tan \hat{i}_1 = \frac{1,5 \times 0,342}{0,410} = \frac{0,513}{0,410} = 1,253 \Rightarrow \boxed{\hat{i}_1 \approx 51.4^\circ}.$$

Vérification : $\hat{i}_2 = 31.4^\circ$, et $1,5 \sin 31.4^\circ = 1,5 \times 0,521 = 0,782 = \sin 51.4^\circ$. La déviation vaut bien $51.4^\circ - 31.4^\circ = 20^\circ$.

Exo 4 la marche du rayon dans un prisme

a)

Première face (air $\rightarrow$ verre) : $\sin r_1 = \frac{\sin \hat{i}_1}{n} = \frac{\sin 50^\circ}{1,5} = \frac{0,766}{1,5} = 0,511 \Rightarrow r_1 = \arcsin(0,511) \approx 30.7^\circ$.

b)

$$r_2 = A - r_1 = 60^\circ - 30.7^\circ = 29.3^\circ.$$

c)

Seconde face (verre $\rightarrow$ air) : $\sin \hat{i}_2 = n \sin r_2 = 1,5 \times \sin 29.3^\circ = 1,5 \times 0,489 = 0,734 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,734) \approx 47.2^\circ$.

d)

$$D = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - A = 50^\circ + 47.2^\circ - 60^\circ = 37.2^\circ.$$

Exo 5 viser une pièce au fond de la piscine

a)

Sous l'eau, le rayon descend en ligne droite ; le triangle rectangle (profondeur h , décalage L) donne

$$\tan \hat{i}_2 = \frac{L}{h} = \frac{1,5}{2,0} = 0,75 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arctan(0,75) \approx 36.9^\circ.$$

b)

Loi de Snell–Descartes air $\rightarrow$ eau : $\sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2 = 1,33 \times \sin 36.9^\circ = 1,33 \times 0,600 = 0,798$, d'où $\hat{i}_1 = \arcsin(0,798) \approx 52.9^\circ$.

Exo 6 deux liquides superposés

a)

Air $\rightarrow$ huile : $\sin \theta_1 = \frac{n_0 \sin \hat{i}_0}{n_1} = \frac{\sin 50^\circ}{1,47} = \frac{0,766}{1,47} = 0,521 \Rightarrow \theta_1 \approx 31.4^\circ$. Décalage dans l'huile : $x_1 = e_1 \tan \theta_1 = 3 \times \tan 31.4^\circ = 3 \times 0,611 \approx 1.83 \text{ cm}$.

b)

Huile $\rightarrow$ eau : $\sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$. Or $n_1 \sin \theta_1 = n_0 \sin \hat{i}_0 = \sin 50^\circ$, donc $\sin \theta_2 = \frac{\sin 50^\circ}{1,33} = 0,576 \Rightarrow \theta_2 \approx 35,2^\circ$. Décalage dans l'eau : $x_2 = e_2 \tan \theta_2 = 4 \times \tan 35,2^\circ = 4 \times 0,705 \approx 2,82$ cm.

c)

Décalage horizontal total : $x = x_1 + x_2 \approx 1,83 + 2,82 \approx 4,65$ cm.

Exo 7 le minimum de déviation d'un prisme

a)

Avec $\hat{i}_1 = \hat{i}_2$, $D = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - A = 2\hat{i}_1 - A$, d'où

$$\hat{i}_1 = \frac{A + D_{\min}}{2} = \frac{60^\circ + 40^\circ}{2} = 50^\circ.$$

b)

À la première face, $r_1 = A/2 = 30^\circ$ et $\sin \hat{i}_1 = n \sin r_1$, donc

$$n = \frac{\sin \hat{i}_1}{\sin r_1} = \frac{\sin 50^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0,766}{0,5} = 1,53.$$

c)

$$\frac{\sin((A+D_{\min})/2)}{\sin(A/2)} = \frac{\sin 50^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0,766}{0,5} = 1,53 : \text{même valeur, } n \approx 1,53.$$

Exo 8 quand le réfracté est perpendiculaire au réfléchi

a)

Le rayon réfléchi fait un angle $\hat{i}_1$ avec la normale (côté air), le réfracté un angle $\hat{i}_2$ de l'autre côté. Autour du point d'incidence, la normale sépare ces deux rayons ; l'angle entre eux vaut $180^\circ - \hat{i}_1 - \hat{i}_2$. Il est droit : $180^\circ - \hat{i}_1 - \hat{i}_2 = 90^\circ$, soit $\hat{i}_1 + \hat{i}_2 = 90^\circ$.

b)

Snell–Descartes : $\sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2 = n_2 \sin(90^\circ - \hat{i}_1) = n_2 \cos \hat{i}_1$, d'où $\frac{\sin \hat{i}_1}{\cos \hat{i}_1} = \tan \hat{i}_1 = n_2$.

c)

$\hat{i}_1 = \arctan(1,5) \approx 56,3^\circ$ (angle de Brewster), et $\hat{i}_2 = 90^\circ - 56,3^\circ = 33,7^\circ$.

Exo 9 la largeur d'un faisceau réfracté

a)

Tous les rayons du faisceau ont la même incidence $\hat{i}_1$, donc le même angle réfracté $\hat{i}_2$ (loi de Snell). Des rayons de même direction restent parallèles : le faisceau réfracté est parallèle.

b)

La bande éclairée à la surface a une longueur ℓ commune aux deux faisceaux. La largeur d'un faisceau (mesurée perpendiculairement à sa direction) est reliée à ℓ par $w_1 = \ell \cos \hat{i}_1$ et $w_2 = \ell \cos \hat{i}_2$. En éliminant ℓ :

$$w_2 = w_1 \frac{\cos \hat{i}_2}{\cos \hat{i}_1}.$$

c)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{\sin 60^\circ}{1,33} = \frac{0,866}{1,33} = 0,651 \Rightarrow \hat{i}_2 \approx 40,6^\circ. \text{ Alors}$$

$$w_2 = 2 \times \frac{\cos 40,6^\circ}{\cos 60^\circ} = 2 \times \frac{0,759}{0,5} \approx 3,04 \text{ cm}.$$

Le faisceau s'élargit en entrant dans l'eau (il se rapproche de la normale).

Exo 10 aller-retour sur un miroir immergé

a)

$$\sin \hat{i}_2 = \frac{n_1 \sin \hat{i}_1}{n_2} = \frac{\sin 45^\circ}{1,33} = \frac{0,707}{1,33} = 0,532 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,532) \approx 32,1^\circ.$$

b)

À l'aller, le rayon parcourt horizontalement $h \tan \hat{i}_2$ pour descendre jusqu'au miroir ; au retour (réflexion symétrique), il en parcourt autant. La distance entre entrée et sortie vaut donc

$$\Delta = 2h \tan \hat{i}_2 = 2 \times 1,0 \times \tan 32,1^\circ = 2 \times 0,627 \approx 1,25 \text{ m}.$$

c)

Par symétrie, le rayon remonte vers la surface sous le même angle $\hat{i}_2$; en ressortant (eau $\rightarrow$ air) il retrouve $\hat{i}_1 = 45^\circ$. Le rayon émergent ressort donc sous **45**, parallèle au rayon incident (mais décalé de Δ).

Exo 11 une réfraction sur mesure

a)

Avec $\hat{i}_2 = \hat{i}_1/2$, la loi $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$ s'écrit $\sin \hat{i}_1 = 1,5 \sin(\hat{i}_1/2)$.

b)

En développant $\sin \hat{i}_1 = 2 \sin(\hat{i}_1/2) \cos(\hat{i}_1/2)$:

$$2 \sin(\hat{i}_1/2) \cos(\hat{i}_1/2) = 1,5 \sin(\hat{i}_1/2).$$

Comme $\sin(\hat{i}_1/2) \neq 0$, on simplifie : $\cos(\hat{i}_1/2) = \frac{1,5}{2} = 0,75$.

c)

$\hat{i}_1/2 = \arccos(0,75) \approx 41.4^\circ$, donc $\hat{i}_1 \approx 82.8^\circ$ et $\hat{i}_2 \approx 41.4^\circ$. Vérification : $\sin 82.8^\circ = 0,992$ et $1,5 \sin 41.4^\circ = 1,5 \times 0,661 = 0,992$. Cohérent.

Exo 12 un rayon dans un milieu à couches (mirage)

a)

À chaque interface (couche k vers couche $k + 1$), Snell–Descartes donne $n_k \sin \theta_k = n_{k+1} \sin \theta_{k+1}$. De proche en proche, le produit $n \sin \theta$ garde la même valeur dans toutes les couches :

$$n \sin \theta = n_0 \sin \hat{i}_0 = \sin 70^\circ = 0,940.$$

b)

$$\sin \theta_k = \frac{0,940}{n_k} :$$

$$\theta_1 = \arcsin \frac{0,940}{1,10} = \arcsin(0,854) \approx 58.7^\circ, \quad \theta_2 = \arcsin \frac{0,940}{1,20} = \arcsin(0,783) \approx 51.5^\circ,$$

$$\theta_3 = \arcsin \frac{0,940}{1,30} = \arcsin(0,723) \approx 46.3^\circ.$$

c)

L'angle avec la verticale *diminue* à chaque couche : le rayon **se redresse**, il se rapproche de la verticale en s'enfonçant dans les couches de plus en plus réfringentes (la lumière est déviée vers les milieux d'indice élevé, ce qui courbe la trajectoire).

Exo 13 déterminer un indice par plusieurs mesures

a)

$$n = \frac{\sin \hat{i}_1}{\sin \hat{i}_2} :$$

$$\frac{\sin 20^\circ}{\sin 13.2^\circ} = \frac{0,342}{0,228} = 1,50, \quad \frac{\sin 40^\circ}{\sin 25.4^\circ} = \frac{0,643}{0,429} = 1,50, \quad \frac{\sin 60^\circ}{\sin 35.3^\circ} = \frac{0,866}{0,578} = 1,50.$$

Les trois mesures donnent la même valeur : $n \approx 1,50$ (verre ordinaire).

b)

$$\text{Avec } n = 1,50 : \sin \hat{i}_2 = \frac{\sin 75^\circ}{1,5} = \frac{0,966}{1,5} = 0,644 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsin(0,644) \approx 40.1^\circ.$$

c)

Rayon rasant : $\sin \hat{r}_{\max} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{1,5} = 0,667 \Rightarrow \hat{r}_{\max} = \arcsin(0,667) \approx 41.8^\circ$.



Tous les exos cochés ? Passe au niveau réel.

+

Ce carnet est un extrait de notre bibliothèque d'entraînement — la suite se joue en ligne.

Sur simulationconcours.be

- ✓ Le même carnet en interactif, avec correction en un clic
- ✓ Les autres mécaniques de la fiche, niveau par niveau
- ✓ 3100 QCM type concours, corrigés et expliqués
- ✓ Les cours complets — gratuits — et les fiches de révision

Tous les jeudis : simulation du concours en ligne

En conditions réelles — chrono, QCM type concours et score immédiat.



Rejoins-nous sur simulationconcours.be

scanne le QR ou tape l'adresse — les cours complets sont gratuits