# Réfraction — Exercices Physique 9e HarmoS

## Exercice 1

**Indice de réfraction et vitesse de la lumière :** La lumière se propage dans le vide (et quasi à la même vitesse dans l'air) à la célérité $c = 300\,000$ km/s. Dans un milieu transparent d'indice de réfraction $n$, sa vitesse $v$ est donnée par :

$$v = \frac{c}{n}$$

1. Calculer la vitesse de la lumière dans l'**eau** ($n = 1{,}33$), dans le **verre crown** ($n = 1{,}50$) et dans le **diamant** ($n = 2{,}42$). *(Arrondir au millier de km/s près.)*
2. Un rayon lumineux parcourt 240 000 km en 1,20 s dans un liquide inconnu. Calculer la vitesse $v$ dans ce liquide, puis son indice de réfraction $n$.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 2

**Sens de déviation du rayon réfracté :** Un rayon lumineux traverse la surface de séparation plane (le *dioptre*) entre deux milieux transparents d'indices $n_1$ et $n_2$.

1. Lorsqu'un rayon passe de l'**air** ($n_1 = 1{,}00$) dans l'**eau** ($n_2 = 1{,}33$) sous un angle d'incidence $i_1 = 40°$, le rayon réfracté se **rapproche-t-il** ou s'**éloigne-t-il** de la normale ? L'angle réfracté $i_2$ est-il plus petit ou plus grand que 40° ?
2. Mêmes questions lorsque le rayon passe du **verre** ($n_1 = 1{,}50$) dans l'**air** ($n_2 = 1{,}00$) avec $i_1 = 25°$.
3. Que se passe-t-il si le rayon arrive perpendiculairement à la surface ($i_1 = 0°$) ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 3

**Calculs avec la loi de Snell–Descartes :** $n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$.

*Valeurs utiles :* $\sin(30°) = 0{,}50$ ; $\sin(41{,}7°) \approx 0{,}665$ ; $\sin(48{,}6°) \approx 0{,}75$.

1. Un rayon lumineux passe de l'air ($n_1 = 1{,}00$) dans un bloc de verre ($n_2 = 1{,}50$) avec un angle d'incidence $i_1 = 48{,}6°$. Calculer l'angle de réfraction $i_2$.
2. Un rayon lumineux sous l'eau ($n_1 = 1{,}33$) arrive vers la surface de l'air ($n_2 = 1{,}00$) avec un angle d'incidence $i_1 = 30°$. Calculer l'angle de réfraction $i_2$ dans l'air, ainsi que la déviation subie.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 4

Un élève cherche à identifier la nature d'un bloc transparent inconnu placé dans l'air ($n_1 = 1{,}00$). Il dirige un faisceau laser vers la face plane avec un angle d'incidence $i_1 = 53{,}1°$ (on donne $\sin(53{,}1°) = 0{,}80$) et mesure à l'intérieur du bloc un angle de réfraction $i_2 = 30°$ ($\sin(30°) = 0{,}50$).

1. Calculer l'indice de réfraction $n_2$ de ce matériau.
2. À l'aide du tableau ci-dessous, identifier le matériau probable et calculer la vitesse de la lumière dans celui-ci :

| Matériau | Eau | Plexiglas | Verre flint léger | Diamant |
|---|---|---|---|---|
| Indice $n$ | 1,33 | 1,49 | 1,60 | 2,42 |

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 5

**Construction géométrique de Maxwell :** On souhaite tracer graphiquement le rayon réfléchi et le rayon réfracté sans utiliser la fonction sinus ni la calculatrice, pour un rayon passant de l'**air** ($n_1 = 1{,}0$) vers le **verre** ($n_2 = 1{,}5$) au point d'incidence $I$, avec une échelle de 4 **cm pour** 1 **unité d'indice**.

1. Quels sont les rayons $R_1$ et $R_2$ des deux cercles concentriques $c_1$ et $c_2$ à tracer autour du point d'incidence $I$ ?
2. Décrire précisément les étapes de la construction de Maxwell permettant d'obtenir :
   - le point $B$ donnant la direction du **rayon réfléchi** ;
   - le point $A$ donnant la direction du **rayon réfracté**.
3. Comment cette construction fait-elle apparaître **graphiquement** le phénomène de réflexion totale lorsque la lumière va du verre vers l'air sous un grand angle d'incidence ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 6

**Réflexion totale interne et angle limite :** Lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu plus réfringent ($n_1$) vers un milieu moins réfringent ($n_2 < n_1$), l'**angle limite de réfraction** $i_{\text{lim}}$ correspond à un rayon réfracté rasant la surface ($i_2 = 90°$, donc $\sin i_2 = 1$) :

$$\sin(i_{\text{lim}}) = \frac{n_2}{n_1}$$

*Valeurs utiles :* $\sin(24{,}4°) \approx 0{,}413$ ; $\sin(41{,}8°) \approx 0{,}667$ ; $\sin(48{,}8°) \approx 0{,}752$.

1. Calculer l'angle limite $i_{\text{lim}}$ pour les trois interfaces suivantes (vers l'air $n_2 = 1{,}00$) :
   - Eau ($n_1 = 1{,}33$) → Air ;
   - Verre ($n_1 = 1{,}50$) → Air ;
   - Diamant ($n_1 = 2{,}42$) → Air.
2. Un rayon dans le verre arrive sur l'interface verre–air sous un angle d'incidence $i_1 = 45°$. Que se passe-t-il ?
3. Pourquoi un diamant taillé brille-t-il beaucoup plus qu'une imitation en verre de même forme ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 7

**Applications technologiques : fibre optique et prisme à réflexion totale**

1. Une **fibre optique** est constituée d'un *cœur* en verre d'indice $n_{\text{cœur}} = 1{,}52$ entouré d'une *gaine* d'indice $n_{\text{gaine}} = 1{,}46$.
   - Pour guider la lumière dans le cœur par réflexion totale, pourquoi doit-on obligatoirement avoir $n_{\text{cœur}} > n_{\text{gaine}}$ ?
   - Calculer le rapport $\frac{n_{\text{gaine}}}{n_{\text{cœur}}}$ et en déduire l'angle limite $i_{\text{lim}}$ à l'interface cœur–gaine (on donne $\sin(73{,}8°) \approx 0{,}9605$).
2. Dans des jumelles ou certains périscopes, on remplace les miroirs métalliques par un **prisme rectangle isocèle en verre** ($n = 1{,}50$, angles $45° - 90° - 45°$). Un rayon entre perpendiculairement par une face de l'angle droit et frappe l'hypoténuse sous $i_1 = 45°$. Expliquer pourquoi le prisme agit comme un miroir parfait sans perte d'énergie.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 8

**Illusions d'optique liées à la réfraction (profondeur apparente) :**

1. Un pêcheur regarde presque verticalement un poisson immobile dans une rivière d'eau calme ($n = 1{,}33$) à une profondeur réelle de 2,00 m. Le poisson lui paraît-il **plus proche** ou **plus éloigné** de la surface que sa profondeur réelle ? Expliquer en traçant mentalement le chemin des rayons du poisson vers l'œil.
2. En petite approximation près de la verticale, la profondeur apparente vaut $p_{\text{app}} \approx \frac{p_{\text{réelle}}}{n}$. Calculer la profondeur apparente du poisson.

3. Expliquer de la même manière pourquoi une paille plongée obliquement dans un verre d'eau paraît **brisée** à la surface de l'eau.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 9

**Phénomènes naturels — Les mirages :** En plein été, sur une route asphaltée chauffée par le Soleil (ou dans le désert), un automobiliste croit voir devant lui une **flaque d'eau miroitante** reflétant le ciel ou les phares d'une voiture, qui disparaît lorsqu'il s'en approche.

1. Comment varient la température et l'indice de réfraction $n$ de l'air lorsqu'on se rapproche du sol brûlant ? (Rappel : l'air chaud est moins dense, donc son indice de réfraction est légèrement **plus faible** que celui de l'air froid.)
2. Décrire la trajectoire courbe des rayons lumineux venant du ciel vers l'œil de l'automobiliste (réfraction progressive puis réflexion totale rasant le sol).
3. Pourquoi l'automobiliste a-t-il l'impression que cette lumière bleue vient du sol ? *(Il s'agit d'un mirage inférieur.)*

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 10

**Phénomènes naturels — Prisme, dispersion et arc-en-ciel :**

1. Lorsque de la lumière blanche traverse un **prisme en verre**, elle se décompose en un spectre coloré continu (du rouge au violet). Expliquer pourquoi le violet est **plus fortement dévié** que le rouge (notion de *milieu dispersif* : $n_{\text{violet}} > n_{\text{rouge}}$).
2. Décrire les 3 **phénomènes optiques successifs** subis par un rayon solaire à l'intérieur d'une goutte d'eau sphérique pour former l'**arc-en-ciel primaire**.
3. Dans quel ordre apparaissent les couleurs de l'arc-en-ciel primaire (de l'extérieur vers l'intérieur de l'arc), sachant que les rayons rouges ressortent sous un angle maximal d'environ 42° par rapport à la direction opposée au Soleil, et les rayons violets sous un angle d'environ 40° ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 11

L'indice de réfraction d'un milieu est $n = \frac{c}{v}$, où $c = 300\,000$ km/s est la vitesse de la lumière dans le vide et $v$ sa vitesse dans le milieu.

1. Dans l'eau, la lumière se propage à environ 225 000 km/s. Calculer l'indice de l'eau.
2. L'indice d'un verre vaut 1,5. Quelle est la vitesse de la lumière dans ce verre ?
3. Un indice peut-il être inférieur à 1 ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 12

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1{,}00$) dans l'eau ($n_2 = 1{,}33$) avec un angle d'incidence de 40°.

On donne $\sin 40° \approx 0{,}643$.

1. À l'aide de la loi de Snell–Descartes $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$, calculer l'angle de réfraction (au dixième de degré).
2. Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ?
3. De combien le rayon est-il dévié ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 13

Un rayon passe de l'eau ($n_1 = 1{,}33$) vers l'air ($n_2 = 1{,}00$) avec un angle d'incidence de $30°$ ($\sin 30° = 0{,}5$).

1. Calculer l'angle de réfraction (au dixième de degré).
2. Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 14

1. Lorsqu'un rayon passe du verre ($n = 1{,}5$) à l'air, il existe un angle d'incidence limite $L$ au-delà duquel il n'y a plus de rayon réfracté. Il vérifie $\sin L = \frac{1}{n}$. Calculer $L$ (au dixième).
2. Même question pour l'eau ($n = 1{,}33$).
3. Que se passe-t-il pour un rayon qui arrive dans le verre sur la surface avec une incidence de $50°$ ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 15

Pour identifier un matériau transparent, on envoie un rayon depuis l'air avec une incidence de $50°$. On mesure un angle de réfraction de $30°$.

On donne $\sin 50° \approx 0{,}766$ et $\sin 30° = 0{,}5$.

Calculer l'indice du matériau. De quel matériau peut-il s'agir parmi : eau (1,33), plexiglas (1,49), verre ordinaire (1,52), diamant (2,42) ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 16

Un caillou repose au fond d'une rivière de 2 m de profondeur. Regardé presque verticalement depuis la berge, il semble moins profond. Pour une observation proche de la verticale, la profondeur apparente vaut environ $\frac{\text{profondeur réelle}}{n}$ avec $n = 1{,}33$.

1. Calculer la profondeur apparente.
2. Expliquer pourquoi il est dangereux de juger la profondeur d'un bassin à l'œil.
3. Pourquoi une paille plongée dans un verre d'eau paraît-elle cassée ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 17

Un rayon traverse une vitre (lame de verre à faces parallèles, $n = 1{,}5$). Il arrive sur la première face avec une incidence de $45°$ ($\sin 45° \approx 0{,}707$).

1. Calculer l'angle de réfraction dans le verre.
2. Avec quel angle d'incidence arrive-t-il sur la seconde face ? Avec quel angle ressort-il ?
3. Que peut-on dire du rayon émergent ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 18

L'indice du verre dépend légèrement de la couleur : $n_{\text{rouge}} = 1{,}51$ et $n_{\text{violet}} = 1{,}53$. Un rayon de lumière blanche arrive depuis l'air sur un bloc de verre avec une incidence de $60°$ ($\sin 60° \approx 0{,}866$).

1. Calculer l'angle de réfraction pour le rouge et pour le violet (au dixième).
2. Quelle couleur est la plus déviée ?
3. Quel phénomène naturel s'explique ainsi ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 19

Un rayon passe de l'air dans un milieu d'indice $n$. Pour chacune des situations, dire si elle est possible et justifier :

1. Le rayon arrive avec $i = 0°$ (perpendiculairement à la surface) et est dévié.
2. Le rayon entre dans l'eau avec $i = 60°$ et se réfracte avec $r = 70°$.
3. Le rayon arrive avec $i = 80°$ et il n'y a aucun rayon réfracté (réflexion totale).

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 20

Un rayon passe de l'air dans un verre d'indice 1,5. Compléter le tableau (angles au dixième de degré) :

| $i_1$ | 0° | 30° | 60° | 90° |
|---|---|---|---|---|
| $\sin i_1$ | 0 | 0,5 | 0,866 | 1 |
| $i_2$ | | | | |

L'angle de réfraction est-il proportionnel à l'angle d'incidence ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 21

La lumière passe du verre d'indice 1,50 vers l'air d'indice 1,00 sous un faible angle non nul. Dans quel sens évolue l'angle avec la normale ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 22

Dans un liquide d'indice 1,25, calcule la vitesse de la lumière si celle dans le vide vaut 300 000 km/s.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 23

Un rayon arrive à incidence normale entre deux milieux transparents d'indices différents. Donne son angle réfracté.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 24

Le passage se fait de l'air d'indice 1 vers un verre d'indice 1,50 sous une incidence de 45°. Donne l'angle réfracté au dixième de degré.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 25

Un rayon passe d'indice 1,60 à 1,00. L'incidence vaut 50°. Y a-t-il un rayon transmis dans le second milieu ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

## Exercice 26

Un rayon arrive de l'air sur un matériau transparent à 30° de la normale et ressort dans le matériau à 20°. Déduis l'indice en prenant l'air à 1,00, au centième.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

### Exercice 27

Une lame de verre à faces parallèles est plongée dans l'air. Quelle relation unit la direction émergente à la direction incidente ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

### Exercice 28

À la traversée d'une interface entre deux milieux immobiles, la fréquence ou la longueur d'onde du rayon change-t-elle lorsque la vitesse change ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

### Exercice 29

Pourquoi une tige droite plongée obliquement dans l'eau paraît-elle coudée vue de l'air ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

### Exercice 30

Une lumière passe d'un milieu d'indice 1,30 à un autre d'indice 1,30. Quelle déviation attend-on ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site