



# Bases de l'optique géométrique

Joëlle Surrel

► **To cite this version:**

| Joëlle Surrel. Bases de l'optique géométrique. Licence. 2006. <sfo-00270686>

**HAL Id: sfo-00270686**

**<https://hal-sfo.ccsd.cnrs.fr/sfo-00270686>**

Submitted on 22 Apr 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Bases

## Table des matières

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Indice de réfraction et chemin optique</b> | <b>3</b> |
| 1.1      | Vitesse de la lumière . . . . .               | 3        |
| 1.2      | Indice de réfraction . . . . .                | 3        |
| 1.3      | Chemin optique . . . . .                      | 5        |
| <b>2</b> | <b>Principe de Fermat</b>                     | <b>5</b> |
| 2.1      | Énoncé . . . . .                              | 5        |
| 2.2      | Conséquences directes . . . . .               | 6        |
| <b>3</b> | <b>Lois de Descartes</b>                      | <b>6</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.1      | Définitions . . . . .                             | 6         |
| 3.2      | Lois relatives à la réflexion . . . . .           | 7         |
| 3.3      | Lois relatives à la réfraction . . . . .          | 7         |
| <b>4</b> | <b>Miroir plan</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>5</b> | <b>Stigmatisme</b>                                | <b>10</b> |
| 5.1      | Stigmatisme rigoureux . . . . .                   | 10        |
| 5.2      | Stigmatisme approché . . . . .                    | 10        |
| <b>6</b> | <b>Conditions de Gauss</b>                        | <b>10</b> |
| <b>7</b> | <b>Relations des sinus d'Abbe et de Herschell</b> | <b>11</b> |
| <b>8</b> | <b>Exercice</b>                                   | <b>11</b> |

# 1 Indice de réfraction et chemin optique

## 1.1 Vitesse de la lumière

Dans le vide :  $c = 2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de la physique depuis 1983.

## 1.2 Indice de réfraction

Un matériau **transparent** est caractérisé par son indice de réfraction :

$$n = \frac{c}{v} > 1$$

$$n = f(\lambda, T)$$

Indice moyen d'un matériau :  $\lambda = 587,56 \text{ nm}$  (raie *d* d'émission de l'hélium)

TAB. 1: Indices de différents verres pour différentes longueurs d'onde. Tableau tiré du catalogue Melles GRIOT

| Refractive Index of Five Schott Glass Types |                     |         |         |         |         |                           |                    |                 |
|---|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|--------------------|-----------------|
| Wavelength<br>$\lambda$<br>(nm)             | Refractive Index, n |         |         |         |         | Fraunhofer<br>Designation | Source             | Spectral Region |
|   | BK7                 | SF11    | LaSFN9  | BaK1    | F2      |                           |                    |                 |
| 351.1                                       | 1.53894             | —       | —       | 1.60062 | 1.67359 |                           | Ar laser           | UV              |
| 363.8                                       | 1.53649             | —       | —       | 1.59744 | 1.66682 |                           | Ar laser           | UV              |
| 404.7                                       | 1.53024             | 1.84208 | 1.89844 | 1.58941 | 1.65064 | h                         | Hg arc             | Violet          |
| 435.8                                       | 1.52668             | 1.82518 | 1.88467 | 1.58488 | 1.64202 | g                         | Hg arc             | Blue            |
| 441.6                                       | 1.52611             | 1.82259 | 1.88253 | 1.58415 | 1.64067 |                           | HeCd laser         | Blue            |
| 457.9                                       | 1.52461             | 1.81596 | 1.87700 | 1.58226 | 1.63718 |                           | Ar laser           | Blue            |
| 465.8                                       | 1.52395             | 1.81307 | 1.87458 | 1.58141 | 1.63564 |                           | Ar laser           | Blue            |
| 472.7                                       | 1.52339             | 1.81070 | 1.87259 | 1.58071 | 1.63437 |                           | Ar laser           | Blue            |
| 476.5                                       | 1.52309             | 1.80946 | 1.87153 | 1.58034 | 1.63370 |                           | Ar laser           | Blue            |
| 480.0                                       | 1.52283             | 1.80834 | 1.87059 | 1.58000 | 1.63310 | F'                        | Cd arc             | Blue            |
| 486.1                                       | 1.52238             | 1.80645 | 1.86899 | 1.57943 | 1.63208 | F                         | H <sub>2</sub> arc | Blue            |
| 488.0                                       | 1.52224             | 1.80590 | 1.86852 | 1.57927 | 1.63178 |                           | Ar laser           | Blue            |
| 496.5                                       | 1.52165             | 1.80347 | 1.86645 | 1.57852 | 1.63046 |                           | Ar laser           | Green           |
| 501.7                                       | 1.52130             | 1.80205 | 1.86524 | 1.57809 | 1.62969 |                           | Ar laser           | Green           |
| 514.5                                       | 1.52049             | 1.79880 | 1.86245 | 1.57707 | 1.62790 |                           | Ar laser           | Green           |
| 532.0                                       | 1.51947             | 1.79479 | 1.85901 | 1.57580 | 1.62569 |                           | Nd laser           | Green           |
| 546.1                                       | 1.51872             | 1.79190 | 1.85651 | 1.57487 | 1.62408 | e                         | Hg arc             | Green           |
| 587.6                                       | 1.51680             | 1.78472 | 1.85025 | 1.57250 | 1.62004 | d                         | He arc             | Yellow          |
| 589.3                                       | 1.51673             | 1.78446 | 1.85002 | 1.57241 | 1.61989 | D                         | Na arc             | Yellow          |
| 632.8                                       | 1.51509             | 1.77862 | 1.84489 | 1.57041 | 1.61656 |                           | HeNe laser         | Red             |
| 643.8                                       | 1.51472             | 1.77734 | 1.84376 | 1.56997 | 1.61582 | C'                        | Cd arc             | Red             |
| 656.3                                       | 1.51432             | 1.77599 | 1.84256 | 1.56949 | 1.61503 | C                         | H <sub>2</sub> arc | Red             |
| 694.3                                       | 1.51322             | 1.77231 | 1.83928 | 1.56816 | 1.61288 |                           | Ruby laser         | Red             |
| 786.0                                       | 1.51106             | 1.76558 | 1.83323 | 1.56564 | 1.60889 |                           |                    | IR              |
| 821.0                                       | 1.51037             | 1.76359 | 1.83142 | 1.56485 | 1.60768 |                           |                    | IR              |
| 830.0                                       | 1.51020             | 1.76311 | 1.83098 | 1.56466 | 1.60739 |                           | GaAlAs laser       | IR              |
| 852.1                                       | 1.50980             | 1.76200 | 1.82997 | 1.56421 | 1.60671 | s                         | Ce arc             | IR              |

## 1.3 Chemin optique

$$L_{AB} = \int_A^B n \cdot dl$$

# 2 Principe de Fermat

## 2.1 Énoncé

Etant donnés deux points A et B fixés, la lumière pour aller de A à B suit le chemin optique extrémal :

$$\delta L = 0$$

Animation :

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/Fermat/Fermat.html>

Consultation :

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optigeo/fermat.html>

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optigeo/fermat.html>

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/refraction/refraction.html>

## 2.2 Conséquences directes

1. Propagation en ligne droite dans un milieu optiquement homogène
2. Loi du chemin inverse

## 3 Lois de Descartes

### 3.1 Définitions

La normale à la surface au dioptré au point d'incidence et le rayon incident forment le **plan d'incidence**.

La normale à la surface au dioptré au point d'incidence et le rayon réfléchi forment le **plan de réflexion**.

La normale à la surface au dioptre au point d'incidence et le rayon transmis (ou réfracté) forment le **plan de réfraction**.

### 3.2 Lois relatives à la réflexion

- Les plans d'incidence et de réflexion sont confondus
- L'angle de réflexion est tel que :  $i = -r$

### 3.3 Lois relatives à la réfraction

- Les plans d'incidence et de réfraction sont confondus.



- Pour la seconde loi, on distingue deux cas :
- $n_1 < n_2$

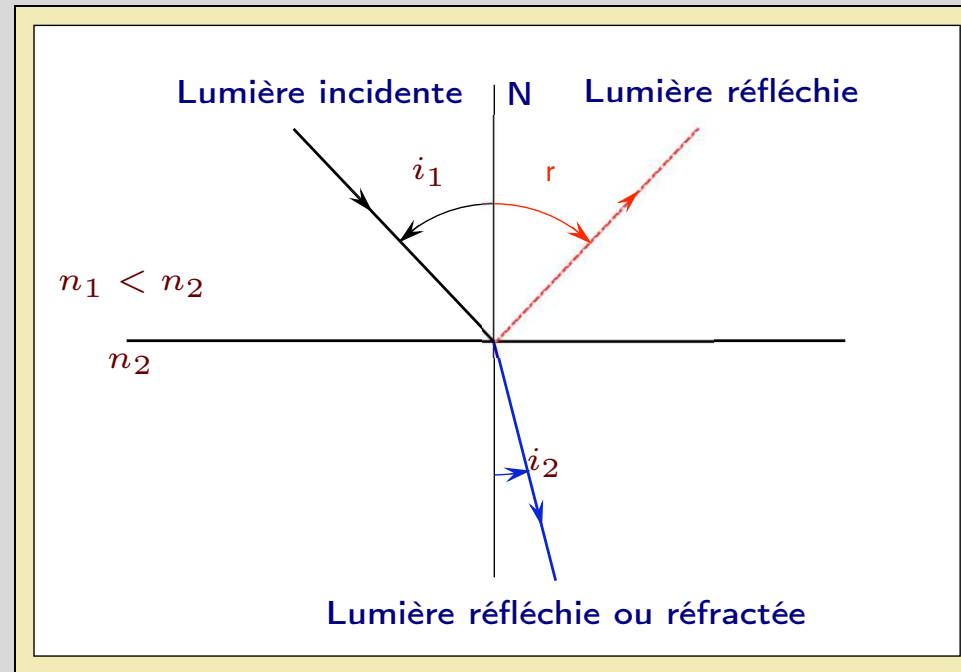


FIG. 1: Lois de Descartes

Pour la transmission :  $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$

- $n_1 > n_2$

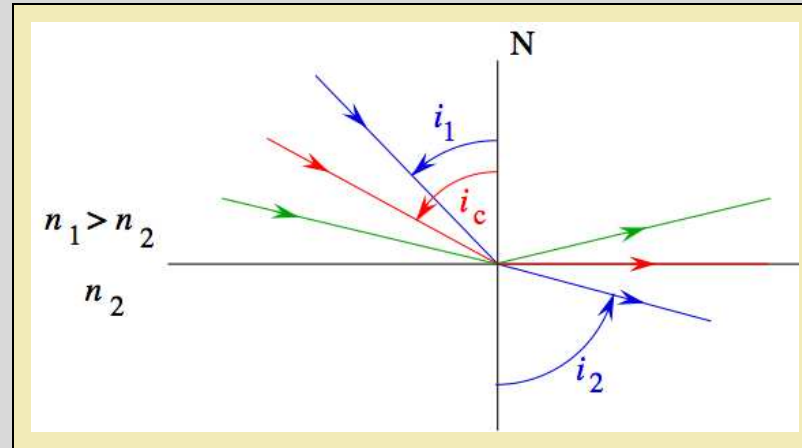


FIG. 2: Lois de Descartes

Pour un angle d'incidence supérieur à l'angle critique  $i_c$  qui vérifie :

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

pour lequel la transmission est rasante : la réflexion est totale.

## 4 Miroir plan

Animations :

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optigeo/mirplan.html>

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mir\\_pl\\_j.ht](http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mir_pl_j.ht)

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mir\\_pl\\_j.ht](http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mir_pl_j.ht)

## 5 Stigmatisme

### 5.1 Stigmatisme rigoureux

Seul le miroir plan présente un stigmatisme rigoureux pour l'ensemble des points de l'espace.

### 5.2 Stigmatisme approché

Animation :

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mirsph\\_j.ht](http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mirsph_j.ht)

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mirsph\\_j.ht](http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/mirsph_j.ht)

## 6 Conditions de Gauss

## 7 Relations des sinus d'Abbe et de Herschell

1. Condition de stigmatisme pour deux plans de fronts :

$$n.y.\sin\alpha = n'.y'.\sin\alpha'$$

Ouverture numérique d'un instrument :  $O.N. = n.\sin\alpha$

2. Condition de stigmatisme pour deux couples de points axiaux, très proches l'un de l'autre :

$$n.dx.\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) = n'.dx'.\sin^2\left(\frac{\alpha'}{2}\right)$$