

Chapitre 2 : Systèmes optiques à surfaces planes

I. Introduction

Dans ce chapitre, on s'intéressera aux systèmes optiques à surfaces planes, dont les éléments essentiels sont le miroir et le dioptre plan. D'autre part, l'association de deux dioptres plans donne soit un dioptre plan soit un prisme qui feront aussi partie de ce chapitre.

II. Miroir plan

Un miroir plan est une surface plane réfléchissante.

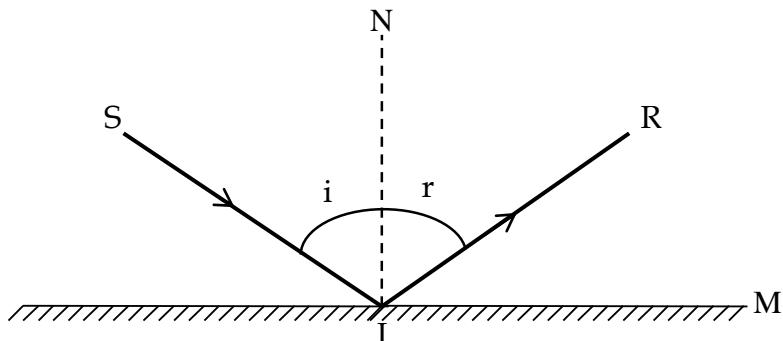


Figure 2.1 : réflexion d'un rayon par un miroir plan

Soit le rayon SI arrivant sur un miroir M, le I où le rayon incident rencontre le miroir est le point d'incidence. Quand le rayon SI rencontre le miroir au point d'incidence I, il est réfléchi suivant une direction bien déterminée IR. Soit IN, la normale au miroir au point I, le plan SIN est le plan d'incidence, on définit l'angle SIN = i comme étant l'angle d'incidence et l'angle NIR = r comme étant l'angle de réflexion (*les angles d'incidence et de réflexion sont définis par rapport à la normale au point d'incidence*)

II.1 Enoncé des lois de Descartes de la réflexion

- Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale au miroir au point d'incidence sont dans le même plan, le plan d'incidence.
- L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence :

$$|\mathbf{i}| = |\mathbf{r}|$$

II.2 Image d'un point

A tout rayon issu d'une source ponctuelle A, correspond un rayon réfléchi. Tous les rayons réfléchis semblent venir d'un point A' symétrique de A par rapport au miroir, le point A' est l'image de A :

$$\overline{HA'} = -\overline{HA}$$

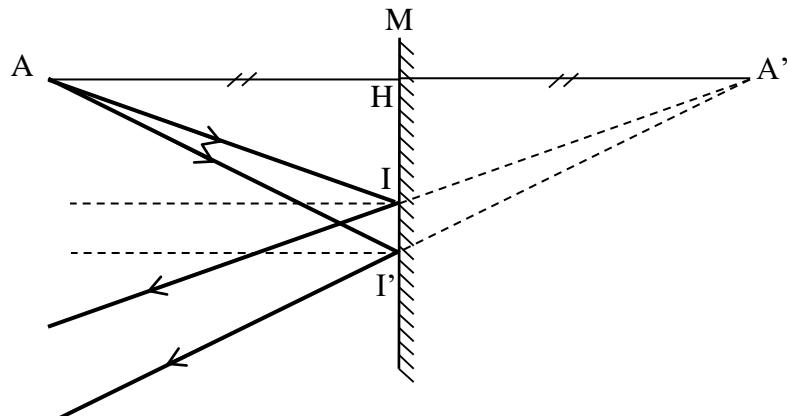


Figure 2.2 : image d'une source ponctuelle par un miroir plan

L'objet A est situé en avant du miroir est un objet réel, alors que l'image A' située en arrière du miroir est une image virtuelle. Par ailleurs, d'après le principe du retour inverse de la lumière l'objet A' serait virtuel et l'image A serait réelle.

II.3 Stigmatisme

Un miroir plan est un système optique rigoureusement stigmatique pour tout point de l'espace. En effet, quel que soit l'objet ponctuel A, son image A' symétrique de A est aussi ponctuelle. Le miroir plan est le seul système optique rigoureusement stigmatique.

II.4 Image d'un objet étendu

L'image d'un objet étendu est l'ensemble des points images qui correspondent aux différents points de l'objet étendu.

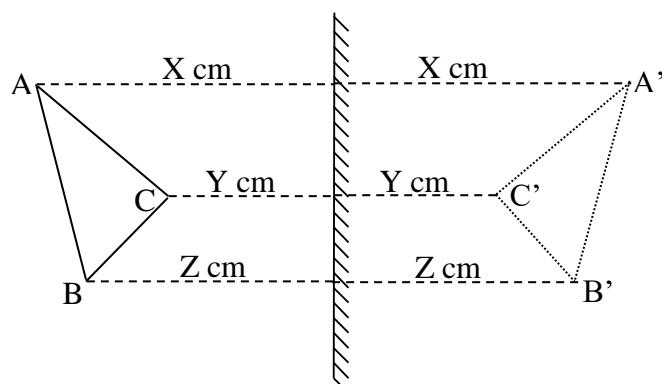


Figure 2.3 : Image d'un objet étendu par un miroir plan

II.5 Translation d'un miroir plan

Le déplacement d'un miroir plan M d'une position M_1 à une position M_2 suivant une direction normale à sa surface d'une distance d entraîne un déplacement de l'image d'une distance $2d$ dans le même sens du déplacement.

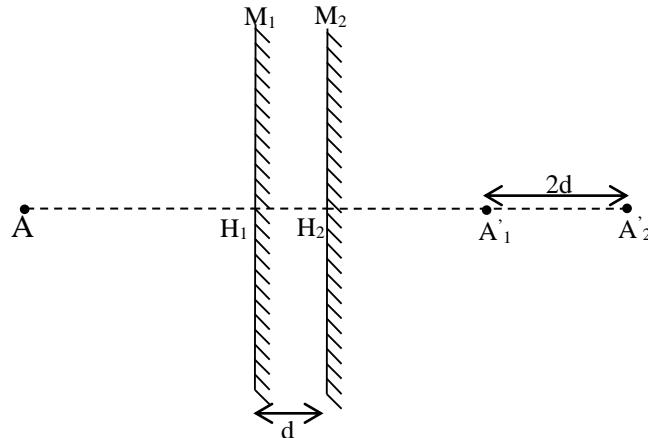


Figure 2.4 : déplacement de l'image donnée par un miroir plan suite à une translation du miroir

II.6 Rotation d'un miroir plan

Quand un miroir tourne d'un angle α autour d'un axe, l'image tourne autour de cet axe et dans le même sens d'un angle double de 2α .

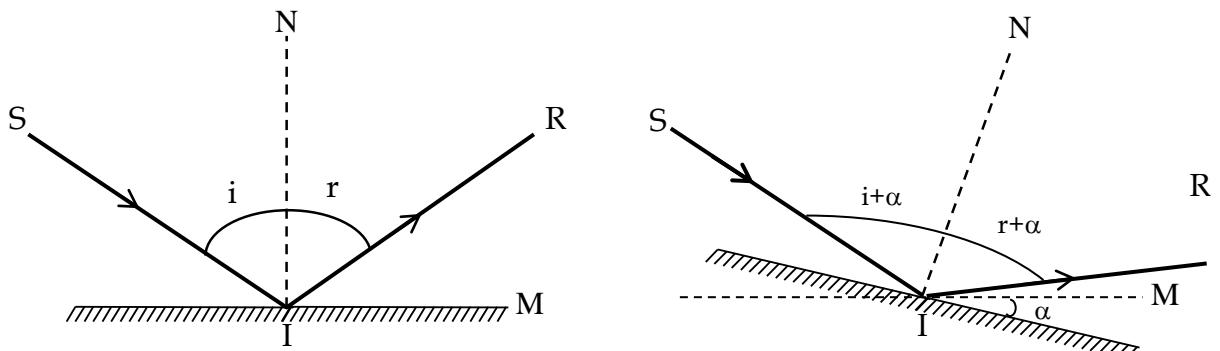


Figure 2.5 : Rotation d'un miroir plan

II.7 Champ d'un miroir plan

Le champ d'un miroir plan correspond à la région de l'espace que l'on peut voir à travers le miroir à partir d'une position donnée O de l'œil.

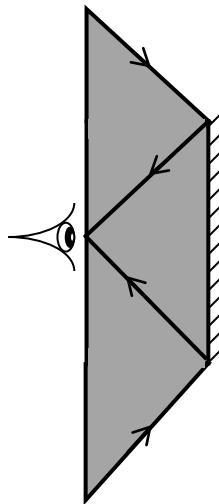


Figure 2.6 : Champ d'un miroir plan

II.8 Nombre d'images formées par deux miroirs plans

Le nombre d'images formées par deux miroirs plans est donné par la formule :

$$N = \left(\frac{360^\circ}{\theta} - 1 \right)$$

N représente le nombre d'images formées et θ l'angle entre les deux miroirs en degrés.

III- Dioptre plan

C'est une surface plane séparant deux milieux d'indices différents.

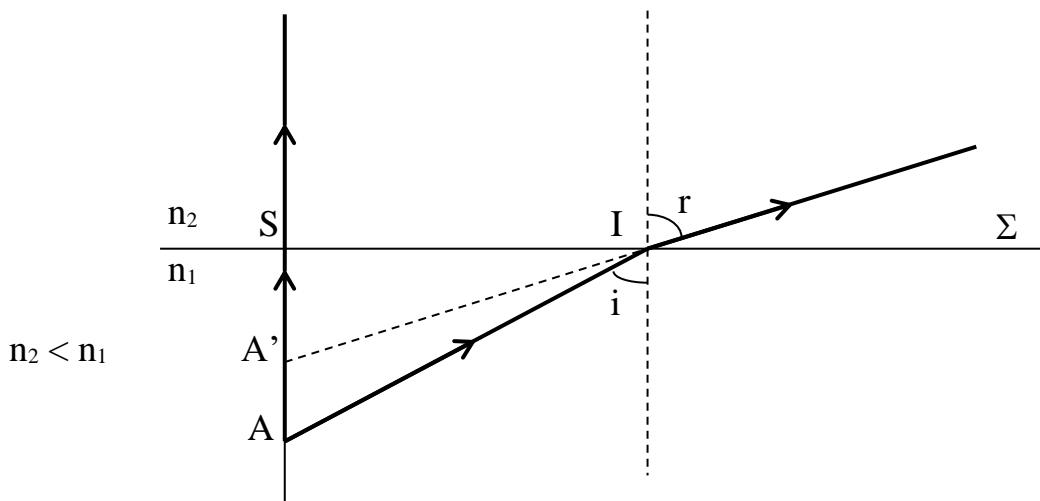


Figure 2.7 : Dioptre plan

- convention : On prendra le sens positif, le sens de S vers I et de A vers I

$$tgi = \frac{\overline{SI}}{\overline{AS}} \quad \text{et} \quad tgr = \frac{\overline{SI}}{\overline{A'S}}$$

En faisant le rapport entre les deux relations, on obtient :

$$\frac{tgi}{tgr} = \frac{\overline{A'S}}{\overline{AS}} = \frac{\sin i \cos r}{\sin r \cos i} = \frac{n_2 \cos r}{n_1 \cos i}$$

$\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} = \frac{n_2 \cos r}{n_1 \cos i}$ n'est pas constant, les rayons réfractés ne se coupent pas au même point, le dioptre plan n'est pas stigmatique.

Dans le cas d'un faisceau peu incliné, $\cos i \approx \cos r \approx 1$, on obtient :

$$\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} = \frac{n_2}{n_1}$$

On a alors un stigmatisme approché.

III.1 Image d'un petit objet parallèle au dioptre

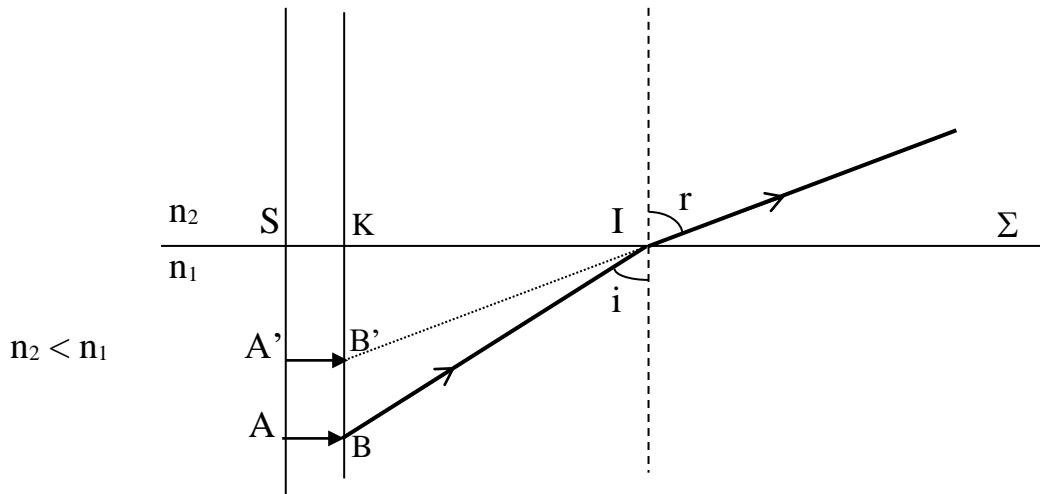


Figure 2.8 : Image d'un petit objet par un dioptre plan

Soit un petit objet AB disposé parallèlement au dioptre plan, L'image A' de A se trouve sur

l'axe SA : $\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} = \frac{n_2}{n_1}$, l'image B' de B se trouve sur la droite KB avec $\frac{\overline{KB'}}{\overline{KB}} = \frac{n_2}{n_1}$

Comme $\overline{KB} = \overline{SA}$ alors $\overline{KB'} = \overline{SA'}$, l'image $\overline{A'B'}$ est de même grandeur que l'objet \overline{AB} , de même sens mais de nature différente.

III.2 Lame à faces parallèles

Une telle lame constitue une association de deux dioptres plans parallèles. Nous nous bornerons ici au cas où les deux faces de la lame sont baignées par le même milieu.

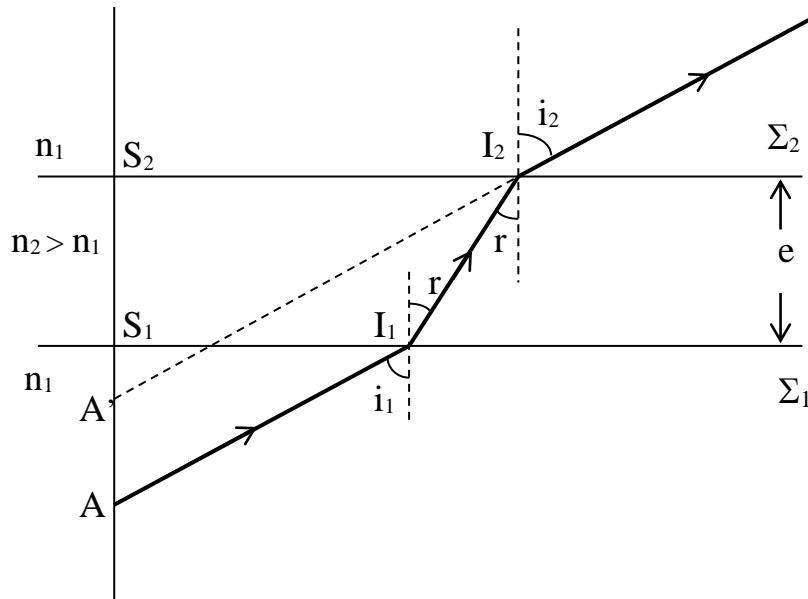


Figure 2.9 : Lame à faces parallèles

En appliquant les lois de Descartes aux points I_1 et I_2 , on trouve :

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin r \quad \text{et} \quad n_2 \cdot \sin r = n_1 \cdot \sin i_2 \rightarrow i_1 = i_2$$

Le rayon émergent est parallèle au rayon incident.

IV- Etude du prisme

Un prisme est l'association de deux dioptres plans non parallèles qui limitent un milieu transparent. Leur intersection est l'arête du prisme.

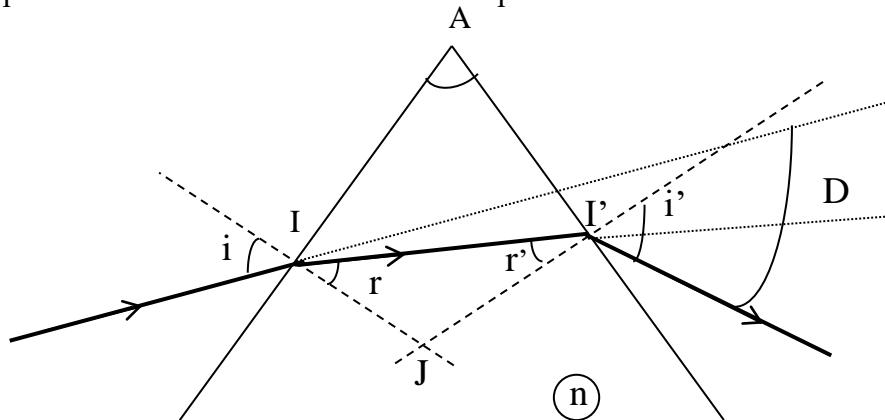


Figure 2.10 : Propagation d'un rayon lumineux à travers un prisme

Pour qu'il y'ait réfraction, il faut que l'angle r' soit inférieur à l'angle limite de réfraction ℓ .

On peut écrire les relations suivantes :

$$\sin i = n \cdot \sin r$$

$$\sin i' = n \cdot \sin r'$$

De plus :

$$A + \pi/2 - r + \pi/2 - r' = \pi$$

Ce qui donne :

$$A = r + r'$$

Avec

$$D = i - r + i' - r' = i + i' - (r + r')$$

D'où

$$D = i + i' - A$$

Soit ℓ l'angle limite de réfraction, il faut que $r' \leq \ell$ et d'après le principe du retour inverse de la lumière : $r \leq \ell$, donc $A = r + r' \leq 2\ell$. On utilise le prisme pour séparer les radiations des différentes couleurs.