

## RÉFLEXION ET RÉFRACTION

## Loi de Snell-Descartes

Le phénomène de la réflexion semble avoir été connu dès l'Antiquité comme le révèle l'anecdote des miroirs ardents d'Archimède. Le mathématicien arabe ibn Sahl (940-1000) a rédigé, en 984, un ouvrage sur les miroirs ardents et les lentilles dans lequel il explique comment les miroirs courbes et les lentilles peuvent focaliser la lumière en un point.

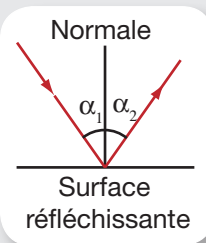
L'astronome, médecin, philosophe et physicien Al-Haytam (Al-Haytam01), qui vécut principalement au Caire et qui est né en 965 à Bassorah, dans l'actuel Irak, a rédigé *Discours sur la lumière* qui porte sur l'optique géométrique et physiologique. Selon lui la réfraction de la lumière est causée par un ralentissement ou une accélération de la lumière dans son déplacement (Al-Haytam02). Dans un milieu plus dense la lumière voyage plus lentement selon Al-Haytam. Il énonce les lois suivantes :

## Propagation de la lumière

Dans un milieu homogène, les rayons lumineux émis par une source lumineuse ponctuelle se propagent en ligne droite le long des rayons d'une sphère centrée à la source.

## Lois de la réflexion

1. Le rayon réfléchi est situé dans le plan d'incidence formé par le rayon incident et la normale à la surface réfléchissante au point de réflexion.
2. L'angle que fait le rayon réfléchi avec la normale est égal à l'angle que fait le rayon incident avec cette même normale.



## Lois de la réfraction

1. Le rayon réfracté est situé dans le plan d'incidence formé par le rayon incident et la normale à la surface séparant les deux milieux.
2. La deuxième loi a été décrite de diverses façons plus ou moins équivalentes à

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

où  $n_1$  et  $n_2$  sont les indices de réfraction,  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  sont les angles d'incidence et de réfraction.

En Europe, le premier savant qui s'est intéressé aux problèmes de réflexion et de réfraction est Willebrord Snell van Royen qui, selon la mode de l'époque, avait latinisé son nom en Willebrordus Snellius (Snell). Selon Christiaan Huygens (Huygens01), Snell énonça les lois de la réfraction en 1621. Cette découverte qui ne fut pas publiée

semble avoir été obtenue empiriquement sans démonstration. Il faut préciser que les travaux d'al-Haytam avaient été traduits à l'époque et étaient certainement connus en Europe. C'est probablement pourquoi Snell n'a pas jugé utile de publier sur le sujet.

Le problème a été repris par Descartes dans son ouvrage *Dioptrique*. Il ne démontre pas les lois, mais il tente d'expliquer le comportement de la lumière en faisant une analogie avec les chocs de particules (Descartes05). Dans le cas de la réflexion, il considère que le phénomène est analogue à celui d'une balle frappée par une raquette qui rebondit sur un sol parfaitement plat et dur l'empêchant de passer outre. Dans le cas de la réfraction, il n'utilise pas les sinus pour énoncer la loi, mais l'exprime géométriquement par des rapports en utilisant encore une analogie avec les chocs pour tenter de convaincre de la validité de son énoncé.

Ces explications ne sont pas convaincantes pour Fermat, pourtant, la loi telle qu'énoncée par Descartes est vérifiée expérimentalement. Fermat décide d'étudier le problème en adoptant comme hypothèse de départ que : « La nature agit toujours par les voies les plus simples » (Fermat06). De cette hypothèse découle le principe de « moindre temps » selon lequel le chemin suivi par la lumière est celui pour lequel la durée du trajet est minimale. En adoptant ce principe et en appliquant sa méthode de recherche des valeurs extrêmes, Fermat parvient au même résultat que Descartes. Sa démarche est cependant critiquée par plusieurs adeptes de la théorie cartésienne. Pour les cartésiens, le principe des « voies les plus courtes et les plus simples » est un « principe moral, pas un principe de physique et ne peut être la cause d'aucun effet de la nature ».

Ce principe qui sera repris par Maupertuis pour devenir le « principe de moindre action » finira par s'imposer. Trente ans après la démonstration de Fermat, Jean Bernoulli (Bernoulli04), alors de passage à Paris, choisit un problème analogue à celui de la réfraction, qui se résout par la démarche de Fermat et de façon beaucoup plus simple par le du calcul différentiel de Leibniz dont il veut montrer l'efficacité. Ce problème est le suivant :

*Un voyageur partant d'un lieu doit traverser deux campagnes, des champs dirait-on aujourd'hui, séparées par une ligne droite. On suppose qu'il parcourt dans l'une des campagnes un certain espace en un certain temps et dans l'autre un autre espace en un autre temps. Bref, sont données les vitesses du mouvement supposé uniforme et rectiligne dans chaque champ. On demande par quel point de la droite de séparation le voyageur doit passer afin qu'il emploie le moins de temps qu'il est possible pour parvenir de son point de départ à son point d'arrivée.*

Le problème formulé par Jean Bernoulli ne fait pas directement référence à la réfraction, ce qui le met à l'abri des critiques des cartésiens purs et durs.